

NAVEGAÇÃO BASEADA EM PERFORMANCE: CONCEITOS E BENEFÍCIOS



Leandro Muniz de Souza Al CFOE CTA
 Carlos Alexandre Lourinho Gomes Al CFOE CTA
 Ricardo Silva de Oliveira Al CFOE CTA
 Valdeci de Lima Alves Al CFOE CTA

Alexandre Luiz Dutra Bastos Cap Esp CTA¹

RESUMO

O artigo apresenta um pequeno histórico sobre o sistema de Comunicação, Navegação, Vigilância e Gerenciamento de Tráfego Aéreo, denominado CNS-ATM, que foi idealizado pela Organização de Aviação Civil Internacional (OACI) e está sendo implantado em todo o mundo. Será mostrado como ocorreu a rápida evolução dos sistemas de navegação convencionais até a implantação dos sistemas de Performance de Navegação Requerida (RNP) disponíveis na atualidade, bem como a utilização de modernos sistemas embarcados permite a aplicação dos conceitos de Navegação Baseada em Performance (PBN), que é a mais moderna filosofia de navegação aérea existente na atualidade, e as vantagens decorrentes da aplicação dessas novas tecnologias para o Sistema do Controle do Espaço Aéreo Brasileiro.

Palavras-chave: Navegação aérea. Navegação do futuro. PBN. RNAV. RNP.

¹ Leitor técnico.

1 INTRODUÇÃO

A indústria do transporte aéreo representa um importante segmento de atividade econômica e é um dos setores que mantém o maior crescimento dentro da economia global^[1]. Em muitas regiões do mundo, os governos dependem da indústria aeronáutica para manter e estimular a economia no auxílio e na prestação de serviços essenciais aos Estados. No Brasil, o cenário não é diferente, pois muitas regiões dependem, ainda, do transporte aéreo para manter seu desenvolvimento econômico.

Devido ao grande crescimento da Aviação Civil, em muitos lugares, a demanda excedeu a capacidade que o sistema de navegação aérea apresentava em acomodar os tráfegos, resultando em consequências negativas (atrasos, aumento da carga de trabalho, maior gasto de combustível e emissão de poluentes), não apenas para a indústria da aviação, mas para a economia como um todo. Uma das alternativas para manter o crescimento da aviação civil foi garantir que um sistema de navegação aérea seguro, eficiente e ambientalmente sustentável estivesse disponível. Esse sistema deveria permitir o máximo uso de todos os recursos disponibilizados pelos avanços da tecnologia. As bases dessa concepção começaram a ser pensadas há mais de trinta anos.

A Organização de Aviação Civil Internacional (OACI) reconheceu que os serviços convencionais de navegação aérea eram limitados e estabeleceu as diretrizes das melhorias para apoiar a indústria do transporte aéreo no século XXI. Em 1983, estabeleceu o Comitê dos Sistemas de Navegação Aérea do Futuro (FANS), com a finalidade de identificar, estudar e avaliar novos conceitos e tecnologias e fazer recomendações para o desenvolvimento coordenado e evolutivo da navegação aérea em um horizonte de 25 anos^[2].

O Comitê FANS reconheceu que as limitações dos sistemas empregados eram intrínsecas e não poderiam ser resolvidas pelos modelos de sistema de navegação aérea existentes. A solução seria o desenvolvimento e a implementação de novos conceitos e de um novo sistema de Comunicação, Navegação e Vigilância para apoiar o Gerenciamento de Tráfego Aéreo, que ficou conhecido como Sistema CNS/ATM (do inglês *Communication, Navigation, Surveillance and Air Traffic Management*). Este sistema foi aprovado pela 10ª Conferência de Navegação Aérea, realizada em 1991.

Uma das soluções CNS/ATM apresentadas pela OACI para melhoria dos sistemas de navegação aérea é a Navegação Baseada em Performance (PBN, do acrônimo do inglês *Performance Based Navigation*), e a responsabilidade pela fomentação e aplicação dessa nova filosofia no Brasil coube ao Comando da Aeronáutica, por meio do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

Este artigo apresenta conceitos básicos de navegação aérea, evidenciando a evolução até os modernos conceitos e sistemas que envolvem a Navegação PBN, e justifica a importância desses novos sistemas para a melhoria da Circulação Aérea Geral e o conseqüente desenvolvimento da indústria aeronáutica no Brasil e na América do Sul.

