

CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO: PANORAMA ATUAL E PERSPECTIVAS

Gustavo Borges Basilio ¹

Robson Carlos ²

Maria Terezinha Pavan ³

Roberto Márcio dos Santos ⁴

Donizeti de Andrade ⁵

Artigo submetido em: 16/06/2011

Aceito para publicação em: 26/08/2011

RESUMO: Este artigo apresenta as propostas dos novos processos de gerenciamento de tráfego aéreo, em virtude da crescente demanda mundial de aeronaves em operação. Dentro desse contexto, o estudo aborda os conceitos e a implantação do Sistema de Navegação Aérea Futuro (FANS) da *International Civil Aviation Organization* (ICAO), que abrange comunicação, navegação e vigilância dentro do conceito do gerenciamento de tráfego aéreo (CNS/ATM). Um dos objetivos desse conceito é aumentar a capacidade do espaço aéreo de absorver demanda e diminuir custos operacionais, melhorando o nível de segurança já existente. O artigo conclui que para um processo de transição eficiente deve-se levar em consideração aspectos como formação e capacitação de provedores, bem como tempo de adaptação de usuários e aeronaves ao novo sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de Operações. Tráfego Aéreo. Navegação Aérea.

¹ Oficial Aviador da FAB, graduado em Ciências Aeronáuticas pela AFA, investigador de acidentes aeronáuticos e mestrando em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada pelo ITA.basorion2000@yahoo.com.br

² Oficial Especialista em controle de tráfego aéreo, inspetor do controle do espaço aéreo, investigador de acidentes no controle do espaço aéreo e mestrando em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada pelo ITA.robsoncarloss@yahoo.com.br

³ Graduada em Comunicação Social com Habilitação em Jornalismo pela UEL e especialista em língua inglesa, coordenadora de segurança operacional - navegação aérea - Aeroporto de Londrina, elemento credenciado SIPAER e mestranda em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada pelo ITA.terry@sercomtel.com.br

⁴ Oficial especialista em controle de tráfego aéreo, inspetor do controle do espaço aéreo, mestre em Psicologia pelo Instituto de Psicologia da UFRGS e mestrando em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade pelo ITA.rob.marcio@hotmail.com

⁵ Engenheiro Aeronáutico pelo ITA (1983); Mestre em Engenharia Aeronáutica pelo ITA (1987), Master of Science e Ph.D in Aerospace Engineering - Georgia Institute of Technology (1992/1992); Especialista em Segurança de Aviação pela University of Southern California (USC), 2002; e Master in Business Administration pela parceira ITA-ESPM (2003). Foi militar da ativa de 1974 a 2004, tendo servido por 4 anos no Exército Brasileiro e 26 anos como Oficial-Engenheiro da Força Aérea Brasileira. É professor colaborador de graduação e pós-graduação do ITA e coordenador do Curso de Especialização em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada (PE-Safety) e do Curso de Mestrado Profissional em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada (MP-Safety), na parceria ITA-CENIPA.deandradedoni@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A indústria do transporte aéreo tem papel importante na economia mundial permanecendo como um dos setores que mais cresce no cenário global atual. Segundo projeções de crescimento do tráfego aéreo mundial, os Estados Unidos e a Europa são as áreas de maior concentração de tráfego atualmente, estando a Ásia Pacífico em terceiro lugar. Ainda segundo projeções de crescimento da malha aérea para 2025, a estimativa de aumento de tráfego para América do Norte é de 2 vezes o nível atual; Europa 2,4 vezes; Ásia Pacífico 3 a 4 vezes; e América Latina 3,4 vezes, com grande participação brasileira. Esta saturação leva à necessidade de avanços tecnológicos (STANISCIA, 2007).

Uma das chaves para que se mantenha a vitalidade da aviação civil é assegurar que um sistema de navegação aérea seguro, eficiente e ambientalmente sustentável esteja disponível em nível global. Tal situação requer a implantação de um sistema de gerenciamento de tráfego aéreo que permita o uso máximo das capacidades providas pelos avanços tecnológicos (ICAO, 2005).

Neste artigo serão descritos conceitos-chave do CNS/ATM e apontadas perspectivas e limitações de adequação do sistema brasileiro no âmbito de provedores e usuários.

2 O NOVO MODELO DE COMUNICAÇÕES, NAVEGAÇÃO E VIGILÂNCIA NO GERENCIAMENTO DE TRÁFEGO AÉREO - CNS/ATM

A ICAO tem demonstrado preocupação com o contínuo crescimento da aviação civil dentro do contexto mundial desde a década de 1980, tendo estabelecido, em 1983, o Comitê Especial para Sistemas de Navegação Aérea Futuro (FANS) para desenvolver, no prazo de 21 anos seguintes, recomendações de desenvolvimento futuros para a aviação civil. Em 1991, a décima conferência da ICAO endossou o conceito FANS, conhecido como *Communication, Navigation and Surveillance / Air Traffic Management Systems* (CNS/ATM). Para a implementação do CNS/ATM, a ICAO elaborou em 1998, o *Global Coordinated Plan For Transition*

to ICAO CNS/ATM Systems, revisado em 2002, tendo como documento estratégico para implantação do sistema o Doc 9750 – *Global Air Navigation Plan for CNS/ATM Systems* (ICAO, 2005).

