



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AEROESPACIAIS

JAMES GOMES LIMA, 1º Ten Esp CTA

Capacidade de Pista Dinâmica: um novo conceito no uso eficiente da infraestrutura
aeroespacial

Rio de Janeiro

2019

UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AEROESPACIAIS

JAMES GOMES LIMA, 1º Ten Esp CTA

Capacidade de Pista Dinâmica: um novo conceito no uso eficiente da infraestrutura aeroespacial

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais da Universidade da Força Aérea, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Aeroespaciais.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Maurício de Andrade da Silva

Rio de Janeiro

2019

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNIFA

L732 Lima, James Gomes

Capacidade de pista dinâmica: um novo conceito no uso eficiente da infraestrutura aeroespacial / James Lima Gomes. – Rio de Janeiro: Universidade da Força Aérea, 2019.

101 f.: il., enc.

Orientador: Luiz Maurício de Andrade da Silva
Dissertação (mestrado) – Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2019.

Referências: f. 99-101.

1. Capacidade de Pista. 2. Tomada de decisão. 3. Estratégia Nacional de Defesa. I. Título. II. Dionísio, Carlos Cesar de Castro. III. Universidade da Força Aérea.

CDU: 355.412



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AEROESPACIAIS

JAMES GOMES LIMA

**CAPACIDADE DE PISTA DINÂMICA: UM NOVO CONCEITO NO USO EFICIENTE DA
INFRAESTRUTURA AEROESPACIAL**

Dissertação aprovada pelos membros da Banca Examinadora, no dia 21 de novembro de 2019, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea.

Brasília, DF, 21 de novembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. LUIZ MAURÍCIO DE ANDRADE DA SILVA – UNIFA
Presidente da Banca Examinadora



Prof.ª. Dr.ª. MARIA CÉLIA BARBOSA REIS DA SILVA - UNIFA



Prof. Dr. LUIZ ANTONIO GOMES SENNA – UERJ



Prof.ª. Dr.ª. JACQUELINE SANTOS BARRADAS – UNIRIO

À Deus toda honra, toda glória e todo louvor!

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos à Deus por dar-me forças para resistir as adversidades e fé para acreditar que chegaria a este momento tão especial.

À minha esposa pelo amor e apoio incondicionais.

Ao meu orientador pela atenção e pelos ensinamentos dedicados nesta obra.

Ao Prof. Dr. Cel Av Rfm Luiz Fernando Póvoas da Silva, cujos francos conselhos e sugestões me guiaram à conclusão deste trabalho.

À Prof.^a Dra. Maria Célia Barbosa Reis da Silva pelo carinho e pela motivação depositados.

Ao 1º Ten QOEng Civ Msc Rafael de Araújo Almeida pela orientação técnica.

À equipe da Seção de Capacidade de Pista do Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea, pelas incansáveis discussões acerca do tema e pela aplicação prática do que foi desenvolvido neste trabalho.

RESUMO

O Sistema de Pistas, ao lado do Pátio e do Terminal, constitui um dos componentes da Infraestrutura Aeroportuária de relevância na determinação da viabilidade operacional de um aeroporto, no número de operações que o aeródromo poderá suportar sem trazer impactos aos setores de controle de tráfego aéreo; além de representar importante elemento definidor do acesso de companhias aéreas ao mercado aeroportuário brasileiro. A capacidade do sistema de pistas possui distinção ímpar no campo das Relações Internacionais, agregando algumas de suas teorias e realçando o papel do Brasil como principal protagonista na eficiência da Aviação Civil, perante outros membros da Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO). Ademais, com o atual processo de concessões de alguns aeroportos, ditado pelo governo brasileiro, buscando o uso eficiente da infraestrutura aeroportuária e a competitividade do mercado aeroportuário, o incremento da capacidade de pista não deve ser encarado sob a ótica do ente privado e do lucro advindo das operações extras através da absorção de mais companhias aéreas, mas também como política pública constituinte da Estratégia Nacional de Defesa. Ocorre que a possibilidade de majoração da Capacidade do Sistema de Pista tem sido fórum de debates incessantes, questiona-se se alguns dos aspectos da metodologia atualmente empregada têm sido um dos fatores restritivos ao ingresso ao mercado aeroportuário brasileiro. Busca-se por meio deste trabalho contextualizar o leitor acerca da metodologia da capacidade de pista e os fatores determinantes que permitiram a ICAO recomendá-la para os demais países da Região Sul-Americana (Região SAM); procuraremos fazer uma analogia com o que é aplicado na Organização Europeia para a Segurança da Navegação Aérea (EUROCONTROL) e Administração Federal da Aviação (FAA) em busca das melhores práticas empregadas; entende-se que a temática envolve conteúdos ligados ao processo de tomada de decisão, diante de cenários, por vezes complexos, que envolvam a análise de diferentes fatores associados e a escolha de um plano de ação.

Palavras-chave: Capacidade de Pista. Tomada de decisão. Estratégia Nacional de Defesa.

ABSTRACT

The Runway System, adjacent to the Apron and the Terminal, is one of the components of Airport Infrastructure of relevance in determining the operational viability of an airport, in the number of operations that the aerodrome can support without impacting the air traffic control sectors; besides representing an important defining element of the access of airlines to the Brazilian airport market. The runway system capacity has a unique distinction in the field of International Relations, adding some of its theories and highlighting the role of Brazil as the main protagonist in the efficiency of Civil Aviation, before other members of the International Civil Aviation Organization (ICAO). In addition, with the current concession process of some airports, dictated by the Brazilian government, seeking the efficient use of airport infrastructure and the competitiveness of the airport market, the increase in lane capacity should not be viewed from the perspective of the private entity and of the profit coming from the extra operations through the absorption of more airlines, but also as public policy constituent of the National Strategy of Defense. The possibility of increasing the runway capacity has been a forum for incessant debates, it is questioned if some of the aspects of the methodology currently employed have been one of the restrictive factors to enter the Brazilian airport market. The objective of this work is to contextualize the reader about the methodology of the runway capacity and the determining factors that allowed ICAO to recommend it to the other countries of the South American Region (SAM Region); we will try to make an analogy with what is applied in European Organization for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL) and Federal Aviation Administration (FAA) in search of the best practices employed; it is understood that the topic involves the contents linked to the decision-making process, in the face of sometimes complex scenarios involving the analysis of different associated factors and the choice of a plan of action.

Keywords: *Runway Capacity. Decision Making. National Defense Strategy.*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	MOTIVAÇÕES	22
3	PROBLEMA DA PESQUISA	25
3.1	Considerações iniciais	25
3.2	Caracterização da questão-problema	29
3.3	Objetivos da Pesquisa.....	29
3.4	Justificativa e relevância.....	30
3.5	Limitações da pesquisa.....	39
3.6	Metodologia científica.....	40
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	42
4.1	Processo de tomada de decisão	45
5	SERVIÇO DE GERENCIAMENTO DE FLUXO DE TRÁFEGO AÉREO	51
6	METODOLOGIA DA CAPACIDADE DE PISTA.....	56
6.1	Metodologia europeia de capacidade de pista.....	56
6.2	Metodologia americana de capacidade de pista.....	65
6.3	Metodologia brasileira de capacidade de pista.....	71
7	CAPACIDADE DE PISTA E ATRASO	75
8	CAPACIDADE DE PISTA E METEOROLOGIA.....	82
9	PROJETO ORION.....	86
9.1	Do aumento percentual da capacidade de pista.....	88
9.2	Do desbalanceamento das operações de pouso e de decolagem..	89
10	POSSÍVEIS CAMINHOS EMPREGADOS PARA O ESTABELECIMENTO DO DESBALANCEAMENTO ENTRE DECOLAGEM E POUSO.....	91
10.1	Envelope de Capacidade ou Curva de Pareto.....	91
10.1.1	Limitações da técnica.....	92
10.2	Simulação em tempo acelerado.....	93

10.2.1	Limitações da técnica.....	95
11	ESTUDO DE CASO: AEROPORTO INTERNACIONAL DE RECIFE...	96
12	CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	103
	REFERÊNCIAS.....	109

