



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 2/2022

DIEGO DA SILVA **CUNHA**, Cap Av

**Navegação baseada em performance:** o impacto no C-97 Brasília do 6º Esquadrão  
de Transporte Aéreo

Rio de Janeiro

2022

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 2/2022

DIEGO DA SILVA **CUNHA**, Cap Av

**Navegação baseada em performance:** o impacto no C-97 Brasília do 6º Esquadrão de Transporte Aéreo

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Emprego da Força Aérea  
Orientador: Wellington Azevedo dos Santos,  
Maj Inf

Rio de Janeiro

2022

DIEGO DA SILVA **CUNHA**, Cap Av

**Navegação baseada em performance: o impacto no C-97 Brasília do 6° Esquadrão de Transporte Aéreo**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica.

Aprovado por:

---

**Wellington** Azevedo dos Santos, Maj Inf  
EAOAR

---

Edivaldo Pires **Figueredo**, Ten Cel Esp Sup Tec  
EAOAR

Rio de Janeiro

2022

## RESUMO

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) vem modernizando o Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) por meio da implementação da navegação baseada em performance (PBN). Os procedimentos de navegação por instrumentos eram balizados por auxílios à navegação aérea convencionais que vem sendo desativados pelo DECEA, exigindo que os usuários operem aeronaves com tecnologias embarcadas específicas para o novo conceito de navegação PBN. O presente ensaio defende que a modernização do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) do “C97 Brasília”, de modo a atender aos requisitos da navegação PBN, aumenta a capacidade operacional para o cumprimento da missão do Sexto Esquadrão de Transporte Aéreo (6° ETA). Para fundamentar esta tese, será demonstrado que a modernização do sistema de navegação aumentará a capacidade operacional do 6° ETA ao incrementar o poder de desdobramento nos aeródromos restritos à navegação PBN. Em seguida, será abordada a vantagem da navegação PBN na redução do tempo de voo, em comparação com a navegação convencional, e, como consequência, o 6° ETA conseguirá cumprir um maior número de missões usando as mesmas horas de voo alocadas, incrementando, assim, a sua capacidade operacional. Por fim, este ensaio demonstrará que as demais aeronaves da Força Aérea Brasileira conseguirão reduzir o tempo de voo para o cumprimento das suas missões, além de aumentar o seu poder de mobilidade no território nacional.

**Palavras-chave:** Navegação Baseada em Performance. Sistema Global de Navegação por Satélite. C-97 Brasília. Procedimento de Voo por Instrumento.

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a sua concepção, a aviação está em constante aprimoramento. Há cerca de 50 anos, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos desenvolveu a tecnologia *Global Position System* (GPS) para incorporação nas aeronaves militares, que viria, posteriormente, a ser incluída na navegação de aeronaves civis. Com isso, a navegação aérea global implementou o sistema de navegação orientada por meio de satélites, surgindo assim o Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS).

A partir de 2009, o Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) passou a considerar a navegação por meio de coordenadas geográficas, orientadas pelo sistema GNSS, proporcionando maior precisão nos deslocamentos das aeronaves, melhor ordenamento dos voos no espaço aéreo e, principalmente, aumentando a segurança das operações aéreas. Na evolução dessa conjuntura, a Força Aérea Brasileira (FAB) iniciou o processo para incorporação dessa tecnologia em suas aeronaves, com o objetivo de adequar-se à nova realidade da navegação aérea.

Inicialmente, a aeronave “C-97 Brasília”, do Sexto Esquadrão de Transporte Aéreo (6º ETA), não dispunha de tecnologia GPS embarcada. Posteriormente, com a incorporação dessa tecnologia, as aeronaves do esquadrão passaram a realizar procedimentos de descidas e saídas, bem como a navegar em rota utilizando o sistema GNSS.

Com o passar dos anos, a tecnologia GPS foi aprimorada e novas concepções foram criadas: surgia a navegação baseada em performance (PBN). O conceito PBN substitui os auxílios à navegação que estão no solo (chamados de auxílios convencionais) pela tecnologia de Navegação de Área (RNAV) e alertas na cabine do piloto que avisam a tripulação quando as aeronaves ultrapassam os limites da trajetória nominal dos procedimentos de voo por instrumentos (IFP).