O CNS /ATM tem como proposta aumentar a capacidade do espaço aéreo e diminuir os custos operacionais mantendo ou melhorando os níveis de segurança praticados atualmente (SIQUEIRA, 2005). Nesse contexto, o Brasil, Estado signatário da ICAO, vislumbrando a sobrecarga decorrente do aumento no volume de tráfego no cenário nacional, vem implementando no gerenciamento de tráfego aéreo esse conceito, que engloba “tecnologia de satélites e elementos de sistemas de alcance óticos, instalados em terra, de forma que, integrando-os, sejam alcançados os melhores resultados” (BRASIL, 2010).

As comunicações, nesse modelo, serão realizadas através de um sistema de trocas de informações por meio de formatos padronizados de mensagens instantâneas, conhecido como CPDLC – *Controller Pilot Data Link Communications*. A navegação migrará de um modelo baseado em auxílios à navegação instalados no solo, para um modelo que adotará o conceito de navegação baseada em performance (PBN - *Performance-based Navigation*) que utilizará um sistema global de navegação aérea baseada em satélites (GNSS - *Global Navigation Satellite System*).

O conceito de Vigilância Dependente Automática (ADS - *Automatic Dependent Surveillance*) estabelece que a aeronave transmita, contínua e automaticamente, informações utilizando todos os receptores na área de alcance (ADS-B, *broadcast*) ou através de um contrato de uso de satélite (ADS-C, *contract*), sendo que a precisão de sua posição será garantida através da multilateração de satélites, que é a diferença de tempo de chegada do sinal em um número de sensores para cálculo da posição do alvo (BRASIL, 2010).

Contudo, observou-se a necessidade de se estabelecer conceitos compreensivos e integrados para um sistema global de ATM. Para desenvolver esse conceito, a comissão de navegação aérea da ICAO estabeleceu o *Air Traffic*

Management Operational Concept Panel (ATMCP) surgindo, então, um guia para implantação da tecnologia CNS/ATM através do documento *Global Air Traffic Management Operational Concept* ou Doc 9854/AN458, em 2005 (ICAO, 2005).

O Doc 9854 trouxe a visão de um sistema ATM integrado, harmonizado e globalmente inter-operacionalizado. Todos os novos sistemas de controle do espaço aéreo estão sendo desenvolvidos com base nas onze *Key Performance Area* (KPA) da ICAO. Essas KPA são inter-relacionadas e trazem a segurança operacional como prioridade.

A seguir são apresentadas, em ordem alfabética na língua inglesa, as onze *keys* para o desenvolvimento dos sistemas ATM, conforme ULFBRATT et al. (2008): a) *Access and Equity* - aumento do número de aeroportos com capacidade de aproximação de precisão e utilização por aeronaves civis de espaços aéreos especiais; b) *Capacity* - redução do tempo de movimento de solo nos principais aeroportos durante horários de pico e aumento da capacidade de cargas; c) *Cost-Effectiveness* – minimização de custos operacionais; d) *Efficiency* - interação das rotas de terminal e aeroportos; e) *Environment* – diminuição de emissão de gases, ruído e consumo de combustível; f) *Flexibility* - redução de desvios de rota e aumento do uso de rotas preferíveis pelas companhias aéreas; g) *Global Interoperability* - integração dos diferentes sistemas ATM nas diferentes regiões do globo; h) *Participation by ATM Community* - envolvimento da comunidade ATM no processo de desenvolvimento do sistema ATM global; i) *Predictability* - redução dos impactos das falhas do sistema; j) *Safety* – prevenção de acidentes e k) *Security* – prevenção de atos intencionais e não intencionais que prejudicam aeronaves, pessoas e instalações no solo.

O modo com que cada KPA será abordada por determinado país ou região, dependerá da política nacional ou regional, que rege a indústria de aviação. É desejável que as diferenças na implementação desses conceitos, não provoquem discontinuidades, comprometendo a economia e a eficiência das operações (SIQUEIRA, 2005).

A seguir, em cada capítulo do artigo, serão descritos alguns dos componentes que pretendem fazer do CNS/ATM um sistema global, inter-operacional, que promova segurança, economia e sustentabilidade aos usuários e provedores durante todas as fases do voo.

3 NEXTGEN E SESAR

Para melhorar o desempenho da futura arquitetura ATM, e com base na visão de um sistema ATM integrado, a Federal Aviation Administration (FAA) e a EUROCONTROL estão desenvolvendo, respectivamente, os sistemas NextGen e SESAR. O NextGen refere-se ao *Next Generation Air Transportation System* que pretende transformar e unificar, até 2025, o sistema de transporte aéreo americano (ESTADOS UNIDOS, 2011a). O SESAR refere-se ao *Single European Sky ATM Research*, com foco no espaço aéreo totalmente integrado e sem fronteiras políticas, a ser implantado até 2020 com a utilização do *Shared Wide Information Management* – SWIM (EUROCONTROL, 2011).