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sequenciamento de aeronaves com destino ao aeroporto de Guarulhos-SP às 05:42 Horário Local	23
Figura 2 - Sequenciamento de aeronaves com decolagem do aeroporto de Guarulhos-SP às 22:50 Horário Local.....	24
Figura 3 - Carta de Aeródromo de Recife e infraestrutura aeroportuária.....	27
Figura 4 - Projeções de movimentação de passageiros no Brasil (em milhões de passageiros).....	30
Figura 5 - Histórico de capacidade dos aeroportos do Brasil (em milhões de passageiros).....	31
Figura 6 - Panorama aeroportos da INFRAERO.....	32
Figura 7 - Participação da INFRAERO e Concessionárias.....	33
Figura 8 - Ranking de aeródromos 2017.....	37
Figura 9 - Relação Capacidade de Pista e Capacidade Aeroportuária – Caso Viracopos.....	39
Figura 10 - Condições meteorológicas durante Winter 2016 e Summer 2016.....	47
Figura 11 - Movimento no aeroporto de Congonhas em 8 de junho de 2017.....	48
Figura 12 - Tomada de decisão baseada no conceito de árvore simples.....	49
Figura 13 - Relação entre Capacidade, Demanda e Atraso.....	52
Figura 14 - Fases ATFM.....	55
Figura 15 - Estados membros da EUROCONTROL.....	57
Figura 16 - Fatores que afetam a capacidade de pista.....	58
Figura 17 - Contexto da avaliação da capacidade.....	59
Figura 18 - Definições de capacidade comparadas aos processos de gerenciamento do fluxo e de <i>slot</i>	62
Figura 19 - Ilustração de Pareto conforme operação de Pousos e Decolagens verificados em determinada pista.....	64
Figura 20 - Centros de Controle de Área da FAA.....	66
Figura 21 - Curva de Capacidade do Aeroporto Internacional de Boston Logan...	68
Figura 22 - Capacidade conforme alguns exemplos de configuração do sistema de pistas.....	69

Figura 23 - Método cartas/mamógrafos.....	70
Figura 24 - Regiões de Informação de Voo e de Defesa Aeroespaciais (FIR/RDA).....	71
Figura 25 - Performance do aeroporto JFK – Eficiência.....	76
Figura 26 - Performance do aeroporto JFK – Capacidade.....	77
Figura 27 - Cenário 1 - Relação pousos x atrasos.....	78
Figura 28 - Cenário 2 - Relação pousos x atrasos.....	79
Figura 29 - Informe mensal – maio 2019.....	80
Figura 30 - Análise pós-operacional outubro/2015.....	83
Figura 31 - Capacidade de pista de alguns dos principais aeroportos americanos.....	84
Figura 32 - Envelope de capacidade de uma determinada amostra.....	91
Figura 33 - Curva de Capacidade de Recife (SBRF).....	92
Figura 34 - Execução orçamentária para a manutenção do TAAM, em US\$.....	94
Figura 35 - Execução orçamentária para a manutenção do TAAM, em R\$.....	94
Figura 36 - Participação no movimento do aeroporto de Guararapes.....	96
Figura 37 - Imagem layout TAAM com o ponto de espera na taxiway "M".....	98
Figura 38 - Carta de aeródromo do aeródromo de Recife.....	99
Figura 39 - Gráfico de movimentos/hora	99
Figura 40 - Gráfico de carga de trabalho por hora.....	100
Figura 41 - Repercussão com a nova capacidade de pista em Brasília.....	102
Figura 42 - Capacidade projetada versus contagem irrestrita para cada modelo de capacidade com dados do aeroporto SFO.....	107
Figura 43 - Capacidade projetada versus contagem irrestrita para cada modelo de capacidade com dados do aeroporto LAX.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Concessões aeroportuárias.....	34
Tabela 2 - Rotas mais movimentadas nas Américas em número de passageiros.....	38
Tabela 3 - Metodologias de Capacidade de Pista	74
Tabela 4 - Picos de demanda. Horário de Brasília.....	97
Tabela 5 - Gráfico de movimentos/hora.....	100
Tabela 6 - Capacidade de Pista com o desbalanceamento entre pousos e decolagens.....	101

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AAL	Administrador Aeroportuário Local
ACAM	<i>Airport Capacity Assessment Methodology</i>
AGA	<i>Aerodromes, Air Routes and Ground Aids</i>
AIM	Gerenciamento de Informações Aeronáuticas
ANAC	Agência da Aviação Civil
APP	Controle de Aproximação
ARR	Pouso
ATC	Controle de Tráfego Aéreo
ATCT	<i>Air Traffic Control Tower</i>
ATFM	Serviço de Gerenciamento de Tráfego Aéreo
ATL	Aeroporto Internacional Hartsfield-Jackson de Atlanta
ATM	<i>Air Traffic Management</i>
ATOT	<i>Actual Take-Off Time</i>
ATS	Serviço de Tráfego Aéreo
BSB	Brasília
CAG	Circulação Aérea Geral
CAR-SAM	Caribe e América do Sul
CBA	Código Brasileiro de Aeronáutica
CDM	<i>Collaborative Decision Making</i>
CGH	Congonhas
CGNA	Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea
CHS	Capacidade Horária do Setor do Espaço Aéreo
CNS	Sistema de Comunicação, Navegação e Vigilância
CTOT	<i>Calculated Take-Off Time</i>
DCA	Diretriz do Comando da Aeronáutica
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DEP	Decolagem
EASA	<i>European Union Aviation Safety Agency</i>
EUROCONTROL	<i>European Organization for the Safety of Air Navigation</i>

FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FAP	Fixo de Aproximação Final
IATA	Associação Internacional de Transportes Aéreos
ICA	Instrução do Comando da Aeronáutica
IFR	Regras de Voo de Instrumento
ILS	Sistema de Pouso por Instrumento
IMC	Condições de Voo Instrumento
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
MCA	Manual do Comando da Aeronáutica
MCA	Manual do Comando da Aeronáutica
MET	Meteorologia
NextGen	<i>Next Generation Air Transportation System</i>
NMOC	<i>Network Manager Operations Centre</i>
ICAO	Organização da Aviação Civil Internacional
OAG	<i>Official Airline Guide</i>
OM	Marcador Externo
OPM	Operações Militares
ORION	Projeto de Otimização, Reestruturação e Inovação Operacional
PCA	Plano do Comando da Aeronáutica
PDIR	Plano Diretor Aeroportuário
PIATA NEO	<i>Performance Indicator Analyses Tool for Airports</i>
SAM	South America
SAR	Busca e Salvamento
SBRF	Aeroporto de Guararapes - Gilberto Freyre/Recife
SDOP	Subdepartamento de Operações
SESAR	<i>Single European Sky ATM Research</i>
SIGA	Sistema Integrado de Gestão Administrativa
SIGMA	Sistema de Gestão Integrada de Movimento Aéreo
SISCEAB	Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro
SNAC	Secretaria Nacional de Aviação Civil
STA	Simulação em Tempo Acelerado
TAAM	<i>Jeppesen Total Airspace and Airport Modeler</i>

TATIC	<i>Total Air Traffic Information Control</i>
TMA	Área de Controle Terminal
VFR	Regras de Voo Visual
VHF	<i>Very High Frequency</i>
VMC	Condições de Voo Visual
WSG	Diretrizes Mundiais de <i>Slot</i>

1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é enumerar aspectos a serem considerados no cálculo da capacidade do sistema de pistas, que permitam o atendimento da demanda variável por um determinado tipo de operação – pouso ou decolagem – nos aeroportos brasileiros, seja diante da perspectiva de crescimento da demanda pelo transporte aéreo, seja em momentos de crises no setor que provoca a concentração de voos em horários mais específicos. Tais apontamentos, considerados a partir de práticas e métodos implementados por diferentes organizações da aviação civil, como FAA e EUROCONTROL, podem indicar alguns limitadores da metodologia atualmente empregada que interferem no uso eficiente da infraestrutura aeroespacial. Ademais, busca-se lançar luz ao leitor acerca da metodologia brasileira da capacidade do sistema de pista, conforme o Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 100-14 e, indicar os motivos que levaram a Organização da Aviação Civil (ICAO) de recomendá-la como método uniforme a ser empregado aos países da região SAM (América do Sul).

Utilizaremos a partir daqui o termo pista ou sistema de pistas como “área retangular definida em um aeródromo em terra, preparada para pousos e decolagens de aeronaves” (AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, 2012, p. 12).

O Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (CGNA) é a Organização Militar subordinada ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) que tem por missão:

“ a harmonização do gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo e das demais atividades relacionadas com a navegação aérea, proporcionando a gestão operacional das ações correntes dos processos de Gerenciamento do Tráfego Aéreo (ATM) e de infraestrutura relacionada, visando à suficiência e à qualidade dos serviços prestados no âmbito do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB)”. (BRASIL, 2017)

Na visão do Comando da Aeronáutica, expressa na Concepção de Emprego Operacional de Recursos do DECEA pela Força Aérea Brasileira, tema do MCA 63-18, o CGNA é apresentado como:

“o órgão operacional central do DECEA, com sede no Rio de Janeiro-RJ, responsável por assegurar o balanceamento entre a capacidade de atendimento do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro e a demanda dos movimentos aéreos do País, inclusive das aeronaves da FAB, voando sob as regras da CAG, sob controle efetivo dos Órgãos ATC e, que atua estratégica e taticamente, buscando minimizar impactos decorrentes da flutuação do equilíbrio entre capacidade e demanda, a fim de garantir a segurança das operações, a regularidade e a pontualidade dos voos”. (BRASIL, 2016, p. 19)

De competência do CGNA incluem várias medidas com impacto direto na Circulação Aérea Geral (CAG), isto é, aviação comercial¹ e aviação geral². Desta forma, monitoramento de inoperâncias dos auxílios à navegação aérea, gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo, gerenciamento do espaço aéreo, análise de intenções dos voos comerciais, análise de impactos à CAG por conta de grandes eventos, cálculo da capacidade pista e de setores do espaço aéreo, processo de decisão colaborativa com participação de representantes de companhias aéreas e da administração aeroportuária, entre outros são algumas das ações empregadas por esta importante Organização do SISCEAB com o intuito de manter o fluxo de tráfego aéreo seguro, ordenado e eficiente.

