

## **O IMPACTO DA IMPLEMENTAÇÃO DA NAVEGAÇÃO BASEADA EM PERFORMANCE PARA AS ROTAS MAIS VOADAS DO SUL DO BRASIL**

**Anderson Marques Pagliarini<sup>1</sup>**

**Cleo Marcus Garcia<sup>2</sup>**

**Jairo Afonso Henkes<sup>3</sup>**

### **RESUMO**

Em outubro de 2017 ocorreu a reestruturação de todo o espaço aéreo controlado da região sul do Brasil, com a implementação do projeto do DECEA chamado PBN-SUL (navegação baseada em performance para a Região Sul do Brasil). Até este dia, a maior parte das rotas e procedimentos aplicados nesta Região eram convencionais, o que muitas vezes obrigava as aeronaves a tomarem caminhos menos diretos, pois devem manter as aerovias e essas não poderiam ficar distantes de seus balizadores. A circulação PBN trouxe diversos benefícios para a aviação, sendo um dos principais a economia de combustível através principalmente da redução nas distâncias voadas. Posto isso, este trabalho dedicou-se a buscar qual o impacto, em termos de distância voada, consumo de combustível e emissão de CO<sup>2</sup>, de tais mudanças nas rotas mais voadas da Região Sul do Brasil. Para alcançar estas respostas foi realizada uma pesquisa básica, bibliográfica e documental, onde houve a análise dos documentos que tratam da implementação do PBN e o tratamento de arquivos utilizados no desenvolvimento do projeto PBN-SUL, já para a obtenção dos dados se utilizou de pesquisa quantitativa através da medição e comparação das distâncias previstas para as rotas antes e após a implementação do PBN. Após definir e analisar os principais fluxos de tráfego aéreo na Região Sul do Brasil, sendo esses as rotas de Porto Alegre, Florianópolis e Curitiba indo e retornando de São Paulo, aeroportos de Guarulhos e Congonhas, e comparar as diferenças, em distâncias, geradas com a implementação do PBN-SUL, notou-se reduções consideráveis, como na rota de SBSP para SBCT, onde houve a redução de 13Nm, o que gera ao longo de um ano o ganho de cerca de 84.785Nm, a economia de 1.027 toneladas de combustível e a redução de 3.126,8 toneladas de CO<sup>2</sup>. Por outro lado, houve aumento na distância voada nas rotas de São Paulo para Florianópolis, o que apesar de ir contra um dos conceitos de rotas RNAV, pode ser explicado por questões de segurança, ainda assim este fluxo poderia ser reavaliado pelo DECEA devido ao grande impacto ocasionado.

**Palavras-chave:** PBN. Distância. Eficiência. Combustível. Emissões.

<sup>1</sup> Graduado em Educação Física, UDESC (2006). Formação em controle de tráfego aéreo (2007). Instrutor de controle de tráfego aéreo – 2009. Supervisor do centro de controle de área de Curitiba na subseção de gerenciamento de tráfego desde 2012. Curso de planejamento do espaço aéreo – 2019. Especialista em Gestão e Direito Aeronáutico/ UNISUL (2020). E-mail: [marques\\_atc@yahoo.com.br](mailto:marques_atc@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica -ITA (2012) e Graduado em Administração pela Faculdade Energia de Administração e Negócios -FEAN (2009). Professor na Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) no Curso de Ciências Aeronáuticas e Pós Graduação em Gestão e Direito Aeronáutico. E-mail: [cleo.garcia@unisul.br](mailto:cleo.garcia@unisul.br)

<sup>3</sup> Doutorando em Geografia (UMinho, 2019). Mestre em Agroecossistemas (UFSC, 2006). Especialista em Administração Rural (UNOESC, 1997). Engenheiro Agrônomo (UDESC, 1986). Professor dos Cursos de Ciências Aeronáuticas, Administração, Engenharia Ambiental, do CST em Gestão Ambiental e do Programa de Pós Graduação em Gestão e Direito Aeronáutico da Unisul. E-mail: [jairohenkes333@gmail.com](mailto:jairohenkes333@gmail.com)

## **THE IMPACT OF IMPLEMENTING PERFORMANCE-BASED NAVIGATION FOR THE MOST FLYED ROUTES IN SOUTHERN BRAZIL**

### **ABSTRACT**

In October 2017, the entire controlled airspace of the southern region of Brazil was restructured, with the implementation of the DECEA project called PBN-SUL (performance-based navigation for the southern region of Brazil). Until this day, most of the routes and procedures applied in this Region were conventional, which often forced aircraft to take less direct paths, as they must maintain the airways and these could not be far from their beacons. The PBN circulation brought several benefits to aviation, one of the main ones being fuel economy, mainly through the reduction of distances flown. That said, this work was dedicated to looking for the impact, in terms of distance flown, fuel consumption and CO<sup>2</sup> emission, of such changes in the most flown routes in the South Region of Brazil. To achieve these answers, a basic, bibliographic and documentary research was carried out, where there was an analysis of the documents dealing with the implementation of the PBN and the treatment of files used in the development of the PBN-SUL project. Quantitative through the measurement and comparison of the predicted distances for the routes before and after the implementation of the PBN. After defining and analyzing the main air traffic flows in the South Region of Brazil, these being the routes from Porto Alegre, Florianópolis and Curitiba going to and from São Paulo, Guarulhos and Congonhas airports, and comparing the differences, in distances, generated with the implementation of the PBN SUL, considerable reductions were noted, as in the route from SBSP to SBCT, where there was a reduction of 13Nm, which generates over a year the gain of about 84,785Nm, the saving of 1,027 tons of fuel and the reduction of 3,126.8 tons of CO<sup>2</sup>. On the other hand, there was an increase in the distance flown on the routes from São Paulo to Florianópolis, which despite going against one of the concepts of RNAV routes, can be

explained by security issues, even so this flow could be reassessed by DECEA due to the great impact caused.