Uma vez que segurança, eficiência e previsibilidade são características essenciais do ATM do futuro, algumas condições são necessárias para sua implantação. Além de intensificar o uso da comunicação de dados e aumentar o nível de automação, o CNS/ATM contempla mudanças para operações baseadas em gerenciamento de trajetórias 4-D, operações baseadas em performance - RNP/RNAV (*Required Navigation Performance/Area Navigation*) e utilização de ferramentas embarcadas de apoio a decisão (STANISCIA, 2007). A seguir serão descritas algumas dessas ferramentas.

3.1 Trajetórias 4-D

Gerenciar o tráfego aéreo através do sistema 4D-*Trajectories* (4-DT) é um marco para a modernização do sistema aeroespacial, porém, o modo de implantação deste conceito ainda é objeto de estudos. O 4-DT, baseado nas três dimensões espaciais, mais o tempo, faz parte tanto dos esforços de atualização do

sistema NextGen da FAA, quanto do projeto SESAR da Eurocontrol. O sistema 4-DT permite que pilotos e controladores negociem a trajetória de voo mais eficiente, utilizando tempo preciso e informação de posição extremamente confiável. Com o 4-DT, pretende-se um novo tipo de gerenciamento de tráfego que permitirá aos usuários do sistema escolher rotas preferidas e aproximações de descidas contínuas de maneira a possibilitar menor consumo de combustível, menor emissão de gases e menor ruído. A FAA, o Eurocontrol, a Boeing, a Airbus e muitas outras companhias aéreas estão trabalhando para refinar exatamente o que querem que o sistema 4-DT faça (HUGHES, 2006).

3.2 Performance de Navegação Requerida

Durante muitos anos, a navegação aérea utilizou-se de rotas balizadas por VOR, DME e NDB⁶. Tais equipamentos, em virtude do crescimento tecnológico da aviação, tornaram-se obsoletos, uma vez que aquelas rotas caracterizam-se por serem fixas e ineficientes.

De acordo com a ICAO (1999), uma das soluções para os problemas decorrentes do crescimento do número de aeronaves em operação é a adoção do conceito de navegação baseada em performance (PBN). O conceito de PBN baseia-se na implementação da Navegação de Área (RNAV) associada à Performance de Navegação Requerida (RNP), tornando a navegação aérea mais eficiente, visto que minimiza a necessidade de investimento em tecnologias embarcadas, pois faz uso dos aviônicos já existentes.

A Navegação de Área é definida como um método de navegação que permite a aeronave operar em qualquer trajetória desejada, dentro da cobertura de auxílios à navegação de referência ou dentro dos limites da capacidade dos sistemas

⁶ O VOR (Radiofarol Omnidirecional em VHF) é o equipamento de auxílio à navegação aérea, de solo, que fornece os graus magnéticos chamados Radiais de uma aeronave em relação à estação; DME (Equipamento Medidor de Distância) é o equipamento responsável por fornecer a distância da aeronave em relação a um determinado auxílio, normalmente uma VOR; e NDB (Non Directional Radio Beacon ou Rádio Farol Não Direcional) é a estação transmissora de radiofrequência que fornece o azimute da aeronave em relação ao auxílio.

autônomos de navegação ou ainda da combinação de ambos (ICAO, 1999). Procedimentos RNAV são projetados para fornecer flexibilidade aos usuários servindo-se da mais ampla infraestrutura de auxílios à navegação possível (NDB, VOR, DME, GPS, Sistema de Navegação Inercial-INS e outros). Isto permite que aeronaves dotadas do sistema RNAV multi-sensor possam continuar normalmente seus voos em caso de falha de um sensor primário. A maior parte dos sistemas RNAV embarcados é capaz de selecionar e descartar automaticamente os sensores que o alimentam, de acordo com a disponibilidade de sinais (SIQUEIRA, 2005).

De acordo com a ICAO (1999) a RNP é uma meta de precisão de navegação necessária para operar em um determinado espaço aéreo. A RNP impõe requisitos tanto ao espaço aéreo quanto às aeronaves que ali operam. A notação da Performance de Navegação Requerida é dada por RNP X, onde X é o afastamento máximo permitido, em milhas náuticas (NM), em relação à posição pretendida. Para as aeronaves, o erro tolerável de variação, deve ser menor que o valor da RNP durante 95% do tempo total do voo. Por exemplo, RNP 10, significa que o afastamento máximo permissível é de 10 NM em torno da posição pretendida durante 95% do tempo de voo. Para o espaço aéreo, adequada infra-estrutura de navegação deve ser provida para garantir o cumprimento da RNP especificada.

A implementação PBN, segundo a organização, trará os seguintes benefícios: aumento da eficiência e capacidade do espaço aéreo, aproveitamento da capacidade RNAV/RNP instaladas nas aeronaves, aumento da segurança com uma navegação mais acurada, rotas mais diretas e econômicas, redução nas comunicações de voz e na carga de trabalho de pilotos e controladores, procedimentos mais favoráveis ao meio ambiente e aumento da previsibilidade da trajetória de voo.