Entre os desafios enfrentados pelo CGNA está o cálculo da capacidade de pista, que representa o número de operações de pouso e de decolagem por hora suportável em um determinado aeroporto do país que leva em consideração a capacidade dos setores do espaço aéreo, principalmente a dos setores de aproximação e de decolagem.

O MCA 100-14 prevê que a metodologia aplicável para o cálculo da capacidade do sistema de pista de qualquer aeródromo no país deve levar em consideração que a cada duas operações de pouso há uma decolagem, desta forma há o equilíbrio entre as operações, de forma que 50% das operações serão de pouso e os outros 50% das operações, de decolagem. Aliado ao balanceamento entre pousos e decolagens, a capacidade de pista praticada em geral está limitada a 80% da capacidade horária

¹ Segundo Glossário da ANAC, aviação comercial é um “conjunto que inclui as técnicas e as ciências necessárias para a fabricação, manutenção e operação segura de aeronaves destinadas ao transporte de carga e/ou passageiros. Os primeiros voos comerciais foram feitos no começo da primeira guerra mundial, nos Estados Unidos da América, e expandiram-se rapidamente após o fim da guerra. Atualmente, existem centenas de linhas aéreas que transportam passageiros e carga em todos os 5 continentes”. Disponível em: http://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_ing/tr1327.htm. Acesso em: 22 ago. 2019.

² Segundo o mesmo Glossário da ANAC, aviação geral abrange todas as operações de aviação civil que não configurem transporte aéreo público de passageiros ou carga. Disponível em: http://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_ing/tr2159.htm. Acesso em: 22 ago. 2019.

máxima de um aeroporto. Os 20% restantes estão reservados às demandas táticas, com parâmetros imprevisíveis, como o atendimento a voos alternados³ e possíveis contingências tais como: condições meteorológicas adversas no aeroporto de destino, voos de emergência; além de voos da aviação geral e voos militares.

A premissa supracitada, chamada de Capacidade Teórica de Pista, admite uma capacidade do sistema de pista máxima única durante toda a operação em um aeródromo, não fazendo a distinção na vocação do aeroporto, além da tendência em determinados horários de maior número de operação de pouso ou de decolagem, isto é, desequilíbrio entre as operações.

Acontece que o valor da capacidade de pista serve de subsídio para vários setores dentro do CGNA e fora deste Centro, com impactos diretos inclusive na viabilidade operacional do aeroporto. É a capacidade de pista que indicará se um aeroporto está saturado ou não, isto é, operando além dos seus limites da infraestrutura disponível; impactará diretamente no espaço aéreo; determinará a aprovação de solicitações de mais voos de companhias aéreas em um aeroporto; constituirá elemento de decisão durante a operação tática se determinado voo sofrerá medidas de gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo⁴, entre outras ações. A capacidade do sistema de pista constitui um dos parâmetros adotados pela ANAC para aprovação do acesso de companhias aéreas estrangeiras no território brasileiro por ocasião da Conferência de *Slots*.⁵

Jesus Júnior; Pereira e Júnior Ferreira (2013) apontam como uma das dificuldades de acesso ao mercado aeroportuário brasileiro o limite imposto pela metodologia utilizada atualmente no cômputo da capacidade de pista. A quebra do paradigma de cálculo da capacidade do sistema de pistas, superando o conceito Capacidade Teórica de Pista, isto é, o mesmo limite de números de operações por hora em diferentes contextos operacionais em um aeroporto tem evidenciado um

³ Voo alternado é aquele que se dirige para um aeródromo alternativo, isto é, aquele aeródromo para o qual uma aeronave poderá prosseguir, quando não for possível ou desaconselhável prosseguir para pouso no aeródromo de destino previsto em plano de voo.

⁴ Segundo a ICA 100-22, que trata do Serviço de Gerenciamento do Fluxo de Tráfego Aéreo, em seu item 1.4.20, medidas de gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo “são procedimentos adotados visando maximizar o uso das capacidades declaradas e/ou ajustar o fluxo de tráfego aéreo, ao longo de uma determinada rota ou em um determinado aeródromo, de forma a evitar desbalanceamento”.

⁵ “A Conferência Slot é uma conferência de trabalho. Como parte do processo de *slot*, a finalidade desta assembleia voluntária, que congrega companhias aéreas IATA e não IATA em todo o mundo, é proporcionar um fórum para a alocação de faixas horárias (*slots*) nos aeroportos inteiramente coordenados (nível 3) e para a obtenção de consenso nos ajustes de horários necessários para estar em conformidade com as limitações de capacidade dos aeroportos (nível 2). A semianual (junho e novembro) Conferência de *Slot* é o maior evento da IATA. Os procedimentos operacionais da Conferência são publicados nas Diretrizes Mundiais de *Slot* (WSG)”. Disponível em: <http://www.iata.org/policy/infrastructure/slots/Pages/conference.aspx>. Acesso em: 31 maio 2017.

trabalho desafiador, já que não procuraremos nos abster das possíveis implicações nos setores do espaço aéreo, sobretudo os de aproximação e de saída em uma Área de Controle Terminal⁶ e na segurança operacional.

Pretende-se aqui introduzir um conceito até então novo no Brasil, mas reconhecido pela Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO), dentro das suas recomendações dirigidas aos seus Estados membros. Passaremos a adotar o conceito de **Capacidade de Pista Dinâmica**, como aquela que propicia a adaptação da capacidade à demanda prevista para alguns horários e que permite variarmos a relação entre o número de operações de pouso ou de decolagem além da distribuição equânime, dentro da concepção ampla de manutenção da segurança operacional.

A aplicação do conceito de Capacidade de Pista Dinâmica, através de uma abordagem científica, busca congrega a complexidade de conteúdos necessários à constituição dessa formulação acadêmica que se apresentam de forma multidisciplinar, possuindo elementos inerentes ao *Air Traffic Management* (ATM), conceitos mais específicos de Navegação Aérea e Performance de Aeronaves, conteúdos que envolvem o emprego do Poder Aeroespacial, com impactos diretos em seus elementos, sobretudo a aviação civil e a infraestrutura aeroespacial; além de considerar questões de cunho econômico e da soberania nacional. Através da junção coordenada desses conceitos multidisciplinares, o trabalho ressalta o papel de vanguarda que o Brasil ocupa dentro do contexto do ATM na América Latina, eleva o papel do Brasil na Relação Internacional, intensificando a “projeção do Brasil no concerto das nações e sua maior inserção em processos decisórios internacionais”, conforme, preconizado pela Política Nacional de Defesa.

O tema em tela tem sua importância, primeiramente por repercutir diretamente em resultados práticos, diante da nova realidade de incremento da demanda em horários específicos na operação de um aeródromo. Ademais, essas ações corroboram com o aumento no acesso ao mercado aeroportuário brasileiro, o que reflete em ganhos em termo econômico e em reforço da relação do Brasil com os diversos atores transnacionais.

A concepção da Capacidade de Pista Dinâmica não tem o condão de negar a metodologia atualmente aplicada, mas a esse entendimento acrescenta um novo

⁶ Segundo ICA 100-37, Área de Controle Terminal é “área de controle situada geralmente na confluência de rotas ATS e nas imediações de um ou mais aeródromos”. Refere-se à região do espaço aéreo próxima aos aeroportos em que as aeronaves se encontram normalmente em procedimentos de descida para pouso ou de subida para o nível de cruzeiro, tais aeronaves encontram-se sob orientações ou vigilância de um controlador de tráfego aéreo de um órgão de Controle de Aproximação (APP).

olhar, diante da necessidade de atendimento à demanda e uso eficiente da infraestrutura disponível. Assim, entende-se que a temática envolve conteúdos ligados ao processo de tomada de decisão, diante de cenários, por vezes complexos, que envolvam a análise de diferentes fatores associados e a escolha de um plano de ação.

Cabe salientar que este trabalho adere à Linha de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais da Universidade da Força Aérea, dedicada ao “Poder Aeroespacial Brasileiro, Segurança e Defesa”, harmoniza-se com o núcleo temático de emprego do Poder Aeroespacial, como fator de desenvolvimento econômico-social e de atendimento às demandas formuladas pela Política de Estado Brasileira, consoante preconizado na Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA 1-1/2012). Busca-se promover assim o desenvolvimento do setor de aviação civil, fundamental para o desenvolvimento econômico e social do país e importante no atendimento às necessidades complementares da Aeronáutica.