2 CONCEITOS BÁSICOS DE NAVEGAÇÃO AÉREA

A navegação aérea é a forma de se conduzir, com habilidade e segurança, de um ponto ao outro, um dirigível através do espaço, podendo-se obter a localização na qual se encontra sempre que necessário ^[3]. Para atingir esse objetivo, podem-se utilizar métodos de navegação, considerando-se como os mais conhecidos:

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 103 - 115	2010
---------	----------------	------	--------------	------

a) navegação observada: também chamada de navegação visual, tem por finalidade determinar a posição da aeronave por meio da observação da superfície terrestre. Utilizam-se referências visuais identificáveis, como por exemplo: ferrovias, estradas, cidades, pontes, represas ou outros pontos em destaque do terreno, servindo como base de orientação para determinar a posição da aeronave;

b) navegação estimada: método pelo qual se determina a posição geográfica da aeronave tendo em consideração a direção e o tempo voado a partir do ponto de partida. Para que seja utilizada, há necessidade do conhecimento prévio de certos elementos primordiais tais como: coordenadas geográficas, distância e direção dos pontos de partida e destino, velocidade e tempo de voo da aeronave, e direção e velocidade do vento;

c) navegação astronômica: é o mais antigo dos métodos de navegação de que se tem conhecimento, no qual a posição é determinada em função dos astros;

d) navegação radiogoniométrica ou convencional: é o método no qual se utilizam equipamentos rádios como rádio farol não direcional - NDB, rádio farol omnidirecional - VOR, rádio medidor de distâncias - DME, entre outros, com a finalidade de determinar a posição de uma aeronave e orientá-la a um ponto almejado. É o método de navegação aérea mais utilizado no mundo;

e) navegação inercial: neste método, não há a utilização de equipamento instalado no solo, pelo fato de os sistemas de bordo determinarem a posição e orientação da aeronave baseados em fenômenos físicos como a Lei da Inércia; e

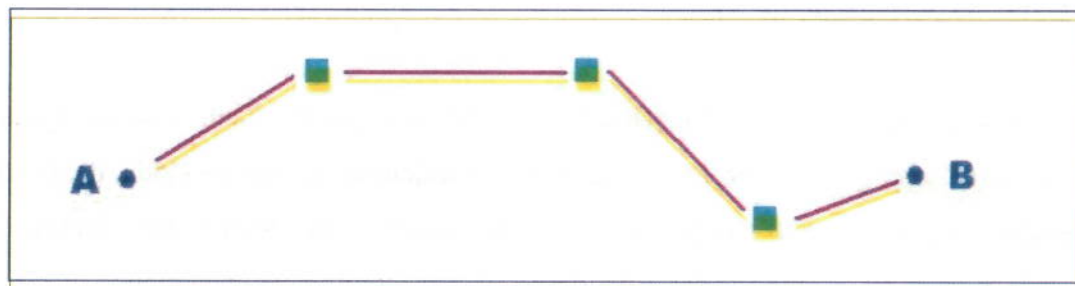
f) navegação satelital: baseia-se em constelação de satélites que são distribuídos em órbitas definidas em volta da Terra, fornecendo posição e orientação a ser seguida.

A aplicação de modernos sistemas de processamento de dados sobre os três últimos métodos de navegação (rádio, inercial e satelital) permitiu a evolução da

navegação aérea até sistemas mais confiáveis baseados em sistemas autônomos a partir de tecnologias avançadas e disponíveis.

3 ROTAS DE NAVEGAÇÃO CONVENCIONAIS

Segundo Bastos ^[3], as aeronaves, tradicionalmente, voam de um rádio-auxílio fixo no solo para outro, técnica definida anteriormente como navegação rádio ou navegação convencional. Eventualmente, quando uma aeronave voa de um ponto A para um ponto B, não é possível voar direto de A para B, mas, pelos métodos convencionais, faz-se necessário passar por auxílios rádio, até que seja possível chegar ao destino, conforme a figura abaixo.