Conforme Figura 01 (ICAO, 1999) ao contrário da navegação convencional, a RNAV e a RNP possibilitam às aeronaves a utilização de rotas sem que seja necessário o bloqueio de auxílios de solo, além de delimitar o afastamento lateral das referidas rotas de acordo com o seguimento em que se encontra. Tal

delimitação, proporcionada pela RNP, ocorre através de um sistema de alerta ao piloto, possibilitando seu retorno à rota prevista.

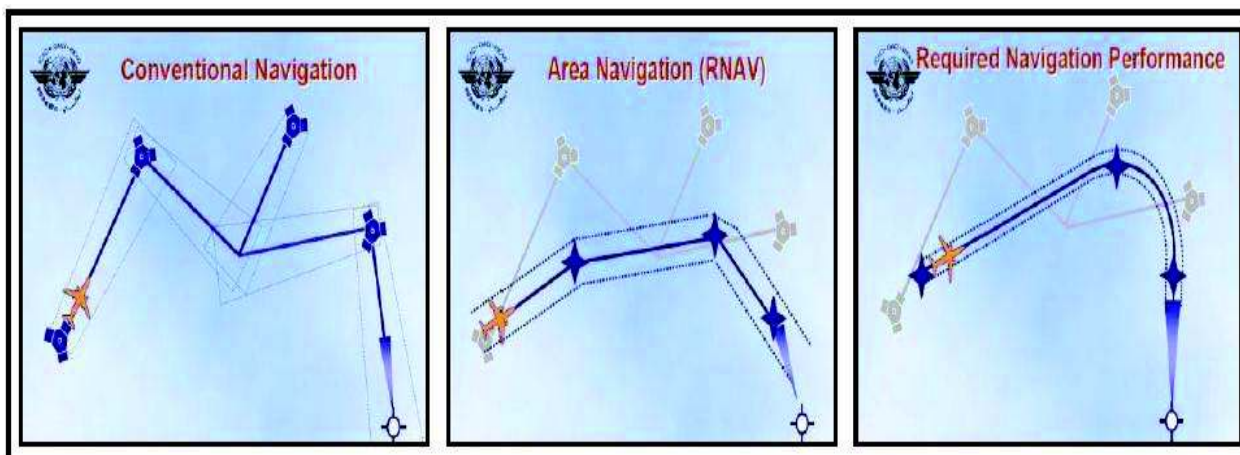


FIGURA 1 – Otimização do espaço aéreo com utilização de rotas RNAV e RNP.
Fonte: ICAO (1999)

A melhor utilização do espaço aéreo mencionada anteriormente fica evidente quando se compara a capacidade de determinação do espaço aéreo a ser utilizado entre rotas baseadas somente em auxílios de solo (VOR, DME e NDB) e o novo conceito de PBN, conforme Figura 02 (ESTADOS UNIDOS, 2011a). Nota-se que dessa forma pode-se, de acordo com a necessidade, traçar rotas paralelas com precisão, sem penalizar o nível ótimo de voo como acontecia anteriormente, aumentando a capacidade e eficiência do espaço aéreo, trazendo economia e segurança para usuários e provedores de serviço.

Para o cumprimento desses novos objetivos de adequação da circulação aérea, em face dos novos avanços tecnológicos da aviação em geral, faz-se necessário que tanto a Navegação de Área quanto a Performance de Navegação Requerida cumpram parâmetros específicos a serem utilizados de acordo com o local do espaço aéreo que estiver sendo voado. Tal critério adotado pela ICAO, mostrado no Quadro (ICAO, 1999), determina a máxima variação possível, em milhas náuticas, para os diversos segmentos do voo.