Essa formatação interdisciplinar apoia-se também nos dados estatísticos produzidos pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), além de duas ferramentas de alta tecnologia, quais sejam, o SIGMA (Sistema de Gestão Integrada de Movimento Aéreo) e o TAAM (*Jeppesen Total Airspace and Airport Modeler*).

Estamos diante de um tema que congrega diversos componentes, tais como: necessidade, em atendimento a uma demanda específica dos setores privados da aviação ligados ao apelo econômico e competitivo; segurança operacional, exigida nos setores de controle de tráfego aéreo (ATC); além da inovação e eficiência que se coadunam com ampliação dos saberes necessários ao fortalecimento da Força Aérea Brasileira.

2 MOTIVAÇÕES

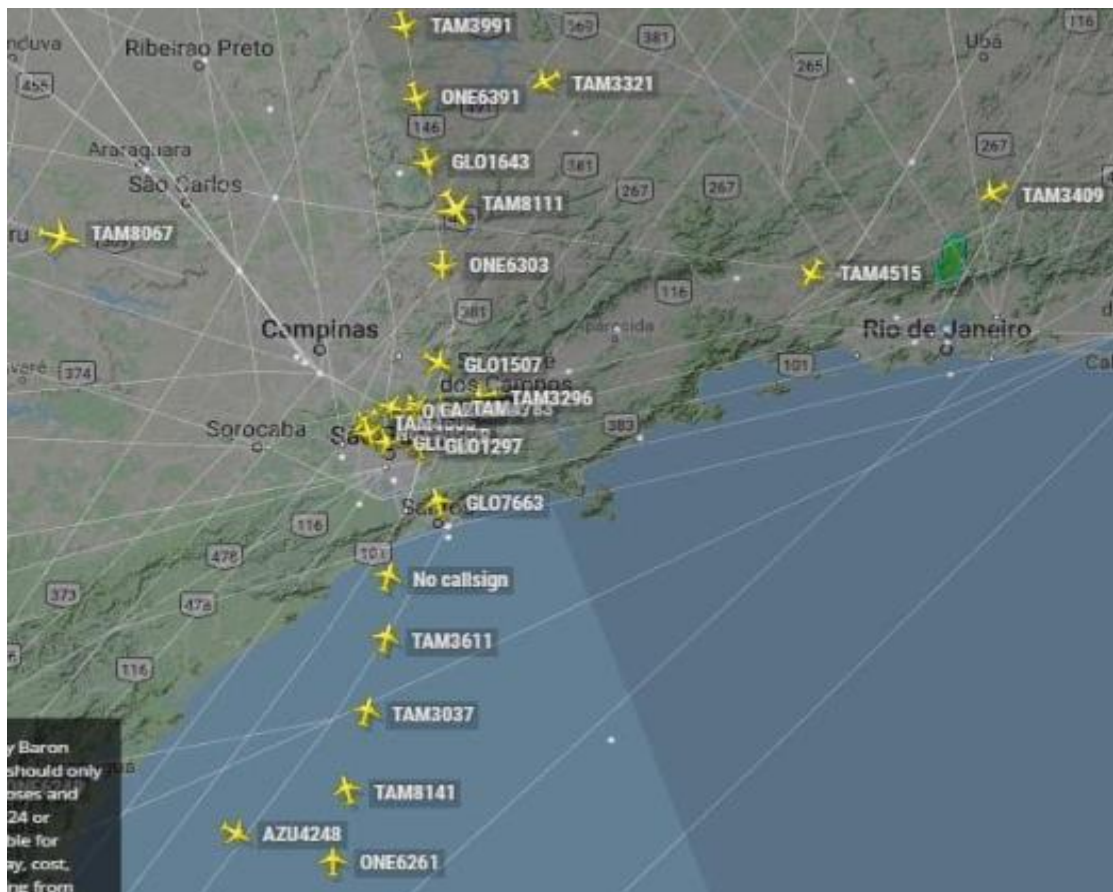
O processo de aprovação de qualquer voo no Brasil, de uma maneira bem resumida, inclui a confirmação, por parte dos setores responsáveis, da disponibilidade das infraestruturas aeroportuárias e aeronáuticas, de acordo com o horário proposto pelas empresas aéreas, além do processo de homologação de aeronaves, pilotos e certificações. Sendo assim, qualquer solicitação de operação de linha aérea se submete a aprovações de certificados de aeronavegabilidade a cargo do órgão regulador, no nosso caso a ANAC; de disponibilidade de capacidade de pátio e de terminal de passageiros, a cargo da Administração Aeroportuária Local ou Concessionárias e da provisão de capacidade do sistema de pistas e capacidade dos setores do espaço aéreo, a cargo do CGNA.

Uma vez obtida a aprovação por parte de todos esses órgãos governamentais e ente privado, conforme a proposta de horário de operação, a companhia aérea obtém autorização para operar no aeroporto e no espaço aéreo brasileiro. O ato que se segue inclui, por parte do setor de planejamento das empresas aéreas, da submissão, da linha aprovada, à venda aos usuários do transporte aéreo; podendo esta malha ser ou não ao final voada conforme a quantidade de assentos vendidos e viabilidade operacional do voo.

Em um caso bastante emblemático, o responsável pelo planejamento operacional da companhia aérea Air France em 2016 tentava obter autorização de operação de um de seus voos, com origem de Charles de Gaulle e destino final para o aeroporto internacional do Rio de Janeiro – Galeão; ocorre que, esta companhia francesa obteve autorização de todos os órgãos conforme suas áreas de atuação e, enfrentava limitação no que tange à capacidade do sistema de pistas do aeroporto carioca por ser o 23º voo a operar na hora proposta; contando que sua capacidade de pista, à época, era 44 movimentos/hora, isto é, a cada hora deve ser aprovado o limite 22 pousos e 22 decolagens. Será que este voo constituirá um grande caos ao sistema de pista do Galeão e do espaço aéreo brasileiro, há cerca de 6 meses antes da sua operação? Uma vez aprovado o 23º voo para o Galeão, por que não aprovar a 24ª ou a 25ª operação em determinada hora? De certo modo, a metodologia brasileira constitui impeditivo a esta operação ao não permitir a aprovação além da distribuição equânime entre pousos e decolagens por hora.

Ocorre que a distribuição entre pousos e decolagens possui comportamento irregular de acordo com o horário de operação de um aeroporto, um exemplo no aeroporto de Guarulhos, o mais movimentado do país em termos de voos internacionais, verifica-se pela manhã (Figura 1) um grande fluxo de pousos de aeronaves oriundas da América do Norte, da América do Sul e da Europa, que exigiria mais emprego da infraestrutura aeroportuária para as operações de pouso do que de decolagem; o movimento contrário comprova-se no horário noturno (Figura 2). Admitir uma distribuição igual entre pousos e decolagens no aeroporto seria aceitar que o comportamento da demanda para determinado aeroporto é a mesma em todo o seu horário de funcionamento.

Figura 1 - Sequenciamento de aeronaves com destino ao aeroporto de Guarulhos-SP às 05:42 Horário Local



Fonte: Flightradar24⁷ (2018)

⁷ "O Flightradar24 é um website que disponibiliza a visualização de aviões do mundo todo, em tempo real, através de mapas; os mapas são fornecidos pela Google". Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Flightradar24>. Acesso em: 22 ago. 2019.

Figura 2 - Sequenciamento de aeronaves com decolagem do aeroporto de Guarulhos-SP às 22:50 Horário Local



Fonte: Flightradar24 (2018)

A exigência de uma análise pormenorizada da metodologia atinente à capacidade do sistema de pistas insere-se ainda no contexto de privatizações dos principais aeroportos brasileiros e, de grandes investimentos na ampliação da capacidade de pátio e de terminal de passageiros, por parte das Concessionárias, para atendimento à demanda pelo transporte aéreo cada vez mais crescente; tal política, de cunho governamental, se mostrará inócua se paralelamente não se verificar o esforço dos vários *players* na expansão de possibilidades do uso eficiente da infraestrutura aeroportuária, como este trabalho se propõe no que tange à capacidade de pista, a qual se deseja dinâmica.