**Keywords:** PBN. Distance. Efficiency. Fuel. Emissions.

## 1 INTRODUÇÃO

“O espaço aéreo sob responsabilidade do País estende-se além de suas fronteiras. Ultrapassa a área sobre seu território e alcança uma significativa parte do Oceano Atlântico, perfazendo um total de 22 milhões de km<sup>2</sup>, sobre terra e mar, acordados em tratados internacionais” (DECEA, 2016?).

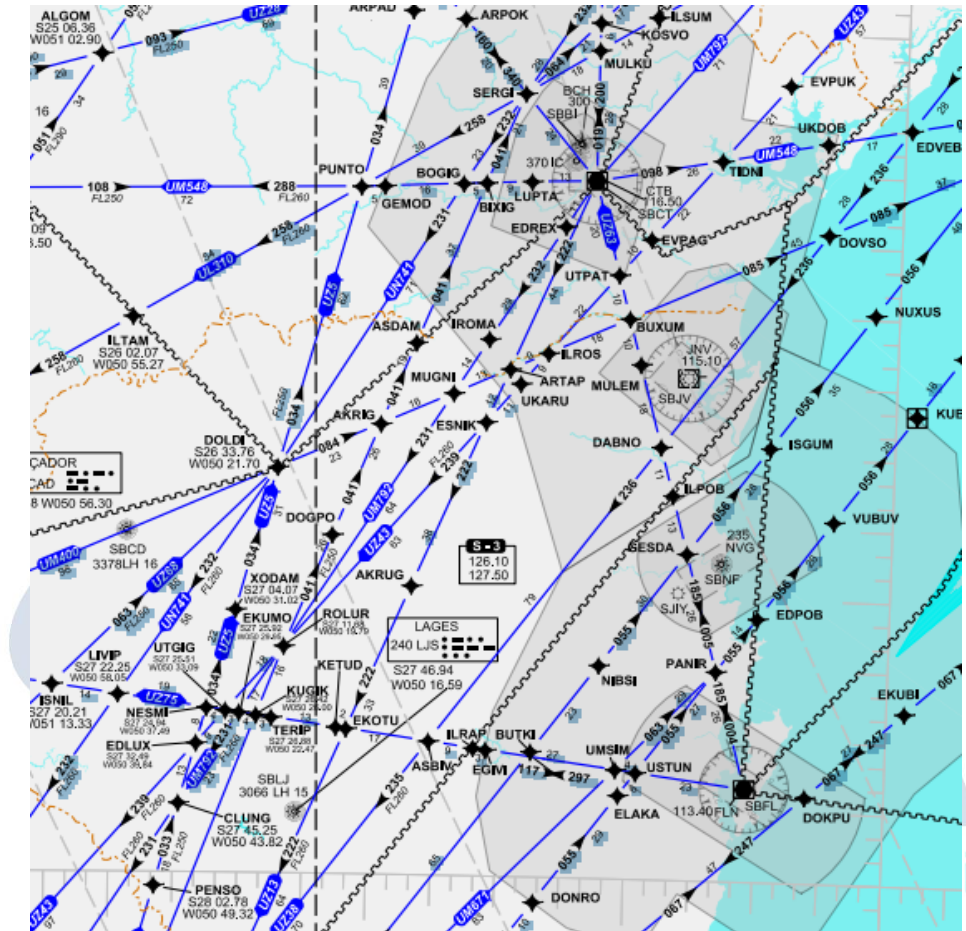
Segundo Bastos (2009, p.1), “a ideia que o céu é infinito e que existe liberdade ao se voar pode ter seu romantismo, porém, e cada vez mais, se afasta da realidade. O espaço aéreo é organizado considerando-se os interesses de seus usuários tanto da aviação militar como da aviação civil.”

Dentro dessa organização existem as aerovias. “Área de Controle, ou parte dela, disposta em forma de corredor” (ICA 100-12, 2018, p.11). As aerovias, nas palavras de Cassol (2020): “São tipos de corredores virtuais que delimitam a trajetória e a altitude que as aeronaves devem seguir num determinado espaço aéreo, permitindo que o piloto, através do equipamento de navegação da aeronave, consiga conduzir o voo com segurança e precisão”, e estão representadas na Figura 1, a seguir.

Em outubro de 2017, segundo o DECEA (2017), ocorreu a reestruturação de todo o espaço aéreo controlado da região sul do Brasil, com a implementação do projeto do DECEA chamado PBN-SUL (navegação baseada em performance para a Região Sul do Brasil). Ainda conforme explicado pelo DECEA (2017) até este dia, a maior parte das rotas e procedimentos aplicados nesta Região eram convencionais, isto é, balizados a partir de antenas posicionadas em locais estratégicos no solo, o que muitas vezes obrigava as

aeronaves a tomarem caminhos menos diretos, pois são obrigadas a manter as aerovias e essas não poderiam ficar distantes de seus balizadores.

Figura 1 – Carta de Rota - Aerovias



Fonte: AISWEB, 2020.

Com a implementação deste novo conceito, onde utiliza-se da tecnologia embarcada da aeronave para um melhor posicionamento da mesma, seja através de informações de antenas no solo ou de satélites, houve a possibilidade de redesenhar todo o espaço aéreo do sul do Brasil, aplicando rotas mais diretas e eficientes.

Portanto, o projeto visava construir ou desenhar uma circulação aérea mais eficiente para todo o Sul do Brasil, conforme noticiado pelo DECEA através do site da Força Aérea (2017), foram mais de 1430 milhas náuticas (NM) abreviadas com as novas rotas (DECEA, 2017).