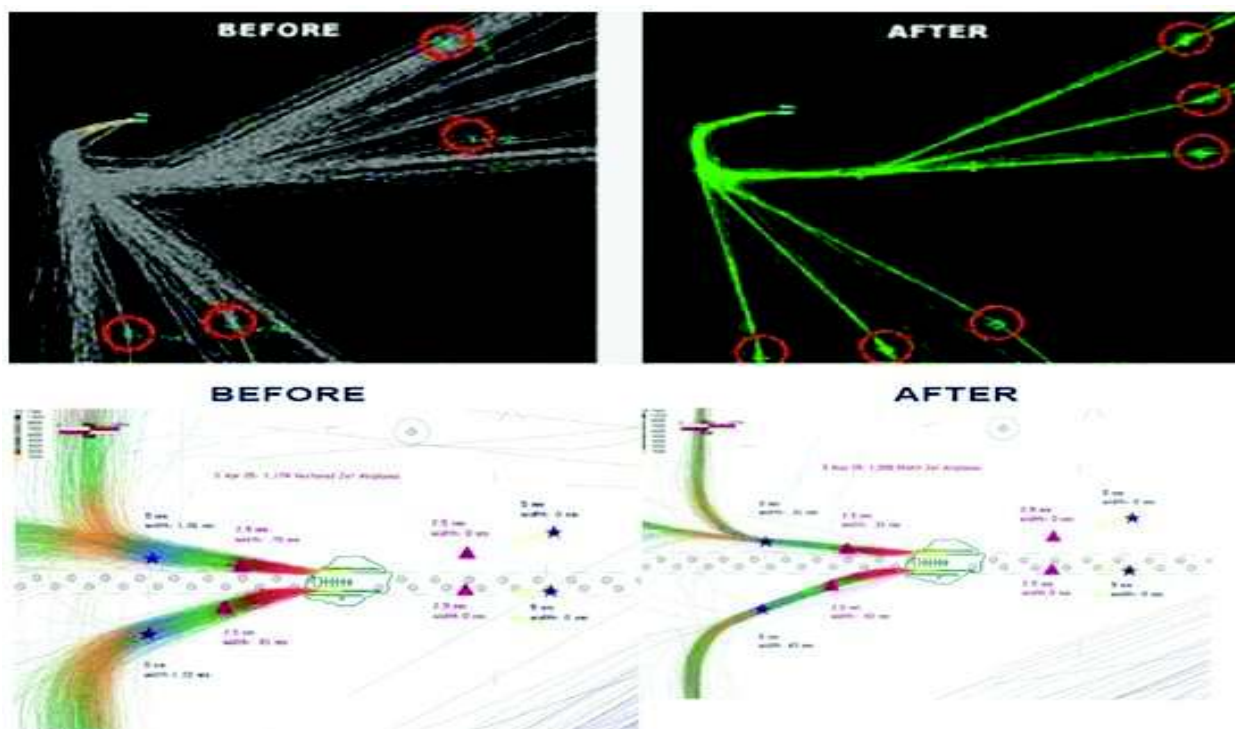


FIGURA 2 – Trajetórias radar das aeronaves nas rotas de saída do Aeroporto Internacional de Atlanta – antes e depois da utilização das rotas RNAV/RNP

Fonte: ESTADOS UNIDOS (2011a)

QUADRO 1 – Relação de espaço aéreo e especificação de navegação

FASE DO VÔO	ESPECIFICAÇÃO DE NAVEGAÇÃO
Em rota (oceânica ou remota)	RNAV10, RNP4
Em rota (continental)	RNAV5, RNAV2, RNAV1
Chegada (star)	RNAV5, RNAV2, RNAV1, BASIC-RNP1
Aproximação inicial, intermediária e perdida	RNAV1, BASIC-RNP1, RNP APCH
Aproximação final	RNP APCH, RNP AR APCH
Saída	RNAV2, RNAV1, BASIC-RNP1

Fonte: ICAO (1999)

3.3 WAAS - Wide Area Augmentation System

Ainda dentro do contexto de otimização do espaço aéreo, através da PBN, tem-se o sistema de “aumentação” baseado em satélite (SBAS-Satellite-based Augmentation System). Em cima desse conceito, alguns países ou comunidades trabalham no desenvolvimento e aperfeiçoamento de seus próprios sistemas, onde

se cita a Europa e a Ásia desenvolvendo o EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*); o GPS indiano GAGAN (*Aided Geo Augmented Navigation*); os japoneses o MSAS (*Multi-funcional Satellite Augmentation System*); os chineses com o SNAS (*Satellite Navigation Augmentation System*); e o WAAS (*Wide Area Augmentation System*), desenvolvido pela FAA, o qual será objeto desta seção. Na figura 03 tem-se uma demonstração das áreas de abrangência inicial de alguns desses sistemas.

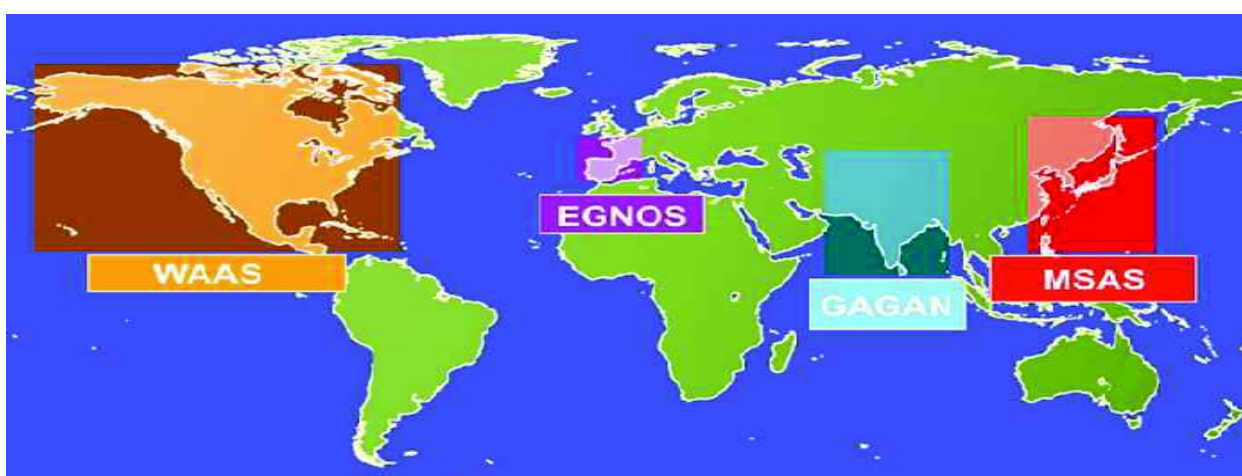


FIGURA 3 – Áreas de abrangência dos sistemas WAAS, EGNOS, GAGAN e MSAS
Fonte: EUROPEAN SPACE AGENCY (2011)