3 PROBLEMA DA PESQUISA

3.1 Considerações iniciais

O foco do nosso estudo é possibilitar o amparo de casos em que a demanda prevista para o aeroporto varia da distribuição equânime entre suas operações, dentro do entendimento ditado pelo contexto operacional. Busca-se, assim, o dinamismo da capacidade de pista, conforme a demanda prevista e diversos fatores de ordem tática exigirem; sem deixar de lado a peculiaridade do espaço aéreo e infraestrutura aeroespacial disponível. A pretensão será de fato a otimização e a eficiência da infraestrutura aeroespacial como meio de promoção do controle e da vigilância do espaço aéreo. Assevera neste sentido o item 4.2.2.3 da Diretriz do Comando da Aeronáutica (DCA) 1-1/2012:

4.2.2.3 Infraestrutura Aeroespacial

4.2.2.3.1 É o conjunto de instalações e serviços, militares e civis, que proporciona o apoio necessário às atividades aeronáuticas e espaciais do País. Tal infraestrutura é essencial para promover o controle e a vigilância do espaço aéreo, a segurança da navegação aérea e a operação segura e eficiente da aviação no espaço aéreo brasileiro. Ademais, o conjunto de aeródromos civis, somado à infraestrutura aeronáutica militar, aumenta a mobilidade dos Meios de Força Aérea, à medida que permite o seu emprego nas diversas regiões do País. (BRASIL, 2012, p. 36)

Mister esclarecer que a infraestrutura aeroespacial é um dos elementos constituinte do Poder Aeroespacial brasileiro, conforme item 4.2.2 do mesmo diploma legal:

4.2.2 Os elementos constitutivos do Poder Aeroespacial Brasileiro são: a Força Aérea Brasileira, a Aviação Civil, a Infraestrutura Aeroespacial, a Indústria Aeroespacial e de Defesa, o Complexo Científico-Tecnológico Aeroespacial e os Recursos Humanos Especializados em Atividades Relacionadas ao Emprego Aeroespacial. (BRASIL, 2012, p. 35)

Portanto, os aeródromos brasileiros e a aviação civil se revestem de uma importância singular quando se diz respeito às questões de Defesa Nacional e a possibilidade de emprego dos seus recursos diante de um conflito bélico.

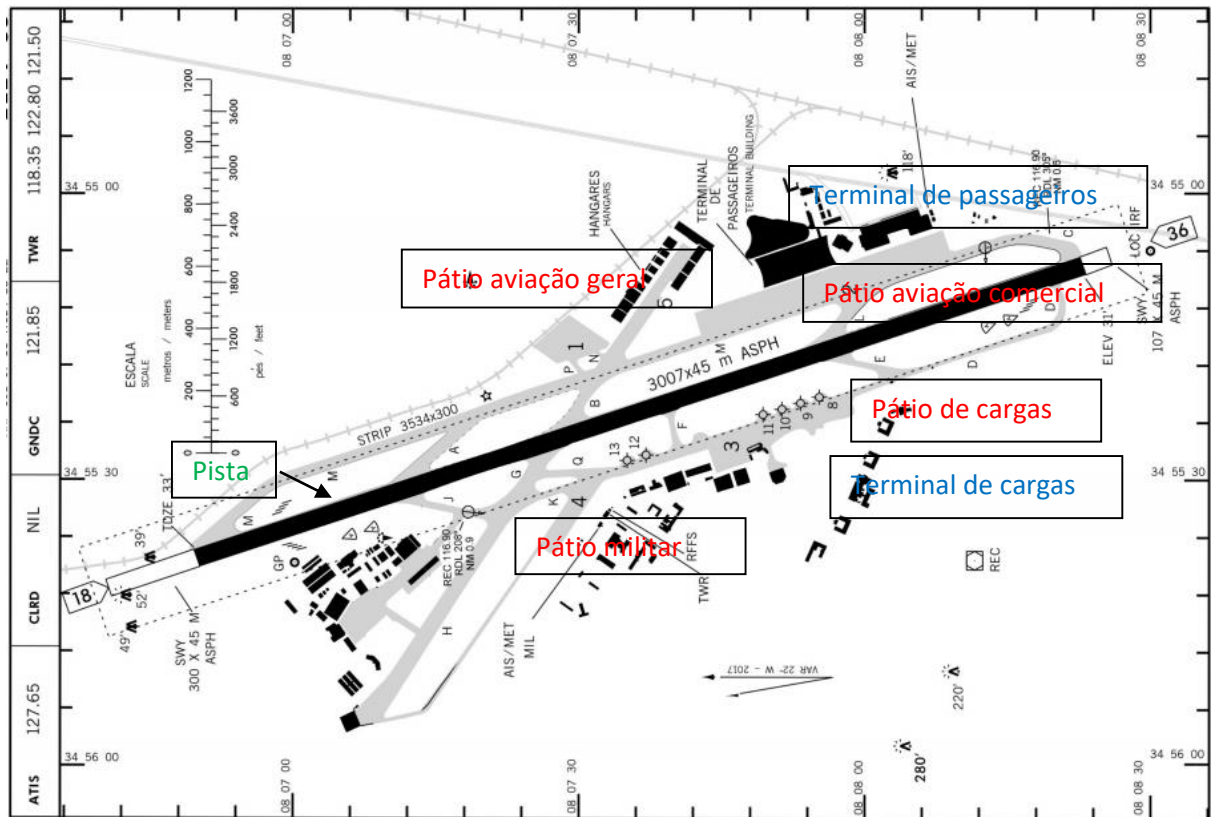
Neste sentido, verifica-se que grande parte dos principais aeroportos brasileiros eram sedes de Bases Aéreas ou foram construídos no período da II Guerra Mundial como meio estratégico de defesa contra qualquer ameaça externa, tendo suas instalações compartilhadas, logo após este evento, às finalidades da aviação civil, em um verdadeiro processo conhecido como *spin-off* que, segundo Dagnino (2008, p.115), constitui “efeito de transbordamento ou ‘espirramento’ dos resultados tecnológicos e econômicos desencadeados pelo gasto militar no setor da defesa para o setor civil da economia”.

Para os fins da aviação civil, toda a infraestrutura, outrora dedicada tão somente à aviação militar, teve que sofrer adaptações para a recepção de passageiros, cargas e atividades diversas como vigilância sanitária, polícia federal, receita federal, núcleos jurídicos de proteção ao consumidor, lojas, dentre outras que transformaram o ambiente aeroportuário em um verdadeiro complexo de suporte às pessoas e às operações no aeroporto.

Quando falamos em infraestrutura aeroportuária, estamos nos referindo a este complexo formado basicamente pelos seguintes componentes: pátio, terminal de passageiros e de cargas e pista (ou sistema de pistas). Este último tem-se mostrado como aquele com o maior potencial de constituir gargalo para as operações de um aeroporto. Dado que, de uma forma geral, enquanto a estrutura de grande parte dos aeroportos possui pátios exclusivos e dedicados à cada atividade, por exemplo, às aeronaves militares, às aeronaves executivas, às aeronaves comerciais, às aeronaves de carga, aos aeroclubes etc.; há terminais distintos de atendimento a essas atividades, como terminal de passageiros, terminal de cargas, hangar de aeroclubes. A pista é o componente da infraestrutura aeroportuária para onde, de maneira peculiar, convergem todas essas operações, independente da complexidade do aeroporto (Figura 3).

Deste modo, torna-se inócuo todo o esforço de construção de um lado, de um verdadeiro *shopping center* para atendimento às milhões de pessoas que circulam pelo aeroporto, ou esteiras que transportam passageiros e bagagens de um ponto ao outro do terminal, ou ainda, posições no pátio para receberem diversas companhias aéreas se, do outro lado, tivermos o componente da infraestrutura aeroportuária pista com limitações em sua capacidade de processamento de toda esta demanda exigida e impulsionada pelo crescimento econômico e pelas necessidades sazonais.

Figura 3 - Carta de Aeródromo de Recife e infraestrutura aeroportuária



Fonte: AISWEB⁸ (2018)

Além de possuir esta distinção, a pista é quem determina o número de operações possíveis no aeródromo, portanto é notório concluir o interesse que desperta este relevante componente da infraestrutura aeroportuária, seja devido ao cunho arrecadatório com novas operações para a Administração Aeroportuária e companhias aéreas, seja pelo caráter estratégico do Estado.

O modelo gerencial dos aeroportos brasileiros aponta para uma repartição de competências quanto à gestão da capacidade dos componentes aeroportuários críticos (pátio, terminal e pista); cabendo à administração aeroportuária local (AAL) a medição e definição quanto ao limite de operações do pátio e do terminal, em contrapartida, ao DECEA, por meio do CGNA, a definição da capacidade de pista. Porém cabe à AAL ou operador aeroportuário a publicação dos valores de capacidade

⁸ "O AISWEB é um conjunto de serviços desenvolvidos pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) que tem objetivo a divulgação de Informações Aeronáuticas produzidas pelo Instituto de Cartografia Aeronáutica (ICA), sendo assim a fonte oficial para obtenção desse tipo de informações no Brasil". Disponível em: <https://www.aisweb.aer.mil.br/> Acesso em: 23 ago. 2018.

desses componentes⁹, conforme estabelecido no Art. 7º da Resolução nº 440 da ANAC, assim vejamos:

Art. 7º Os operadores aeroportuários devem publicar suas capacidades operacionais de pátio e de terminal e as condições operacionais, conforme calendário de atividades, considerando os regulamentos de segurança e certificação expedidos pela ANAC.

Parágrafo único. As capacidades operacionais de pista e respectivas regras de alocação estabelecidas em conjunto com os provedores de serviços de navegação aérea deverão ser publicadas pelo operador aeroportuário. (AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, 2017).