Porém, para se ter uma visão mais profunda dos benefícios trazidos por essa mudança, este trabalho visou analisar o impacto das alterações nas rotas mais voadas para o Sul do Brasil, ou seja, voos entre os aeroportos de



Porto Alegre (SBPA), Florianópolis (SBFL) e Curitiba (SBCT) e os aeroportos de São Paulo, Congonhas (SBSP) e Guarulhos (SBGR). Além disso, para se ter uma visão a longo prazo de economia de tempo, combustível e emissão de gases, fez-se necessário considerar o número médio de voos por ano nestas rotas.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Identificar os principais benefícios advindos da implementação da navegação baseada na performance para as rotas mais voadas, partindo e chegando aos principais aeroportos do sul do Brasil.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Descrever as principais mudanças ocorridas na estrutura do espaço aéreo do sul do Brasil com a implementação do PBN-SUL;
- b) Identificar as rotas mais voadas, chegando e partindo, dos 3 principais aeroportos do Sul do Brasil;
- c) Comparar o cenário pré e pós implementação do PBN-SUL, em termos de distância voada por rota; e
- d) Analisar as diferenças encontradas, decorrentes da aplicação do novo conceito.

## 1.2 METODOLOGIA

O presente trabalho tratou-se de uma pesquisa básica, bibliográfica e documental, onde houve a análise dos documentos que tratam da implementação da PBN e o tratamento de arquivos utilizados no desenvolvimento do projeto PBN-SUL.

Para obtenção dos dados utilizou-se a pesquisa qualitativa e quantitativa através da medição e comparação das distâncias das rotas antes e após a implementação da PBN.

Após a coleta dos dados, estes proporcionaram a análise e discussão dos resultados, gerando informações fundamentais como: consumo de combustível, tempo de voo e emissão de gases.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 REVISÃO TEÓRICA**

#### **2.1.1 Histórico**

A tecnologia envolvida em todo o processo do voo de uma aeronave está sempre em evolução, para atender a essa evolução e acompanhar o desenvolvimento desta tecnologia, cabe aos Estados se manterem atualizados e no Brasil não é diferente.

“A navegação aérea, pilar fundamental do CNS/ATM<sup>1</sup>, passa por atualizações e modificações. Até a última década do século passado, o deslocamento das aeronaves no espaço, voando sob condições de instrumentos, era todo estruturado na recepção de ondas de rádio emitidas por estações terrestres que permitiam aos pilotos se orientarem no espaço” (SCUSSEL, 2018, p. 28).

Em 2005 A Organização de Aviação Civil Internacional (ICAO) elaborou o Conceito Operacional ATM Global, que foi aprovado pela 11ª Conferência de Navegação Aérea, e publicado como o Doc. nº 9.854 AN/458 (DECEA, 2009).

Neste documento estava previsto um plano para um sistema ATM Global Integrado, e ainda, a implementação de rotas e procedimentos de Navegação Baseada na Performance (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” (ICAO, 2005 p. 1-1).

---

<sup>1</sup> O CNS/ATM consiste em tecnologias digitais e sistemas de satélites associados a vários níveis de automação e tem como objetivo aumentar a capacidade do espaço aéreo, diminuir os custos operacionais, manter ou melhorar os níveis de segurança praticados atualmente e proporcionar uma gestão de tráfego aéreo mundialmente eficaz e uniforme (GALOTTI, 1997. apud SCUSSEL, 2018, p.16).

Por sua vez o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), criou o Plano de Implementação ATM Nacional (PCA 351-3) e o programa Sirius, o qual

“estabelece, por meio do emprego de soluções de alta tecnologia, capacitação de recursos humanos e promoção da redução dos custos operacionais, a estratégia de evolução do Sistema de Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM) do País de forma ambientalmente sustentável” (DECEA, 2012?).

Dentro do programa SIRIUS foi estabelecido um “empreendimento chamado Implementação Operacional PBN, que tem por objetivo atender a uma série de benefícios operacionais, como o aumento da segurança da navegação aérea e a eficiência no uso do espaço aéreo” (DECEA, 2017 p. 3). Este sistema convencional as aerovias e procedimentos eram balizados apenas por equipamentos em solo, através de ondas de rádio, migrando para uma nova metodologia que é o sistema RNAV (Navegação de Área) ou RNP (Performance de Navegação Requerida), onde a PBN é aplicada.

No Brasil a implementação deste tipo de navegação iniciou em 2011, na Terminal de Controle Salvador, em 2013 seguiu para as Terminais Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte, e em outubro de 2017 ocorreu o PBN-SUL, atualizando a circulação aérea, não apenas das Terminais de Controle de Porto Alegre, Florianópolis, Navegantes e Curitiba, como também todas as Rotas que cruzavam o Sul, Sudeste e Centro Oeste do País (DECEA, 2017).

## **2.2.2 Navegação Baseada na Performance**

“A Navegação Baseada na Performance é a Navegação de Área (RNAV)<sup>2</sup> baseada nos requisitos de performance para aeronaves operando ao longo de uma rota ATS, em um procedimento de aproximação por instrumentos ou em um espaço aéreo designado” (DECEA, 2018).