Esse avanço representou uma mudança fundamental da navegação convencional para a baseada em desempenho, que reduziu a necessidade de manter auxílios à navegação, rotas e procedimentos guiados por esses auxílios no solo, diminuindo os custos associados e gerando um uso mais eficiente do espaço aéreo (reestruturação de rotas, menor consumo de combustível, redução de ruído aeronáutico e provendo mais segurança nas operações aéreas).

Nesse cenário, o modelo do equipamento GNSS usado na aeronave “C-97 Brasília” ficou obsoleto, não cumprindo as exigências atuais dos órgãos reguladores para operação PBN.

O presente ensaio defende que a modernização do sistema GNSS do “C97 Brasília” de modo a atender aos requisitos da navegação baseada em performance (PBN) aumenta a capacidade operacional para o cumprimento da missão do 6° ETA.

Para fundamentar esta tese, será demonstrado que a navegação PBN aumentará a capacidade operacional do 6° ETA ao incrementar o poder de desdobramento da aeronave “C97 Brasília” nos aeródromos restritos a essa navegação.

Em seguida, será abordada a vantagem da navegação PBN ao reduzir o tempo de voo, em comparação com a navegação convencional, e, como consequência, o 6° ETA conseguirá cumprir um maior número de missões usando as mesmas horas de voo alocadas, incrementando, assim, o preparo e o emprego das tripulações do esquadrão.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

O 6° ETA tem como missão executar o preparo e o emprego dos seus meios, com vistas ao cumprimento das Ações de Força Aérea e das atividades que lhe forem atribuídas, conforme diretrizes, planos e ordens dos Comandos Superiores (BRASIL, 2019). Para o cumprimento das suas missões, o esquadrão deve ser capaz de empregar as suas aeronaves, a qualquer momento e buscando a máxima eficiência no desempenho das Ações.

Com a evolução dos sistemas de navegação aérea, o atual sistema GNSS da aeronave Brasília não é capaz de cumprir todos os requisitos de navegação PBN, impactando diretamente no cumprimento das missões do 6° ETA.

O PBN é usado para descrever o desempenho de navegação ao longo de uma rota, procedimento ou porção de espaço aéreo dentro dos limites do qual o avião deve operar, estabelecido em termos de exatidão, integridade e correção. Para se voar por navegação baseado em performance, o sistema de navegação GNSS da aeronave deve ser capaz de advertir a tripulação toda a vez que limites operacionais pré-estabelecidos forem alcançados. No entanto, o atual sistema de navegação GNSS do vetor C-97 não é homologado para obedecer aos limites impostos pelo conceito PBN.

## 2.1 O incremento da capacidade de desdobramento da aeronave C97 Brasília

Aproximações balizadas por instrumentos convencionais são procedimentos guiados por ondas de rádios das estações no solo que guiam a aeronave numa trajetória pré-definida. Nesse caso, a organização do espaço aéreo, a criação de rotas de navegação aérea e os procedimentos de aproximação e pouso por instrumentos são desenvolvidos baseados exclusivamente no desempenho dos auxílios à navegação convencionais, como, por exemplo, o Rádio Farol Não Direcional (NDB) (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013).

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) emitiu uma Circular de Informação Aeronáutica (AIC N04/20) que versa o seguinte:

O processo de desativação das estações de NDB tem como meta a transição da navegação dependente de equipamentos e sistemas de navegação convencionais, instalados no solo, para a utilização do conceito de sistema baseado em performance e do uso dos sensores do sistema global de navegação por satélite no espaço aéreo brasileiro (BRASIL, 2020, p. 1).

Assim, o planejamento do DECEA aponta que a navegação baseada em performance substituirá as aproximações convencionais baseadas nas estações NDB. Com isso, considerando a tecnologia embarcada atual, o “C-97 Brasília” terá sua capacidade de desdobramento no terreno reduzida ao restringir o pouso em condições de voo por instrumentos, impactando no cumprimento da sua missão.

Para que seja autorizado a voar sobre as regras da navegação baseada em performance no Brasil, um avião deve ser homologado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). O “C-97 Brasília” não possui essa homologação, pois o atual equipamento GNSS da aeronave não cumpre os pré-requisitos solicitados na Instrução Suplementar número 21-013 revisão B (IS21-013B), que versa sobre a certificação de navegação PBN (BRASIL, 2016).