O WAAS consiste em uma rede de estações terrestres com suas posições aferidas, e que recebem sinais GPS para verificar os erros. Estas estações transmitem as informações para WMS (*Wide Area Master Station*) onde a correção é computada e a integridade do sistema aferido. As informações provenientes de todas as WMS são enviadas para cada subsistema de “up-link” do GEO (GUS) e transmitidas, juntamente com a mensagem de navegação, para os satélites GEO. Desse satélite as informações de correção são transmitidas na mesma frequência dos satélites GPS para os aparelhos a bordo de aviões, navios, barcos ou automóveis, com a grande vantagem de não haver qualquer despesa adicional. Basta o aparelho GPS estar qualificado para WAAS, que é o caso da maioria dos aparelhos atualmente no mercado (ESTADOS UNIDOS, 2011b).

Segundo a FAA (ESTADOS UNIDOS, 2011c), o WAAS, além de possibilitar aproximações em curva, possibilitará, também, aumento na capacidade de pista, redução nas normas de separação que permitem o aumento da capacidade em um determinado espaço aéreo sem aumento do risco, rotas mais diretas, nova abordagem nos serviços de precisão, redução e simplificação nos equipamentos a bordo das aeronaves, redução significativa nos custos do governo devido à eliminação das manutenções dos equipamentos de auxílios à navegação de solo.

4 LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS DA CONCEPÇÃO BRASILEIRA

Mesmo com todos os benefícios advindos da utilização desse conceito, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), órgão brasileiro a quem compete planejar, gerenciar e controlar as atividades relacionadas à segurança da navegação aérea, ao controle do espaço aéreo, às telecomunicações aeronáuticas e à tecnologia da informação, ainda se depara com problemas de menor complexidade, como escassez de pessoal técnico capacitado para a elaboração de procedimentos de navegação baseada em performance.

Outro desafio do DECEA é o contido no Plano do Comando da Aeronáutica, PCA 351-3: Programa de transição do SISCEAB utilizando o conceito de sistema CNS/ATM, que menciona o seguinte:

É importante ressaltar que a implementação da PBN nas áreas terminais (TMA) será influenciada pelo “mix” de aeronaves capacitadas e não capacitadas para operações RNAV e RNP. As primeiras coletas de dados indicam que, no mínimo, 80% das operações aéreas nas principais TMA brasileiras são realizadas por aeronaves capazes de realizar operações RNAV. Desta forma, a análise para a implementação de operações RNAV nas principais TMA brasileiras deverá considerar a possibilidade de que as aeronaves não capacitadas para operações RNAV sejam vetoradas⁷, a fim de seguirem as SID⁸ e STAR⁹ RNAV. Tal análise deverá incluir

⁷ Provisão de orientação para navegação às aeronaves, em forma de proas, baseada no uso de um sistema de vigilância ATS.

⁸ Saída Padrão por Instrumentos.

a realização de simulações em tempo real e tempo acelerado, a fim de verificar o aumento da carga de trabalho dos controladores e a adequação da nova estrutura do espaço aéreo a ser proposta, considerando os fatores econômicos que balizarão a Análise de Custo-Benefício (BRASIL, 2006, p. 30).

No ano de 2001, a RNP 10 foi implementada numa porção do espaço aéreo oceânico brasileiro conhecido como corredor Europa – América do Sul (EUR/SAM). A RNP 5 já está sendo requisito de performance do espaço aéreo continental brasileiro, estando as FIRs (*Flight Information Regions*) Brasília, Curitiba, Amazônica e Recife operando segundo esse requisito.

Nesse período de transição, as rotas RNAV estão sendo sobrepostas às convencionais. Neste caso, o tráfego está sendo segregado por meio do estabelecimento de níveis máximos para as rotas convencionais e mínimos para as rotas RNAV (SIQUEIRA, 2005).

Com relação ao Sistema de Aumentação Baseado em Satélites, de acordo com a Diretriz do Comando da Aeronáutica, DCA 351-2 Concepção Operacional ATM Nacional, embora a tecnologia SBAS esteja disponível para aplicação imediata, essa tecnologia não será utilizada no Brasil em curto e médio prazo, tendo em vista que: a) as interferências ionosféricas afetam a confiabilidade dos sinais do GNSS, em praticamente toda a área de responsabilidade brasileira, fato que resultaria em uma relação custo/benefício desfavorável; b) cerca de 85% das operações aéreas brasileiras são de aeronaves comerciais, que operam em aeroportos dotados de infra-estrutura adequada de navegação aérea; e c) a implementação da segunda frequência civil no GPS e a entrada em operação do GALILEO pode representar um aumento na integridade e disponibilidade do GNSS, o que resultaria desnecessária a implementação do SBAS.