“A PBN proporciona melhor aproveitamento do espaço aéreo e possibilita que aeronaves percorram rotas mais curtas, com operações mais

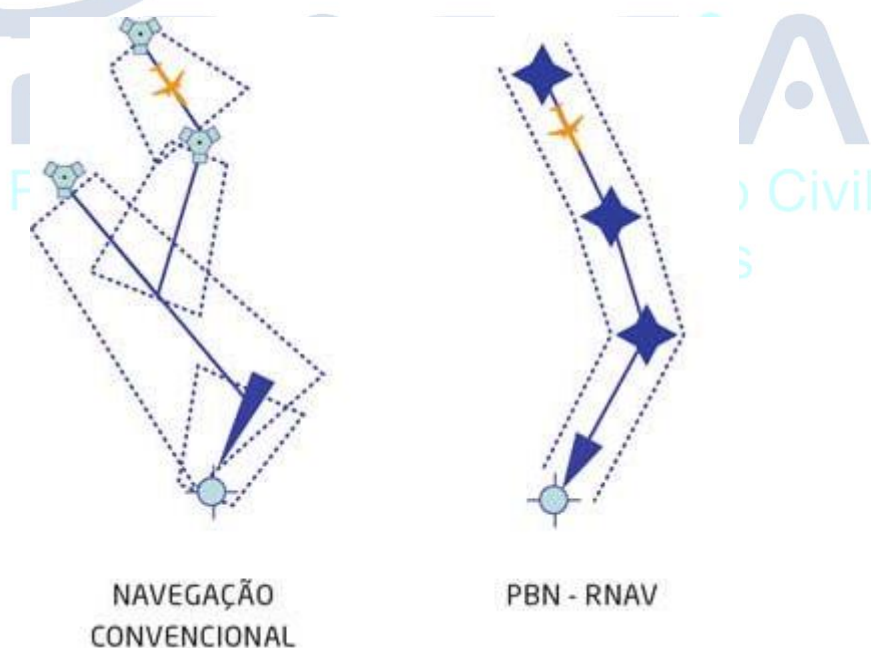
---

<sup>2</sup> Navegação de Área (RNAV) é o método de navegação que permite a operação de aeronaves em qualquer trajetória de voo desejada dentro da cobertura de auxílios à navegação, baseados no solo ou no espaço, ou dentro dos limites das possibilidades dos equipamentos autônomos de navegação, ou de uma combinação de ambos (DECEA, 2018, p.32).

rápidas, econômicas, e menos poluentes por meio de rotas diretas. A PBN se utiliza dos avanços tecnológicos aplicados nos modernos sistemas de navegação aérea embarcados, nos sistemas de controles de voo e no automatismo das aeronaves” (ICAO, 2013a).

Pelo sistema de navegação aérea convencional, a orientação dos pilotos no espaço ocorre pela recepção de ondas de rádio emitidas por equipamentos de solo e, normalmente, é necessário que as aeronaves sobrevoem estes pontos de apoio para cumprir uma rota de voo, o que acarreta maiores distâncias de voo. Por sua vez, a “Navegação Baseada em Performance (PBN) possibilita a navegação aérea de ponto (origem) à ponto (destino), mesmo passando por áreas de difícil acesso (como áreas montanhosas), sem ter a necessidade de voar pontos específicos ao longo da rota devido ao uso do GNSS” (ENGEL; WALTER; ELDREDGE, 2017. apud SCUSSEL, 2018, p.19). Conforme demonstrado na Figura 2, na Comparação de Rotas.

Figura 2 - Comparação de Rotas



Fonte: ICAO, 2013.

Segundo a ICAO (2013), para cumprir uma rota de navegação aérea convencional, as aeronaves necessitam sobrevoar auxílios de rádios instalados em solo. Nessa estrutura convencional, a organização do espaço aéreo, a criação



de rotas de navegação aérea e os procedimentos de aproximação e pouso por instrumentos (IAP) são desenvolvidos baseados exclusivamente no desempenho dos auxílios da navegação convencional como Rádio Farol Não Direcional (NDB), o Rádio Omnidirecional em Frequência Muito Alta (VOR), o Equipamento Medidor de Distância (DME) e o Sistema de Pouso por Instrumentos (ILS). “Tais auxílios, por limitações físicas do terreno ou da infraestrutura na superfície terrestre, nem sempre podem ser instalados na menor distância entre pontos considerados” (SCUSSEL, 2018 p.28).

Segundo o DECEA (2018), os principais benefícios do PBN são os seguintes:

- a) aumento da segurança do espaço aéreo, por meio da implantação de procedimentos com descida contínua e estabilizada, com guia vertical, possibilitando uma redução significativa dos eventos de CFIT (Colisão com o solo em voo controlado);
- b) redução da distância e 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;
- 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 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, por meio da utilização de trajetórias RNAV e/ou RNP, e consequente redução de mínimos operacionais de teto e visibilidade;
- e) implementação de trajetórias de aproximação, saída e chegada mais precisas, que reduzem a dispersão e propiciam fluxos de tráfego mais previsíveis para o ATC;
- f) redução dos atrasos nos espaços aéreos e aeroportos com alta densidade de tráfego aéreo, a partir de um aumento na capacidade ATC e aeroportuária, propiciado pela implantação de rotas paralelas, novos pontos de chegada e saída nas TMA e de procedimentos de aproximação com mínimos operacionais mais baixos;
- g) aumento da capacidade ATC, com a potencial redução na separação entre rotas paralelas para acomodar maior quantidade de tráfego aéreo no mesmo fluxo;
- 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 vetorização<sup>3</sup> radar e, em consequência, o tempo empregado nas comunicações piloto/controlador; e
- i) menor impacto ao meio ambiente, reduzindo as emissões de CO<sub>2</sub> por meio de procedimentos com menor distância voada e reduzindo as emissões de ruídos por meio de trajetórias de aeronaves em perfil ótimo de descida/subida e concepção de procedimentos sobre áreas despovoadas (DECEA, 2018 p. 3).