Francelino (2019, p. 790, tradução nossa) faz um paralelo entre tecnologia e capacidade, afirmando que “é possível realizar a avaliação dos impactos em programas tecnológicos por meio de identificação de ganhos em capacidade”, certificando, portanto, que os avanços tecnológicos são determinantes para o aumento das capacidades das atividades fim da empresa. Dessa maneira, pode-se concluir que a modernização do sistema GNSS do C-97 irá incrementar a capacidade operacional do 6º ETA ao viabilizar a operação das aeronaves do esquadrão em

aeródromos que adotam procedimentos PBN para realização de pousos e decolagens sob condições de voo por instrumentos.

O aeroporto Santos Dumont (SBRJ), no Rio de Janeiro, regularmente operado pelo 6º ETA, não utiliza mais procedimentos IFR convencionais na aproximação para pouso, apenas procedimentos com navegação PBN. Este cenário inviabiliza a operação do “C-97 Brasília” em condições meteorológicas por instrumentos no SBRJ, restringindo diretamente o cumprimento da missão do esquadrão, seja de transporte de pessoal, de carga ou, principalmente, de órgãos vitais.

## **2.2 O aumento de número de missões com as mesmas horas alocadas**

A navegação baseada em performance proporciona à aeronave a realização de voos através de trajetórias e rotas mais precisas e diretas da origem ao destino. A navegação aérea por auxílios convencionais no solo exige que a aeronave mantenha o auxílio à sua frente ou à retaguarda durante todo o voo, gerando rotas não tão diretas, que representam maiores distâncias e gastos associados para a realização do voo, como, por exemplo, o consumo de combustível.

O conceito PBN reduz o tempo de voo improdutivo, os atrasos desnecessários e a queima de combustível, proporcionando benefícios econômicos. Por conseguinte, o desempenho operacional é diretamente potencializado com o PBN, pois as aeronaves conseguem realizar um maior número de missões com a mesma quantidade de horas de voo alocadas.

Em 2005, a Organização de Aviação Civil Internacional (OACI) começou a discorrer sobre a implementação do conceito de PBN.

Para alcançar um sistema de gerenciamento de tráfego aéreo global interoperável, para todos os usuários durante todas as fases de voo, que atendem aos níveis acordados de segurança, proporcionam condições econômicas ideais de operações, é ambientalmente sustentável e atende aos requisitos de segurança nacional (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2005, p. 1-1, tradução nossa).

Com a implementação do conceito PBN, a OACI (2013) ressaltou as vantagens da navegação baseada em performance: o PBN proporciona melhor aproveitamento do espaço aéreo e possibilita que aeronaves percorram rotas mais curtas, com operações mais rápidas, econômicas e menos poluentes. Com isso, pode-se concluir que o PBN proporcionará uma otimização do emprego da aeronave “C97 Brasília” e no preparo das tripulações do 6º ETA.

Um estudo analisando os benefícios da navegação PBN calculou a diferença entre realizar o procedimento NDB e uma aproximação baseado em performance, tendo como base o aeroporto de Navegantes (SBNF), em Santa Catarina. Nesse estudo, o autor comprovou que, enquanto no procedimento PBN a aeronave consumiu 110kg de combustível, no procedimento balizado pelo NDB o mesmo avião gastou 475kg de combustível, gerando uma economia de cerca de 77% de combustível (MICHELS, 2018).

Diante do exposto, é possível certificar que, ao reduzir o tempo de voo necessário para o cumprimento das missões do 6º ETA, a modernização das aeronaves visando a homologação da navegação PBN acarretará o aumento da disponibilidade do esquadrão para cumprir um maior número de missões com a mesma quantidade de horas de voo alocadas.

O crescimento contínuo do tráfego e a necessidade de proporcionar maior eficiência de voo torna necessário otimizar o espaço aéreo disponível. Sobre esse tema, Maximiano (2004, p. 97) aborda a eficiência operacional sob a ótica de que “o desempenho de qualquer organização pode ser avaliado pela medida em que os objetivos são realizados e pela forma como os recursos são utilizados”.

Desse modo, pode-se afirmar que é fundamental o esquadrão realizar o cumprimento da sua missão economizando o máximo de recursos envolvidos e que, ao voar com os requisitos da navegação baseada em performance, o “C-97 Brasília” irá diminuir o tempo de voo necessário para o cumprimento das suas missões, economizando combustível em rotas mais eficientes e incrementando a sua capacidade operacional.

Corroborando com o estudo anterior, Bugarin aborda o conceito de economicidade e sua relação com o conceito de desempenho qualitativo.