⁹ Rotas Padrão de Chegada – é uma transição entre uma aerovia e um procedimento de aproximação.

5 SISTEMAS EMBARCADOS

Para que seja possível toda a coordenação de fluxo de tráfego pelo controle de tráfego aéreo, é necessário que os controladores visualizem de forma exata a posição das aeronaves nas telas radar. O equipamento instalado na aeronave que permite essa visualização é conhecido como transponder.

Mas como funciona o transponder? As estações radar de controle de tráfego enviam de forma automática e em períodos de tempo pré-estabelecidos uma mensagem de interrogação à aeronave, a qual é respondida pelo equipamento instalado no avião. Dependendo da tecnologia envolvida no processo, a resposta do transponder à interrogação do radar pode conter apenas o código selecionado no painel de controle do instrumento - transponder Modo A - ou informações mais específicas, como altitude, proa e velocidade mantidas pela aeronave interrogada - transponder Modo C (GLIDERPILOT, 2010).

O transponder pode ainda responder a interrogação do radar de controle de tráfego de uma forma bem específica, aparecendo na tela do radar com uma cor diferente das demais respostas de transponder de outras aeronaves. Isso acontece quando o piloto pressiona o botão "ident", ou identificação, do instrumento. Isso ajuda o controlador diferenciar determinada aeronave de outras em áreas de grande concentração de tráfego (GLIDERPILOT, 2010).

5.1 TCAS

O TCAS, abreviatura em inglês de *traffic collision avoidance system*, é um equipamento instalado a bordo de grandes aeronaves, que identifica a posição e direção de outros aviões, quando estes possuem transponder e os mesmos estão ativados. Atualmente existem várias versões de TCAS em operação e várias outras em desenvolvimento. O instrumento, assim como as estações radar, envia uma interrogação automática aos transponders de outros aviões que respondem a essa indagação, passando informações como altitude e direção de aproximação de aeronaves dentro de um raio de aproximadamente quatro milhas (ALLSTAR, 2006).

Existem dois tipos de alertas que o equipamento emite para os tripulantes. O alerta de tráfego (*TA-traffic advisory*) que informa ao piloto da proximidade de alguma aeronave, mas ainda com uma separação considerada segura, sem necessidade de mudança de rota. Já o alerta de resolução (*RA-resolution advisory*), obriga o piloto a realizar uma manobra evasiva, na intenção de não conflitar com outro tráfego. A manobra evasiva é sempre padronizada, e indicada pelo próprio equipamento, contemplando unicamente um desvio vertical, não sendo permitido, pela atual tecnologia empregada, desvio lateral. Em caso de a aeronave que efetuar o desvio estar voando em regras de voo por instrumentos, tal manobra necessita ser informada de imediato ao controle de tráfego (ALLSTAR, 2006).

5.2 Limitações e Perspectivas

Devido às diversas interrogações emitidas tanto por estações radar em solo quanto por equipamentos TCAS embarcados, o transponder de uma aeronave pode ficar sobrecarregado em áreas de grande fluxo, não conseguindo fornecer ao controle as informações devidas, ou as fornecendo com atraso. Em áreas de grande concentração de aeronaves, não raro as respostas dos transponders se sobrepõem umas as outras, anulando-se, tornando impossível ao controle de tráfego visualizar as informações das aeronaves vetoradas (GLIDERPILOT, 2010).

Na tentativa de reduzir essas limitações, já está em operação em alguns países como a Alemanha e Holanda o transponder Modo S, que responde às diversas interrogações de forma seletiva e com informações adicionais, sendo possível encontrar uma aeronave próxima e seletivamente interrogá-la. Cada transponder Modo S possui uma identificação única padrão ICAO, definida no momento de instalação do equipamento, o que facilita o controle de tráfego, que não mais necessita coordenar com diversas aeronaves a alocação de códigos transponder (GLIDERPILOT, 2010).

Quanto ao TCAS, já está em estudo a terceira geração do equipamento, que possibilitará ao piloto efetuar não só desvios verticais, mas também desvios laterais

para evitar tráfegos convergentes. Isso será possível devido a avanços na precisão das antenas do TCAS, diminuindo consideravelmente a margem de erro. Outro avanço proposto pela nova tecnologia é o *link* direto do TCAS com o transponder Modo S. Através dessa ligação, o sistema será capaz de fornecer informações de posição e velocidade do GPS da aeronave para outros TCAS, permitindo informações muito mais precisas (ALLSTAR, 2006).

6 CONCLUSÃO

Como demonstrado no presente artigo, todo o sistema mundial de controle do tráfego aéreo, aí inserido o Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) encontra-se em processo de transição, no qual o sistema baseado em auxílios terrestres convive com a implantação de novos métodos, processos e equipamentos que empregam meios satelitais para a navegação. Nesse período, o Sistema deve estar capacitado a atender as aeronaves que disponham dos mais modernos recursos de navegação, assim como aquelas que possuem equipamentos tecnologicamente inferiores, propiciando confiabilidade e segurança em todos os serviços prestados.