Costuma-se identificar aeroporto como “essential facility” ou “insumo essencial”, termo emprestado do Direito Econômico que põe o aeroporto no rol das infraestruturas “à qual o acesso é fundamental para a provisão de bens ou serviços em um determinado mercado e cuja duplicação não é economicamente eficiente ou razoável¹⁰”. Esta teoria fundamenta-se no compartilhamento compulsório de redes e infraestruturas monopolizadas por um agente econômico com os demais agentes de mercado ou concorrentes, com o claro objetivo de garantir o uso eficiente da infraestrutura e a livre concorrência, fatores estes que se mostram satisfatórios aos interesses da coletividade.

Neste sentido, a concepção do aeroporto como “essential facility” pode constituir limite à concessionária de aeroportos em seu poder de restringir suas operações a uma fatia da aviação que a traga lucro direto, constituída pela aviação comercial e, impedir o ingresso de outros entes, como aviação geral, executiva, de cargas que igualmente terão direito ao uso da sua área patrimonial.

O que se verifica de fato é que a abordagem da capacidade de pista e de sua metodologia é difusa e, atrela conteúdos e conceitos ligados à Ciências Econômicas,

⁹ Este modelo é bastante recente, anteriormente à 25 de março de 2018 cabia à ANAC a publicação da capacidade operacional de pátio, terminal e pista, a partir de consulta direta aos Administradores Aeroportuários e CGNA; porém alegando harmonização às melhores práticas internacionais e dedicação a sua atividade fim, aquela Agência, após intensos debates e audiências públicas com as partes interessadas resolve baixar esta norma que estabelece as regras para o processo de registro dos serviços de transportes aéreo, o que representou mudanças no processo de análise de proposta de solicitações de voo e culminou na responsabilidade por parte do AAL quanto à publicação das capacidades dos componentes aeroportuários críticos.

¹⁰ AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Exposição de motivos**. Proposta de resolução que dispõe acerca de mecanismo de realocação de horários de partida e de chegada em aeroportos que operam no limite da sua capacidade, em substituição às regras estabelecidas na Resolução ANAC nº 2, de 3 de julho de 2006. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/participacao-social/audiencias-e-consultas-publicas/audiencias/2013/aud02/justificativa.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2018.

à Administração, à Defesa, à Política Pública, às Relações Internacionais, dentre outros, o que confere ao tema seu viés multidisciplinar.

3.2 Caracterização da questão-problema

Procura-se com a pesquisa responder algumas questões relevantes: Qual é o grau de desequilíbrio entre as operações de pouso e de decolagem possível e aplicável, de forma a manterem os níveis aceitáveis de segurança do espaço aéreo? É possível a aplicação no Brasil do conceito Capacidade de Pista Dinâmica, conforme o contexto operacional ditado pela maior demanda de operação de pouso ou de decolagem ou de atendimento às contingências táticas?

Responder a tais questões não representa o abandono de uma diretriz adotada no cálculo da capacidade de pista, já que a premissa do fluxo de tráfego aéreo seguro, ordenado e eficiente será mantida e respeitada a todo o instante, mas sim lançaremos uma nova perspectiva de fomento ao setor da aviação.

3.3 Objetivos da Pesquisa

Diante das questões expostas, o objetivo geral é apontar aspectos a serem considerados no cálculo da capacidade do sistema de pistas, que permitam o atendimento à demanda instável por um determinado tipo de operação, seja de pouso seja de decolagem nos aeroportos brasileiros, além das contingências táticas.

E, no tocante aos objetivos específicos, buscar-se-á:

- Conscientizar o leitor da concepção de capacidade como um dos componentes do Serviço de Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo;
- Compreender a metodologia de cálculo da capacidade do sistema de pistas aplicável no Brasil, recomendado pela ICAO e identificar suas limitações;
- Comparar as metodologias de capacidade de pista empregadas nos Estados Unidos e na Europa e verificar boas práticas a serem consideradas, dentro da realidade brasileira do tráfego aéreo;
- Identificar métodos e técnicas capazes de estabelecer o desbalanceamento entre pousos e decolagens, com base no histórico do movimento em determinado aeroporto;
- Coletar dados em simulador *Jeppesen Total Airspace and Airport Modeler* (TAAM), presente no CGNA, com a inserção da malha aérea brasileira típica e

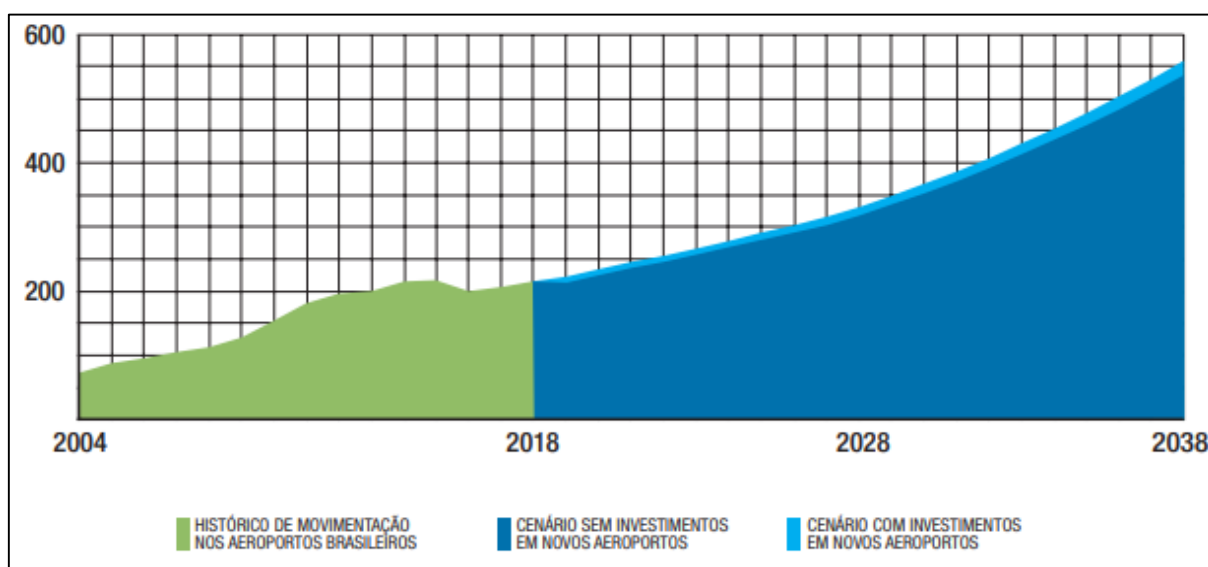
verificação da quantidade de operações de pouso e de decolagem de um aeroporto específico.

3.4 Justificativa e relevância

O tema do trabalho tem sua importância, pois repercutirá diretamente em resultados práticos, diante da nova realidade de incremento da demanda em horários específicos na operação de um aeródromo.

Dados do Ministério da Infraestrutura apontam, desde 2004, aumento significativo de demanda por transporte aéreo, sobretudo após o ano de 2025, com a expectativa de dobrar no ano de 2033.

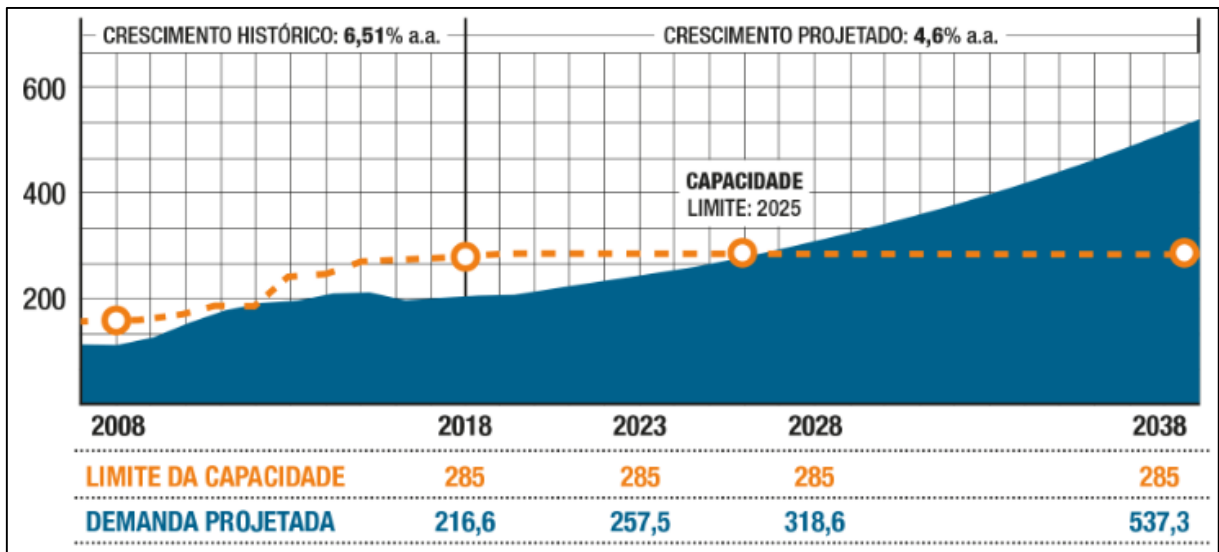
Figura 4 - Projeções de movimentação de passageiros no Brasil (em milhões de passageiros)



Fonte: BRASIL (2018)

Em contrapartida, dentro deste cenário de crescimento da demanda pelo transporte aéreo, verifica-se a estagnação da capacidade da infraestrutura dos aeroportos brasileiros. E desta forma, torna-se premente os esforços na obtenção de maiores ofertas de *slots* capazes de atender esta demanda, principalmente nos horários de maior procura.