---

<sup>3</sup> Provisão de orientação para navegação às aeronaves, em forma de proas específicas baseadas no uso de um Sistema de Vigilância ATS.

Também, com a PBN ocorre a redução de custos inerentes à manutenção de auxílios à navegação convencional e de adequação do espaço aéreo a estes auxílios (ICAO, 2013, p. I-A-11).

### 3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

#### 3.1 PRINCIPAIS FLUXOS DE TRÁFEGO

É notório que os principais aeroportos da Região Sul do Brasil são o Aeroporto Internacional de Porto Alegre/ Salgado Filho, o Aeroporto Internacional de Florianópolis/ Hercílio Luz e o Aeroporto Internacional de Curitiba/ Afonso Pena. São esses que conforme apresentado no anuário do Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (CGNA) anos 2017, 2018 e 2019, possuem o maior número de voos da Região. (CGNA, 2017, 2018, 2019).

Ainda segundo estes anuários, os maiores fluxos desses aeroportos são com destino e retornando da cidade de São Paulo, Aeroporto Internacional de São Paulo/ Guarulhos – Governador André Franco Montoro – Cumbica (SBGR) e o Aeroporto de São Paulo/ Congonhas (SBSP) (CGNA, 2019).

O Quadro 1 abaixo apresenta as quantidades de voos comerciais e o percentual de participação desses destinos no total de voos dos aeroportos:

Quadro 1 – Voos Comerciais e o percentual de participação desses destinos no Total de Voos dos Aeroportos

<b>Procedência</b>	<b>Destino</b>	<b>Participação</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Ano</b>
SBPA	SBGR	11,6%	7.213	2017
SBGR	SBPA	11,5%	7.186	2017
SBPA	SBSP	10,7%	6.679	2017
SBSP	SBPA	10,7%	6.683	2017
SBPA	SBGR	13,3%	8.419	2018
SBGR	SBPA	13,2%	8.376	2018
SBPA	SBSP	11,0%	6.980	2018
SBSP	SBPA	11,0%	6.971	2018
SBPA	SBGR	13,6%	8.418	2019

SBGR	SBPA	13,5%	8.336	2019
SBPA	SBSP	11,2%	6.908	2019
SBSP	SBPA	11,2%	6.918	2019
<b>Procedência</b>	<b>Destino</b>	<b>Participação</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Ano</b>
SBFL	SBGR	15,6%	4.699	2017
SBGR	SBFL	15,9%	4.773	2017 Continua...
SBFL	SBSP	10,9%	3.276	2017
SBSP	SBFL	10,9%	3.290	2017
SBFL	SBGR	16,7%	5.008	2018
SBGR	SBFL	16,9%	5.078	2018
SBFL	SBSP	11,0%	3.296	2018
SBSP	SBFL	11,1%	3.338	2018
SBFL	SBGR	17,4%	5.031	2019
SBGR	SBFL	17,7%	5.123	2019
SBFL	SBSP	12,0%	3.489	2019
SBSP	SBFL	12,2%	3.525	2019
<b>Procedência</b>	<b>Destino</b>	<b>Participação</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Ano</b>
SBCT	SBGR	10,4%	6.383	2017
SBGR	SBCT	10,3%	6.301	2017
SBCT	SBSP	10,7%	6.532	2017
SBSP	SBCT	10,7%	6.532	2017
SBCT	SBGR	11,4%	6.605	2018
SBGR	SBCT	11,3%	6.528	2018
SBCT	SBSP	10,9%	6.298	2018
SBSP	SBCT	10,9%	6.312	2018
SBCT	SBGR	10,7%	6.337	2019
SBGR	SBCT	10,7%	6.298	2019
SBCT	SBSP	10,9%	6.470	2019
SBSP	SBCT	10,9%	6.440	2019

Fonte: ANAC, 2017, 2018, 2019.

Observando-se os dados apresentados, nota-se a importância dessas rotas para os aeroportos deste estudo e para as companhias que ali operam, portanto qualquer alteração nessas rotas gera impacto significativo, podendo acarretar mudanças inclusive para os passageiros, como alteração nos valores das passagens e tempo de voo.

### 3.2 COMPARAÇÃO ENTRE AS DISTÂNCIAS DAS ROTAS ANTES E DEPOIS DA IMPLEMENTAÇÃO DO PBN-SUL

Ainda que conceitualmente a navegação PBN aponte como ideal rotas diretas entre pares de aeroportos, conceito esse utilizado por Scussel (2018, p.42) em sua tese, “As rotas PBN ideais foram selecionadas considerando a distância direta entre os aeroportos envolvidos.” Conforme aponta o DECEA (2017), dificilmente é possível aplicar rotas completamente diretas, pois há necessidade de separar os fluxos de chegada e saída dos aeroportos, o que inclusive possibilita a descida e subida das aeronaves em perfis ótimos, economizando ainda mais combustível, além de reduzir a complexidade para o controle de tráfego aéreo.

Portanto, para este trabalho, tanto as distâncias pré PBN-SUL, quanto as distâncias pós PBN-SUL, foram medidas utilizando as cartas aeronáuticas publicadas pelo DECEA. Além disso, cada rota foi considerada desde a cabeceira da pista após a decolagem, seguindo pela saída padrão por instrumentos (SID) até a aerovia prevista que leva à chegada padrão por instrumentos (STAR), sendo considerado até o *waypoint*<sup>4</sup> de início do procedimento de aproximação.

A escolha pelas cartas de procedimentos e rotas para mensuração das distâncias se deve por ser a trajetória prevista para todas as aeronaves que efetuam os deslocamentos aqui analisados. Os Quadros 2, 3 e 4 a seguir apresentam as distâncias bem como a diferença entre elas.