O vocábulo economicidade se vincula no domínio da ciência econômica e das ciências de gestão à ideia fundamental de desempenho qualitativo. Trata-se da obtenção do melhor resultado estratégico possível de uma determinada alocação de recursos financeiros (BUGARIN, 1998, p. 42).

Considerando a redução de horas de voos e de combustível necessários para o cumprimento de uma determinada missão, é possível certificar que a modernização dos sistemas GNSS do “C-97 Brasília” do 6º ETA está alinhado com o conceito de economicidade expressado por Bugarin, além de aumentar a capacidade do esquadrão ao cumprir uma quantidade maior de ações de Força Aérea.

### 3 CONCLUSÃO

Perante o cenário de modernização da navegação aérea, visando o melhor ordenamento da malha aérea, o conceito de navegação baseada em performance ganhou destaque e se tornou realidade no espaço aéreo brasileiro. Seguindo essa melhoria sistemática, o DECEA emitiu um cronograma de desativação dos procedimentos baseados por auxílios à navegação convencionais NDB e sugeriu, ainda, que os operadores comecem a realizar seus voos por meio do conceito PBN.

Primeiramente, foi demonstrado que a desativação dos auxílios convencionais diminui a quantidade de aeroportos que a aeronave “C-97 Brasília” é capaz de realizar procedimentos IFR, o que impacta a possibilidade de cumprimento da missão do 6º ETA. Diante disso, a modernização do sistema GNSS da aeronave permitirá a realização da navegação baseada em performance, aumentando, assim, o poder de desdobramento do esquadrão, bem como o seu preparo e emprego, impactando positivamente na sua capacidade operacional.

Em seguida, foram observados os avanços relacionados ao conceito PBN, no que diz respeito à capacidade de voar rotas mais diretas da origem ao destino, ocasionando redução no tempo de voo. Com isso, foi possível concluir que o 6º ETA conseguirá cumprir um número maior de missões com a mesma quantidade de horas de voo alocadas. Em suma, incrementará a sua capacidade operacional ao realizar mais ações de Força Aérea, cerne da missão do 6º ETA.

De tudo exposto neste ensaio, conclui-se que a modernização do sistema GNSS do “C97 Brasília”, de modo a atender aos requisitos da navegação baseada em performance (PBN), aumenta a capacidade operacional, o preparo e o emprego do 6º ETA, em atendimento à missão do esquadrão.

Finalmente, ao ampliar a abrangência do conceito PBN às demais aeronaves (por exemplo, o C-98 convencional e o A-29 Super Tucano), a FAB conseguirá reduzir o tempo de voo para o cumprimento das suas missões, além de aumentar o seu poder de mobilidade sobre o território nacional.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Instrução Suplementar IS 21-13, de 08 de dezembro de 2016. **Instruções para obtenção de aprovação de instalação de equipamentos GNSS (Global Navigation Satellite Systems) stand alone para operações VFR e IFR**. Portaria No 3.612/SAR. 2016.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando de Preparo. Portaria COMPREP n. 73/SPOG-33, de 22 de abril de 2019. Aprova a reedição do Regimento Interno do Sexto Esquadrão de Transporte Aéreo (RICA 21-40). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 71, f. 2926, 30 abr. 2019.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Circular de Informações Aeronáuticas N 04/20, de 04 de janeiro de 2020. **Plano de desativação gradual das estações NDB**. AIC N04/20. 2020.
- BUGARIN, P. S. Reflexões sobre o princípio constitucional da economicidade e o papel do TCU. **Revista do Tribunal de Contas da União**, Brasília, v. 29, n. 78, p.41-45, out./dez. 1998.
- FRANCELINO, J. A. et al. How public policies have shaped the technological progress in the Brazilian aeronautics industry: Embraer case. **Science and Public Policy**, Oxford, v. 46, n. 6, p. 787-804, dez. 2019. Disponível em: <https://academic.oup.com/spp/article-abstract/46/6/787/5549866?login=false>. Acesso em: 02 jul. 2022.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Global Air Traffic Management Operational Concept** (Doc. 9854). 1.ed. Montreal, 2005.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Performance-based Navigation (PBN) Manual** (Doc. 9613). 4.ed. Montreal, 2013.
- MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração: da revolução urbana à revolução digital**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- MICHELS, T. A. **Evolução dos métodos de navegação e implantação do PBN no Brasil**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Aeronáuticas) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Santa Catarina, 2018.