 **Auxílio Rádio**
 **Reta Convencional**

Figura 1: Exemplo de rotas de navegação convencional
Fonte: BASTOS, 2009.

Tais auxílios devem ser posicionados em locais específicos na superfície do terreno, de forma que favoreçam a linha de visada das ondas eletromagnéticas e

ampliem suas áreas de cobertura útil. Cada auxílio tem um elevado custo de implantação e de manutenção, é dependente da linha de visada em relação às aeronaves, além de apresentar significativas variações de um país para outro.

Até recentemente, esse método de navegação foi suficiente para apoiar a operação de aeronaves no mundo. Com o aumento do fluxo de aeronaves, entretanto, tornou-se insuficiente, e sistemas de navegação que permitissem um maior número de aeronaves no espaço aéreo, sem comprometimento da segurança operacional, fizeram-se necessários. Com isso, os sistemas convencionais evoluíram para os sistemas de Navegação Baseados em Performance.

4 ROTAS DE NAVEGAÇÃO BASEADA EM PERFORMANCE

4.1 Rotas de Navegação de Área

Rota de Navegação de Área (RNAV) é definida como um método de navegação que permite a operação de aeronaves em qualquer trajetória de voo desejada, dentro da cobertura dos auxílios à navegação (solo ou satélite), ou dentro dos limites de capacidade de auxílios embarcados autônomos, ou uma combinação de ambos.

Isso significa que modernos sistemas computacionais embarcados permitem uma trajetória de voo mais adequada, com a utilização dos auxílios rádio de solo (Navegação Convencional), ou com a utilização dos sistemas inerciais de bordo (Navegação Inercial), ou com a utilização da constelação de satélites, também conhecida como Navegação Satelital (GNSS, acrônimo do inglês *Global Navigation Satellite System*),

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 103 - 115	2010
---------	----------------	------	--------------	------

ou ainda uma combinação de dois desses métodos de navegação, sem que haja diminuição na segurança das operações.

Logo, a navegação RNAV permite que as aeronaves voem rotas mais diretas, mesmo quando utilizando os auxílios de solo, conforme ilustrado na figura 2.

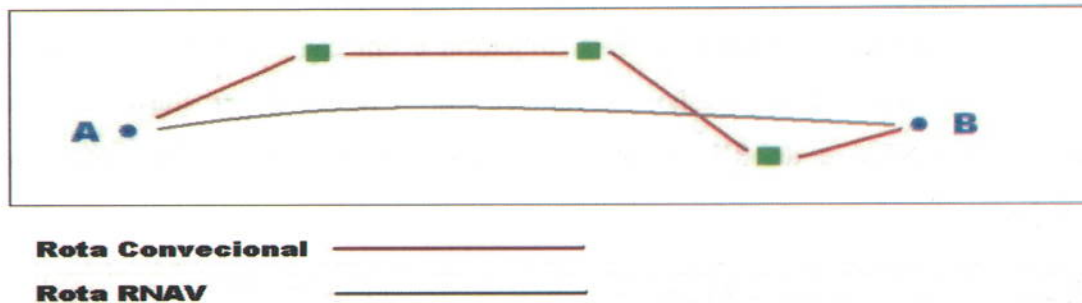


Figura 2: Comparação de rotas convencionais e rotas RNAV
Fonte: BASTOS, 2009.

A introdução da Navegação RNAV trouxe maior flexibilidade para os responsáveis pela elaboração dos procedimentos de tráfego aéreo, pois esse método de navegação, diferentemente da navegação convencional, não restringe as proas que podem ser voadas. Permite, assim, significativas vantagens ambientais, econômicas e operacionais para os provedores de serviços de tráfego aéreo e operadores de aeronaves, uma vez que proas mais diretas significam maior economia de combustível, menor emissão de CO₂ e menor tempo de voo até o destino, resultando num custo operacional otimizado.

Contudo, a tecnologia de navegação continuou avançando e a navegação RNAV evoluiu.