---

<sup>4</sup> Local geográfico usado para definir uma rota de navegação de área ou a trajetória de uma aeronave que emprega a navegação de área. (DECEA, 2020).

Quadro 2 – Comparação das Distâncias entre SBPA e os Aeroportos de São Paulo

<b>Procedência</b>	<b>Destino</b>	<b>Distância Pré PBN</b>	<b>Distância Pós PBN</b>	<b>Diferença</b>
SBPA	SBSP	467,69NM	464,75NM	2,94NM
SBPA	SBGR	500,98NM	497,3NM	3,68NM
SBSP	SBPA	469,69NM	467,16NM	2,53NM
SBGR	SBPA	493,99NM	491,96NM	2,03NM

Fonte: Adaptado pelos autores, de Cartas Aeronáuticas do DECEA 2016, 2017, 2018, 2019.

Quadro 3 – Comparação das Distâncias entre SBFL e os Aeroportos de São Paulo

<b>Procedência</b>	<b>Destino</b>	<b>Distância Pré PBN</b>	<b>Distância Pós PBN</b>	<b>Diferença</b>
SBFL	SBSP	291,86NM	276,7NM	15,16NM
SBFL	SBGR	315,64NM	311,3NM	4,34NM
SBSP	SBFL	275,98NM	294,6NM	+ 18,62NM
SBGR	SBFL	300,18NM	322,33NM	+ 22,15NM

Fonte: Adaptado pelos autores, de Cartas Aeronáuticas do DECEA 2016, 2017, 2018, 2019.

Quadro 4 – Comparação das Distâncias entre SBCT e os Aeroportos de São Paulo

<b>Procedência</b>	<b>Destino</b>	<b>Distância Pré PBN</b>	<b>Distância Pós PBN</b>	<b>Diferença</b>
SBCT	SBSP	208,53NM	208,87NM	+ 0,34NM
SBCT	SBGR	254,19NM	249,95NM	4,24NM
SBSP	SBCT	189,97NM	176,78NM	13,19NM
SBGR	SBCT	213,67NM	201,18NM	12,49NM

Fonte: Adaptado pelos autores, de Cartas Aeronáuticas do DECEA 2016, 2017, 2018, 2019.



### 3.3 IMPACTO DAS DIFERENÇAS DE DISTÂNCIA NO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL E EMISSÃO DE CO<sup>2</sup>

Em um primeiro momento podemos imaginar que as diferenças em distância entre um cenário e outro não são significantes, porém, observando a quantidade de vezes que estes voos se repetem, esses números se tornam muito expressivos, conforme apresentado no Quadro 5 a seguir.

Para o cálculo de combustível e emissão de CO<sup>2</sup>, foi utilizada a calculadora disponível no site da ICAO, que:

“calcula o consumo de combustível ponderando a frequência de decolagens dos modelos de aeronaves. O consumo então é dividido pela média de assentos da classe econômica das aeronaves que operam nesta rota e se obtém o consumo de combustível, em Kg, por passageiro. Ao final, multiplica-se por um índice e chega-se à emissão de CO<sub>2</sub> por passageiro na rota considerada” (SCUSSEL, 2018, p. 42).

Quadro 5 – Impacto das Mudanças no Consumo de Combustível e Emissão de CO<sup>2</sup>

Rota	Média de voos/ano	Diferença total	Combustível	Emissão de CO <sup>2</sup>
SBPA – SBGR	8.016	29.498NM	252,5t	743,9t
SBPA – SBSP	6.855	20.155NM	177,1t	505,9t
SBGR – SBPA	7.966	16.171NM	149,1t	434t
SBSP – SBPA	6.857	17.349NM	151,2t	441,9t
Rota	Média de voos/ano	Diferença total	Combustível	Emissão de CO <sup>2</sup>
SBFL – SBGR	4.912	21.320NM	208,7t	645,2t
SBFL – SBSP	3.353	50.841NM	514,5t	1.556,7t
SBGR – SBFL	4.991	+ 110.558NM	1.080,9t	3.352,6t
SBSP – SBFL	3.384	+ 63.016NM	638,2t	1.928,9t
Rota	Média de voos/ano	Diferença total	Combustível	Emissão de CO <sup>2</sup>
SBCT – SBGR	6.441	27.312	313,7t	982,4t
SBCT – SBSP	desconsiderada por não ter ocorrido mudança nas distâncias voadas			
SBGR – SBCT	6.375	79.632NM	911,1t	2.873,9t
SBSP – SBCT	6.428	84.785NM	1.027t	3.126,8t

Fonte: Adaptado pelos autores, a partir de dados da ANAC e do site da ICAO (ANAC, 2019?), (ICAO, 2019?)

Apesar de não ser um sistema exato pelo seu método de cálculo e por considerar o voo totalmente direto de um aeroporto para o outro, ainda assim é interessante para fins de comparação entre os dois cenários, tendo dessa maneira uma ideia da variação entre eles.

O consumo de combustível foi calculado para cada trecho medido.

Segundo o anuário da ANAC, “a taxa de aproveitamento dos assentos das aeronaves em voos domésticos chegou a 81,5% em 2017” (ANAC, 2018, p. 9). Ainda segundo a agência, “a Gol liderou o mercado doméstico em termos de demanda, com 36,2% de participação em 2017” (ANAC, 2018, p. 20). Portanto, para realização dos cálculos de combustível e emissão de CO<sup>2</sup>, utilizou-se como base a aeronave Boeing 737, com ocupação de 149 passageiros.