Figura 5 - Histórico de capacidade dos aeroportos do Brasil (em milhões de passageiros)



Fonte: BRASIL (2018)

Esses dados do Ministério de Infraestrutura, com as expectativas dos grandes eventos internacionais que seriam realizados no Brasil, como a Copa do Mundo de Futebol e os Jogos Olímpicos, aliadas às necessidades de atrair investimentos para ampliar, aperfeiçoar a infraestrutura aeroportuária e, conseqüentemente, promover melhorias do transporte aéreo, estimularam ações do Governo Federal em 2011 em busca da eficiência dos recursos financeiros, adequação dos níveis de qualidade dos serviços dos aeroportos, baseados nos padrões internacionais e otimização da infraestrutura colocada à disposição do usuário, através do processo de concessões dos principais aeroportos brasileiros.

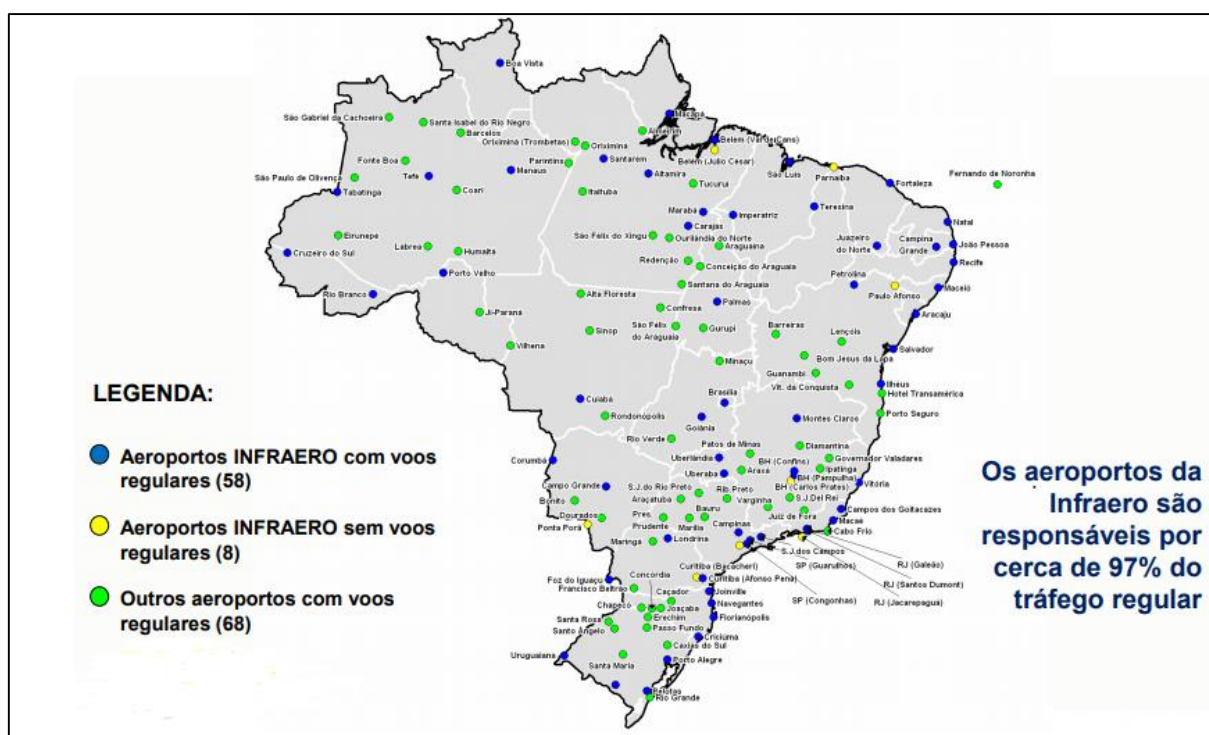
Estas necessidades culminaram em mudanças na gestão dos aeroportos e, na criação, através da Lei 12.462, de 4 de agosto de 2011, da Secretaria de Aviação Civil, ligada diretamente à Presidência da República (SAC-PR), que tinha como algumas das atribuições, especificadas em seu Art. 24-D:

- I - formular, coordenar e supervisionar as políticas para o desenvolvimento do setor de aviação civil e das infraestruturas aeroportuária e aeronáutica civil, em articulação, no que couber, com o Ministério da Defesa; [...]
- III - formular e implementar o planejamento estratégico do setor, definindo prioridades dos programas de investimentos;
- IV - elaborar e aprovar os planos de outorgas para exploração da infraestrutura aeroportuária, ouvida a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC); [...]

VII - coordenar os órgãos e entidades do sistema de aviação civil, em articulação com o Ministério da Defesa, no que couber (BRASIL, 2011).

O panorama daquele ano apontava a INFRAERO como a principal administradora dos aeroportos brasileiros e seus aeroportos respondiam por quase a totalidade do tráfego aéreo regular, como se verifica na figura 6.

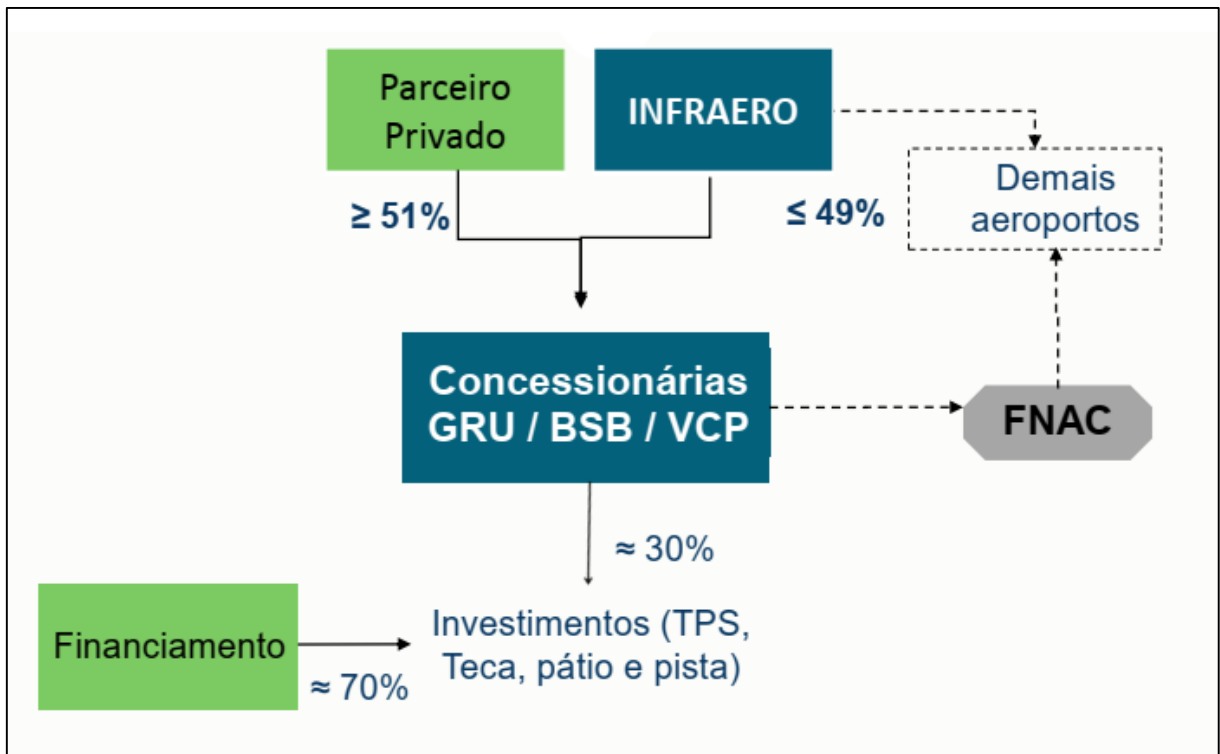
Figura 6 - Panorama aeroportos da INFRAERO



Fonte: BRASIL (2011)

A supracitada Lei 12.462, de 4 de agosto de 2011, limitou a atuação da INFRAERO aos aeroportos definidos pela SAC-PR, como se verifica em seu Art. 54: “A INFRAERO terá por finalidade implantar, administrar, operar e explorar industrial e comercialmente a infraestrutura aeroportuária que lhe for atribuída pela Secretaria de Aviação Civil”. Ademais, houve a definição da participação da INFRAERO em até 49% do capital da concessionária e a criação, por meio da Medida Provisória nº 527/2011, do Fundo Nacional de Aviação Civil (FNAC), referente ao Programa Federal de Auxílio a Aeroportos (PROFAA), destinado à melhoria, reaparelhamento, reforma e expansão de aeroportos e aeródromos de interesse estadual ou regional.