4.2 Performance de Navegação Requerida

A Performance de Navegação Requerida (RNP) é uma navegação RNAV com a adição de monitoramento de performance e alerta de capacidade de voo a bordo. Uma definição característica de operação RNP é a capacidade de o sistema de navegação da aeronave monitorar e alertar os desvios laterais da aeronave, definindo, assim, uma região de confinamento ao redor de cada trajetória e em cada fase do voo, com o objetivo de alcançar maior precisão e segurança [3]. A figura abaixo ilustra como a utilização da RNAV e da RNP otimizam a utilização do espaço aéreo com sua aplicação.



Otimização do espaço aéreo com a utilização de rotas RNAV e RNP. Fonte OACI

Figura 3: Exemplos de navegação convencional, RNAV e RNP.
Fonte: BASTOS, 2009.

4.3 Navegação Baseada em Performance

O conceito PBN é baseado na ideia de que as autoridades internacionais de aviação especifiquem padrões requeridos de performance para a operação em um determinado espaço aéreo, em uma determinada rota ou em um determinado procedimento, em vez de especificar os aviônicos necessários ou outro equipamento requerido para um determinado nível de desempenho da navegação [3].

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 103 - 115	2010
---------	----------------	------	--------------	------

Anteriormente, as autoridades aeronáuticas de Aviação Civil determinavam quais equipamentos deveriam estar a bordo para que se pudesse voar uma determinada rota. Atualmente, as autoridades determinam quais são os requisitos de performance necessários para se voar determinada rota, e os operadores de aeronaves decidem quais equipamentos utilizar para atingir tal performance. Como as autoridades passaram a determinar os requisitos de performance necessários para se voar, esse processo foi denominado de Navegação Baseada em Performance.

A principal proposta da PBN é aumentar a capacidade do espaço aéreo e diminuir os custos operacionais, mantendo ou melhorando os níveis de segurança operacionais praticados atualmente.

Em espaços aéreos menos exigentes ou onde haja serviço de vigilância (controladores de voo monitorando o cumprimento correto das trajetórias), pode-se usar a navegação RNAV. Em espaços aéreos mais críticos ou onde não haja serviço de vigilância, é necessária a utilização da navegação RNP. Por esses motivos, é possível afirmar que a PBN é constituída basicamente da soma entre a RNAV e a RNP em espaços aéreos onde a autoridade aeronáutica especificou os requisitos de desempenho.

5 BENEFÍCIOS DA NAVEGAÇÃO PBN NA AMÉRICA DO SUL

5.1 Corredor aéreo entre a Europa e a América do Sul

Um dos primeiros benefícios trazidos pela navegação PBN foi a ampliação do corredor que liga o Brasil à Europa, conhecido como corredor EUR-SAM (Europa – América do Sul). A capacidade do corredor foi duplicada, melhorando o fluxo de tráfego dos aeroportos de Brasília, Buenos Aires (Argentina), Galeão, Recife e

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 103 - 115	2010
---------	----------------	------	--------------	------

Guarulhos, de onde pousa e decola a maioria dos tráfegos que voam nesse fluxo. Com a utilização da navegação rádio, a ampliação do corredor não seria possível, sendo que navegação PBN permite o uso de navegação por satélite ou a utilização dos sensores inerciais de bordo. Dessa forma, onde os auxílios rádio não estão disponíveis, no meio do Oceano Atlântico, utiliza-se a navegação por satélites e, caso os satélites falhem, recorre-se aos sistemas inerciais de bordo.

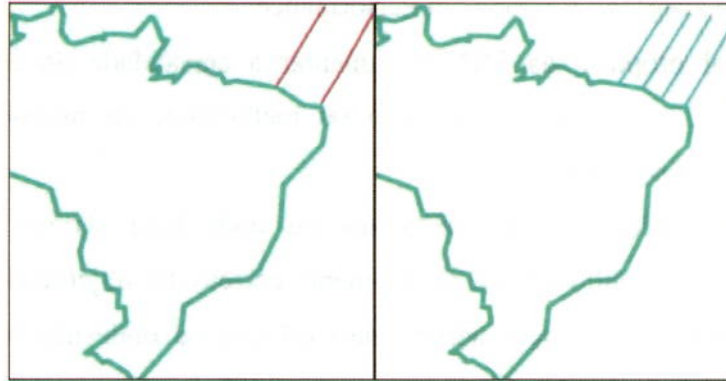


Figura 4: Corredor EUR-SAM: antes com duas aerovias e depois com quatro aerovias.
Fonte: Elaborada pelos autores.