Após realizado o cálculo de cada trecho, dividiu-se a distância total economizada pela distância encontrada entre os aeroportos na calculadora da ICAO, resultando no número de trechos possíveis com essa diferença. Esse valor foi multiplicado pelo consumo de combustível de cada trecho, chegando-se à diferença em combustível. A mesma lógica foi utilizada para o cálculo de emissão de CO<sup>2</sup>.

$$\frac{\text{diferença total}}{\text{distância entre os aeroportos}} = \text{diferença em número de voos}$$

diferença em número de voos X consumo/trecho = diferença de consumo total

diferença em número de voos X emissão de CO<sup>2</sup>/trecho = diferença de emissão total

### 3.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O modelo de rotas e trajetórias PBN possui diversos benefícios frente ao modelo convencional, entre as muitas vantagens já listadas talvez a principal delas seja a redução de distâncias, o que foi demonstrado na planilha de comparação de distância dos cenários de antes e depois da implementação da PBN.

Outros dois pontos importantes são o consumo de combustível, “que corresponde a cerca de 30% dos custos e despesas operacionais dos serviços de transporte aéreo prestados pelas empresas brasileiras” e a emissão de CO<sup>2</sup>, item prioritário da OACI que inclusive criou o CORSIA (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*) e, portanto, sendo o Brasil país signatário, esta trabalhando para cumpri-lo e reduzir ou no mínimo não elevar, os níveis de emissão de CO<sup>2</sup> pela aviação (ANAC, 2020).

Observa-se que mesmo uma pequena diferença na distância pode gerar um grande impacto em termos de consumo de combustível e emissão de CO<sup>2</sup>, pois precisamos considerar que as Companhias realizam o mesmo voo diversas vezes no ano.

Tomando como exemplo o caso da rota de SBGR para SBPA, onde a redução, na comparação das rotas pré e pós PBN, foi de apenas 2 NM ou cerca de 3,7 km, mas proporcionou, em média, uma economia de 149,1 toneladas de combustível por ano, aproximadamente 191 mil litros, realizando a conversão de acordo com a Associação Brasileira das Empresas Aéreas:

“A medida em massa (quilos ou libras, por exemplo) é padrão internacional na indústria da aviação para fins de planejamento de voo. Na conversão, cada quilo de QAV corresponde a 1,28 l do insumo. Em volume, portanto, as 21 toneladas de peso correspondem a 27 mil litros de combustível” (ABEAR, 2014).

Conforme a revista Seu Dinheiro (2020), o preço do litro de combustível custa aproximadamente R\$ 3,00 reais, portanto estes 191 mil litros de combustível custariam cerca de R\$ 573 mil reais, o que para uma empresa aérea, trata-se de uma economia anual considerável, e isso é para apenas uma rota.

Ainda que a maioria das rotas tenham diminuído com a nova circulação, as rotas de São Paulo para o Aeroporto de Florianópolis aumentaram. A opção do DECEA de não tornar esse voo mais direto pode ter acontecido por diversos fatores, os quais são levados em consideração no momento em que o espaço aéreo está sendo planejado, a ICAO no DOC 9.992, cita outros pontos que devem ser considerados no momento de confeccionar uma rota PBN:

“PBN torna possível colocar rotas nos locais mais ideais, desde que a cobertura necessária seja fornecida pelos auxílios à navegação terrestre ou espacial. Isso significa que as rotas podem ser colocadas de modo a:

- a) otimizar a capacidade, evitando conflitos entre fluxos de tráfego nos planos lateral e vertical;
- b) melhorar a eficiência operacional com comprimentos de rota mais curtos;
- c) apoiar operações de descida contínua (CDO) ou operações de subida contínua (CCO) com vertical janelas e, assim, permitir perfis mais eficientes em termos de combustível com impacto ambiental reduzido (ruído, emissões de gases de efeito estufa, etc.);
- d) evitar áreas sensíveis ao ruído;
- e) evitar tráfego bidirecional na mesma rota com rotas paralelas;
- f) fornecer diferentes opções de rota entre dois aeroportos;
- g) melhorar a acessibilidade aos aeroportos; e
- h) melhorar a segurança operacional.” (tradução nossa) (ICAO, 2013, pg. 2-13).

#### 4 CONCLUSÃO

Conforme apontado ao longo do trabalho o projeto PBN-SUL trouxe diversas melhorias para a aviação, possivelmente a maior delas tenha sido a economia de combustível e redução na emissão de CO<sup>2</sup>, através da aplicação de descidas e subidas em perfis ótimos, e principalmente, pela redução nas distâncias voadas.

Através dos números apresentados no trabalho, observou-se que mesmo a menor redução, quando aplicada em uma rota que seja muito utilizada, como é o caso das rotas entre São Paulo e Porto Alegre, Florianópolis e Curitiba, gera uma economia considerável para as empresas, além de reduzir a emissão de gases poluentes, contribuindo para o meio ambiente.

Portanto todas as iniciativas desenvolvidas para implementação de uma circulação aérea mais eficiente devem ser analisadas. Posto isso, sugere-se novos trabalhos que realizem a avaliação acerca das rotas dos Aeroportos de Guarulhos e Congonhas para Florianópolis, uma vez que estas sofreram um aumento considerável nas distâncias, com as mudanças do PBN-SUL, e talvez possam ser otimizadas.

## REFERÊNCIAS

ABEAR. **Você tem ideia de quanto combustível um avião gasta em um voo?** 30/10/2014. Disponível em: <[BASTOS, Alexandre; BAUM, Derick. \*\*Módulo 15 – Tráfego Aéreo.\*\* 17/05/2009. Disponível em: <<http://www2.ita.br/~claudioj/trafegoaereo.pdf>>. Acesso em: 26/11/2020.](https://www.abear.com.br/imprensa/agencia-abear/noticias/voce-tem-ideia-de-quanto-combustivel-um-aviao-gasta-em-um-voo/#:~:text=A%20medida%20em%20massa%20(quilos,27%20mil%20litros%20de%20combust%C3%ADvel.> Acesso em: 25/10/2020.</p></div><div data-bbox=)

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Anuário de transporte aéreo.** 19/10/2018. ANAC, Brasília, 2018.