Observou-se que dentro da visão futurista da tecnologia ATM o elemento humano está direcionado para o processo de tomada de decisão, enquanto que as funções de separação e gerenciamento de tráfego permanecem com processos automatizados. O aprimoramento dos equipamentos e sistemas, bem como dos processos de manutenção, suporte logístico, formação, habilitação e treinamento de pessoal deve ser acompanhado por exaustivos trabalhos de análise, de forma a assegurar que usuários e provedores possam se adaptar e operar de forma segura e confiável o novo sistema.

Não se esgotou neste artigo todos os assuntos relacionados ao tema. Entende-se que estudos futuros focados principalmente na interação homem-máquina devam ser conduzidos pelos órgãos responsáveis pela implantação do novo sistema, de forma a atender completamente o principal objetivo do CNS/ATM,

qual seja: manter ou aumentar os níveis de segurança já existentes.

Durante o período de transição dos atuais sistemas para o CNS/ATM, os auxílios à navegação baseados em terra deverão ser mantidos em condições operacionais, pois a velocidade de implantação de novos equipamentos de bordo é variável. As aeronaves que demandarão um tempo maior para se adequar aos novos sistemas não poderão ser penalizadas na utilização do espaço aéreo, continuando a receber toda a assistência para a realização segura de seus voos.

REFERÊNCIAS

ALLSTAR. **Sistemas Embarcados** :TCAS. Disponível em:

<<http://www.allstar.fiu.edu/aero/tcas.htm>> Acesso em: 18 nov. 2010.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo.

Concepção Operacional ATM Nacional (DCA 351-2). Portaria No 299/GC3, de 5 de maio de 2008.

_____. **Programa de transição do SISCEAB utilizando o conceito de sistema CNS/ATM (PCA 351-3)**. Portaria DECEA No 109/DGCEA, de 20 de outubro de 2006.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Elementos do CNS/ATM**. Disponível em:

<http://www.aer.mil.br/porta1/trafegoaereo/2212_cnsatm.htm>. Acesso em: 19 nov. 2010.

ESTADOS UNIDOS. Federal Aviation Administration. **Navigation Services: WAAS: How It Works**. Disponível em:

<http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/waas/howitworks/>. Acesso em: 13 jun. 2011b.

_____. **Navigation Services: WAAS: Benefits**. Disponível em:

<http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/waas/benefits/>. Acesso em: 13 jun. 2011c.

_____. **NexGen**. Disponível em: <<http://www.faa.gov/nextgen/>>. Acesso em: 13 jun. 2011a.

EUROCONTROL. **About SESAR**. Disponível em: <<http://www.eurocontrol.int/content/sesar-and-research>>. Acesso em: 13 jun. 2011.

EUROPEAN SPACE AGENCY. **Áreas de abrangência dos sistemas WAAS, EGNOS, GAGAN e MSAS**. Disponível em: <http://www.esa.int/images/SBAS_coverage.jpg>. Acesso em: 18 nov. 2010.

GLIDERPILOT. **Sistemas Embarcados: Transponder**. Disponível em: <<http://www.gliderpilot.org/FLARM-Transponders>> Acesso em: 18 nov. 2010.

HUGHES, D. **NextGen and SESAR Grapple With 4-d Trajectories**. Disponível em: <http://www.aviationweek.com/aw/generic/story_channel.jsp?channel=bca&id=news/nextgen0710p07.xml&headline=null&next=20>. Acesso em: 20 nov. 2010.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Performance-Based Navigation Manual (Doc 9613)** 2. ed. Montreal: ICAO, 1999.

_____. **Global Air Traffic Management Operational Concept (Doc 9854/AN458)**. Montreal: ICAO, 2005.

SIQUEIRA, C. A. **Navegação Aérea Segundo o Conceito CNS/ATM: custos e benefícios**. 2005. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica). Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, 2005.

STANISCIA, G. F. Latin America Aero & Defence. Gerenciamento de Tráfego Aéreo de Nova Geração. **Coletânea de Apresentações**. Rio de Janeiro, 2007.

ULFBRATT, E. et.al. **Comparison of the SESAR and NextGen Concepts of Operations**. Network Centric Operations Industry Consortium. NCOIC Aviation IPT, 2008. Disponível em: <https://www.ncoic.org/apps/group_public/download.php/12026/SESAR_NextGen_Comparison%2020090317FINAL.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2010.

AIR TRAFFIC CONTROL: CURRENT OVERVIEW AND PROSPECTS

ABSTRACT: This paper presents the proposals of new processes for managing air traffic, due to growing global demand for aircraft in operation. Within this context, the study discusses the concepts and implementation of the Future Air Navigation System (FANS) of the International Civil Aviation Organization (ICAO), which includes communication, navigation and surveillance within the concept of air traffic management (CNS/ATM). One goal of this concept is to increase airspace capacity to absorb demand and reduce operating costs, improving the existing level of safety. The article concludes that for an efficient transition process to take place, one should take into account aspects, such as, training of providers and allowance of time for the adaptation of users and aircraft to new system.

KEY WORDS: Operations Management. Air Traffic. Air Navigation