5.2 Implantação da Navegação PBN nas terminais brasileiras

Segundo o DECEA ^[4], a navegação PBN está sendo implementada nas terminais de Brasília, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo, onde são esperados os seguintes benefícios:

a) aumento da segurança do espaço aéreo, por meio da implantação de procedimentos com descida contínua e estabilizada, com guia vertical, o que possibilita redução significativa dos eventos de colisão com o solo em voo controlado;

b) redução do tempo de voo das aeronaves, a partir da implantação de trajetórias ótimas de voo, independentes de auxílio à navegação aérea no solo, gerando economia de combustível e, em consequência, uma redução das emissões nocivas ao meio ambiente;

c) aproveitamento da capacidade RNAV e/ou RNP já instaladas a bordo de um significativo percentual da frota de aeronaves que voa no espaço aéreo sob a jurisdição do Brasil;

d) otimização das trajetórias de chegada aos aeroportos e ao espaço aéreo, em qualquer condição meteorológica, possibilitando evitar condições críticas de relevo e meio ambiente (ex.: ruído aeronáutico), por meio da utilização de trajetórias RNAV e/ou RNP;

e) implementação de trajetórias de aproximação, saída e chegada mais precisas, que reduzem a dispersão e propiciam fluxos de tráfego mais previsíveis para o controle de tráfego aéreo;

f) redução dos atrasos nos espaços aéreos e em aeroportos com alta densidade de tráfego aéreo, a partir de um aumento na capacidade de Controle de Tráfego Aéreo (ATC), propiciado pela implantação de rotas paralelas, novos pontos de chegada e saída nas Áreas de Controle de Terminal (TMA) e de procedimentos de aproximação com mínimos operacionais mais baixos;

g) potencial redução na separação entre rotas paralelas para acomodar maior quantidade de tráfego aéreo no mesmo fluxo; e

h) redução da carga de trabalho do controlador de tráfego aéreo e do piloto, considerando que o emprego de trajetórias RNAV e/ou RNP reduzirá a necessidade de vetoração radar e, em consequência, o tempo empregado nas comunicações piloto/controlador.

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 103 - 115	2010
---------	----------------	------	--------------	------

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A navegação PBN é vista pela OACI e pelos elaboradores de procedimento como um desenvolvimento conceitual e tecnológico na forma como as aeronaves são conduzidas, uma vez que a segurança é ampliada, os tempos de voo são reduzidos, os custos para a indústria aeronáutica são diminuídos, há diminuição significativa na emissão de gases com redução nos tempos de voo e a capacidade do espaço aéreo é otimizada.

O desafio do DECEA é a aplicação do conceito PBN no espaço aéreo brasileiro, fato que permitirá a melhoria da circulação do tráfego aéreo na área de jurisdição do Brasil, refletindo no crescimento contínuo da indústria do transporte aéreo do país.

REFERÊNCIAS

- [1] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Performance-based navigation manual**. 3. ed. Montreal, 2008. (Doc 9613).
- [2] BRASIL. Comando da aeronáutica. Departamento de controle do Espaço Aéreo. **AIC N12/04: Testes ADS/CPDLC na FIR Atlântico**. Rio de Janeiro: DECEA, 2004.
- [3] BASTOS, A. L. D. **Uma aplicação do conceito de navegação baseada em performance: análise das rotas ATS de salvador**. 2009. 147f. Tese (Mestrado) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2009.
- [4] BRASIL. Comando da aeronáutica. Departamento de controle do Espaço Aéreo. **AIC 26/09: Implementação da Navegação Baseada em Performance (PBN) nas TMA Brasília, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo**. Rio de Janeiro: DECEA, 2009.
- [5] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Global air traffic management operational concept**. Montreal, 2005. (Doc 9854).
- [6] SIQUEIRA, C. A. **Navegação aérea segundo conceito CNS/ATM: custos e benefícios**. 2005. 145f. Tese (Mestrado) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2005.

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 103 - 115	2010
---------	----------------	------	--------------	------