BRASIL. ANAC. **Tarifas aéreas em 2019: queda de 2,2% no quarto trimestre.** 14/02/2020. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/noticias/2020/tarifas-aereas-em-2019-queda-de-2-2-no-quarto-trimestre>> Acesso em: 25/10/2020.

BRASIL. Ministério da Defesa, DECEA. **Regras do Ar.** ICA 100-12, 05/12/2018. Comando da Aeronáutica, 2018.

BRASIL. Ministério da Defesa, DECEA. **Serviço de Tráfego Aéreo.** ICA 100-37, 13/05/2020. Comando da Aeronáutica, 2020.

CASSOL, Leonardo. **Melhores destinos. Aerovias: quais são e como funcionam as rotas utilizadas pelos aviões.** 21/04/2020. Disponível em: <<https://www.melhoresdestinos.com.br/aerovias-rotas-avioes.html>> Acesso em: 26/11/2020.



DECEA. Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea. **Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo**. Departamento do Controle do Espaço Aéreo. Rio de Janeiro, 2017.

DECEA. Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea. **Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo**. Departamento do Controle do Espaço Aéreo. Rio de Janeiro, 2018.

DECEA. Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea. **Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo**. Departamento do Controle do Espaço Aéreo. Rio de Janeiro, 2019.

DECEA – Departamento do Controle do Espaço Aéreo. **Cartas de Rota**. AISWEB, 2020. Disponível em: <[https://aisweb.decea.gov.br/cartas/rotas/sbxx\\_enrc-h1\\_enrc\\_20181011.pdf?CFID=3fb4a7f8-4e56-45f3-96ac-4cbb905c1ce3&CFTOKEN=0](https://aisweb.decea.gov.br/cartas/rotas/sbxx_enrc-h1_enrc_20181011.pdf?CFID=3fb4a7f8-4e56-45f3-96ac-4cbb905c1ce3&CFTOKEN=0)> Acesso em: 26/11/2020.

DECEA – Departamento do Controle do Espaço Aéreo. **Reestruturação da Circulação Aérea das Áreas De Controle Terminal (TMA) de Curitiba, Florianópolis, Porto Alegre e do ACC-CW com Aplicação do Conceito de Navegação Baseada em Performance na Região Sul (PBN-Sul) e Entrada no Setor Oeste da TMA São Paulo**. Circular de Informação Aeronáutica – AIC N 31/17, 02/10/2017. Comando da Aeronáutica, 2017.

DECEA – Departamento do Controle do Espaço Aéreo. **Espaço Aéreo Brasileiro**. Disponível em: <<https://www.decea.gov.br/?i=quem-somos&p=espaco-aereo-brasileiro>> Acesso em: 26/11/2020.

DECEA – Departamento do Controle do Espaço Aéreo. **SIRIUS. O que é?** Disponível em: <<https://www.decea.gov.br/sirius/index.php/o-sirius/o-que-e-2/>> Acesso em: 15/09/2020.

DECEA – Departamento do Controle do Espaço Aéreo. **Sistema Global de Navegação por Satélites – GNSS**. Circular de Informação Aeronáutica – AIC N 10/09, 09/04/2009. Comando da Aeronáutica, 2009.

ESTADO DE MINAS. Economia. Preço do querosene trava aviação comercial no país. 16/12/2019. Disponível em: <[https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2019/12/16/internas\\_economia,1108496/preco-do-querosene-trava-aviacao-comercial-no-pais.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2019/12/16/internas_economia,1108496/preco-do-querosene-trava-aviacao-comercial-no-pais.shtml)> Acesso em 25/10/2020.

ICAO. **Carbon Emissions Methodology Calculator Methodology**. 2017a. Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx>> Acesso em 18 de outubro de 2020.

ICAO. **Environment.** Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/default.aspx>. Acesso em 03/07/2020.

ICAO. **Global Air Traffic Management Operational Concept.** DOC 9.854 AN/458, 2005. Quebec, Canada.

ICAO. **Manual de Uso da Navegação Baseada na Performance no Planejamento do Espaço Aéreo.** DOC 9.992, 2013. Quebec, Canada.

SCUSSEL, Marcelo. **Navegação Baseada em Performance: vantagens frente à navegação aérea convencional.** Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Brasília, 04 de julho de 2018.

SEU DINHEIRO. **Decreto para zerar tributo em querosene de aviação sai neste ano, diz Secretário.** 15/02/2020. Disponível em: <  
<https://www.seudinheiro.com/2020/economia/decreto-para-zerar-tributo-em-querosene-de-aviacao-sai-neste-ano-diz-secretario/#:~:text=Hoje%2C%20o%20litro%20do%20combust%C3%ADvel%20custa%20aproximadamente%20R%24%203.>>Acesso em 31/10/2020.

TUMELERO, Náina. **Metodologia de pesquisa: Guia rápido de possibilidades.** METTZER, 2019. Disponível em: <https://blog.mettzer.com/metodologia-de-pesquisa/#:~:text=O%20conceito%20de%20metodologia%2C%20de,atingiment o%20do%20objetivo%20da%20pesquisa.&text=Essa%20possibilidade%20de%20falseabilidade%20%C3%A9%20requisito%20da%20ci%C3%Aancia%20e%20do%20m%C3%A9todo%20cient%C3%ADfico>. Acesso em: 12/07/2020.

Revista Brasileira de Aviação Civil  
& Ciências Aeronáuticas