Figura 7 - Participação da INFRAERO e Concessionárias



Fonte: BRASIL (2011)

Os desafios constantes do plano de concessões aeroportuárias previam obrigações para as futuras concessionárias, como cumprir os indicadores de performance operacional e qualidade previstos no contrato de concessão (padrões internacionais) e realizar todos os investimentos necessários para ampliar a capacidade do aeroporto (terminais, pista e pátio) de forma a atender à demanda de passageiros e aeronaves.

A Tabela 1 apresenta os aeroportos concedidos para a iniciativa privada e o volume arrecadado com as concessões:

Tabela 1 - Concessões aeroportuárias

AEROPORTO	DATA DO LEILÃO	CONCESSIONÁRIA	VALOR (R\$)	PRAZO
SÃO GONÇALO DO AMARANTE (RN)	22/08/2011	INFRAMERICA	170 MILHÕES	28 ANOS
GUARULHOS (SP)	06/02/2012	GRU AIRPORT	16,2 BILHÕES	20 ANOS
VIRACOPOS (SP)	06/02/2012	AEROPORTOS BRASIL	3,8 BILHÕES	30 ANOS
BRASÍLIA (DF)	06/02/2012	INFRAMERICA	4,5 BILHÕES	25 ANOS
GALEÃO (RJ)	22/11/2013	RIOGALEÃO	19 BILHÕES	25 ANOS
CONFINS (MG)	22/11/2013	BH AIRPORT	1,82 BILHÃO	30 ANOS
FLORIANÓPOLIS (SC)	16/03/2017	FLORIPA AIRPORT	241 MILHÕES	30 ANOS
PORTO ALEGRE (RS)	16/03/2017	FRAPORT BRASIL S.A.	382 MILHÕES	25 ANOS
FORTALEZA (CE)	16/03/2017	FRAPORT BRASIL S.A.	1,5 BILHÕES	30 ANOS
SALVADOR (BA)	16/03/2017	VINCI AIRPORT	1,6 BILHÕES	30 ANOS

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (2018)

A concessão dos aeroportos harmoniza-se com o núcleo temático de emprego do Poder Aeroespacial, como fator de desenvolvimento econômico-social e de atendimento às demandas formuladas pela Política de Estado Brasileira, consoante preconizado na DCA 1-1/2012, em seu item 4.2.1:

O Poder Aeroespacial Brasileiro é a projeção do Poder Nacional resultante da integração dos recursos de que a Nação dispõe para a utilização do espaço aéreo e do espaço exterior, quer como instrumento de ação política e militar quer como fator de desenvolvimento econômico e social, visando conquistar e manter os objetivos nacionais. (BRASIL, 2012, p. 35).

O uso eficiente da capacidade de pista de fato repercute em incremento no acesso de companhias aéreas ao aeroporto e, conseqüentemente, aumenta-se a arrecadação em termos financeiros com as novas operações. Promove-se assim o desenvolvimento do setor de aviação civil, fundamental para o desenvolvimento econômico e social do país e importante no atendimento às necessidades complementares da Aeronáutica, consoante item 4.2.2.2 da DCA 1-1/2012:

4.2.2.2 Aviação Civil

É o conjunto das empresas de transporte aéreo, regular e não regular, das empresas de serviços aéreos especializados e dos meios da aviação desportiva e da aviação privada do Brasil. A Aviação Civil é fundamental para o desenvolvimento econômico e social do País e representa uma importante fonte de recursos humanos e materiais que podem ser mobilizados, em casos de crises ou de conflitos armados, para atender às necessidades complementares da Aeronáutica. (BRASIL, 2012, p. 36).

Neste sentido promove a Estratégia Nacional de Desenvolvimento como motivador da Estratégia Nacional de Defesa, através de iniciativas conjuntas entre Forças Armadas, empresas privadas brasileiras e política pública na área de defesa.

A participação e colaboração de diversas instituições dentre elas a Agência Nacional da Aviação Civil, Associação Brasileira das Empresas Aéreas (ABEAR) e Associação Internacional de Transportes Aéreos¹¹ (IATA) no processo de discussão quanto à capacidade de pista, dentro do projeto do ORION capitaneado pelo DECEA, demonstra aspectos claros de visão idealista adotada pelo Estado brasileiro, noção esta que busca o desenvolvimento do setor da aviação civil por meio da cooperação, diálogo, busca da comunicação e do entendimento entre as partes. Caracteriza-se aqui a maior participação de organizações e atores transnacionais nas decisões políticas do Estado.

Atento às novas necessidades, algumas agências da aviação civil têm adotado um conceito semelhante ao que se está propondo este trabalho, isto é, a possibilidade de a capacidade acompanhar a demanda verificada em alguns períodos durante a operação em um aeródromo, seja por prioridade de chegada seja por vezes prioridade de saída de aeronaves. O Aeroporto Internacional Hartsfield-Jackson de Atlanta (ATL) em 2014 concebeu a operação que atenda a tendência à demanda por chegada ou partida de voos (*arrival or departure priority mode*) como forma de maximizar a capacidade de pista, como segue:

¹¹ “Entidade que representa as 230 principais empresas aéreas do mundo, responsáveis por 93% do tráfego aéreo regular. Com sede em Montreal, Canadá, a associação, fundada em 1945, representa os interesses da indústria junto aos governos e a OACI. Realiza estudos e mantém estatísticas para reduzir custos, maximizar resultados e ampliar a eficiência. A entidade também trabalha na simplificação dos procedimentos de compra de bilhetes e de envio de bagagem e cargas, além de divulgar valores de referência para tarifas aéreas internacionais”. Disponível em: <https://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/revista-em-discussao-ediao-novembro-2010/materias/aviaao-obedece-a-regras-internacionais.aspx>. Acesso em: 23 ago. 2019.

Para maximizar a capacidade, ATL tende a operar no modo de prioridade de chegada ou de partida, em oposição à operação balanceada. Uma operação com prioridade de chegada ou partida só é viável quando o horário do voo no aeroporto é desbalanceado por períodos prolongados. (Federal Aviation Administration, 2014, tradução nossa).

Nesse sentido, percebe-se como é de suma importância possibilitar que o uso da capacidade de pista seja otimizado, fornecendo maior número de horários (*slot*) para sua utilização profícua.

A ampliação das possibilidades de uso do aeroporto se traduz também como elemento fundamental para ampliação da soberania nacional, pois estimula a sua integração por meio da aviação regional, conferindo a este tema uma importância ímpar.

Este trabalho adequa-se ao recém projeto de Otimização, Reestruturação e Inovação Operacional (ORION) do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), que tem como objetivos a definição de procedimentos e técnicas otimizadas para emprego no Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), o estabelecimento de critérios e procedimentos operacionais mais flexíveis e a proposição de ajustes regulatórios que resultem no aumento da eficácia, da eficiência e da efetividade do SISCEAB.

Em recente consulta às administradoras dos aeroportos do país, quanto à possibilidade de desbalancear suas operações e os horários necessários para tanto, algumas, após a análise da projeção da demanda para *Winter 18*, mostraram-se favoráveis à implementação de tal medida nos seus aeroportos são eles: Brasília, Guarulhos, Galeão, Confins, Campinas, Congonhas, Cuiabá, Santos Dumont e Recife. O que representa cerca de 8% dos aeródromos públicos que recebem voos regulares registrados na ANAC¹², segundo dados da Secretaria da Aviação Civil; contudo estes respondem por um total de 54,7% dos movimentos verificados em 2017 no ranking dos principais aeroportos brasileiros¹³.

¹² Dados obtidos do site da Secretaria da Aviação Civil. Disponível em: <http://www.aviacao.gov.br/assuntos/aeroportos>. Acesso em: 8 maio 2018.

¹³ DECEA. Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo 2017. Disponível em: http://portal.cgna.gov.br/files/uploads/anuario_estatistico/anuario_estatistico_2017.pdf. Acesso em: 8 maio 2018.

Tabela 2 - Rotas mais movimentadas nas Américas em número de passageiros

Rank	Route	Passengers	Average based fare (\$)	Distance (Km)
1	São Paulo Congonhas (CGH) – Rio de Janeiro Santos Dumont (SDU)	4066904	93.47	378
2	Mexico City Juarez (MEX) – Cancun (CUN)	3682028	72.22	1294
3	Los Angeles Internacional (LAX) – New York JFK (JFK)	2873316	337.66	3982
4	Mexico City Juarez (MEX) – Monterrey (MTY)	2559902	84.3	729
5	Lima (LIM) – Cuzco (CUZ)	2471790	54.43	583
6	Bogota (BOG) – Medellin José Maria Cordova (MDE)	2434613	51.02	239
7	New York La Guardia (LGA) – Chicago O`Hare (ORD)	2362480	147.55	1177
8	São Francisco (SFO) – Los Angeles Internacional (LAX)	2238043	111.66	541
9	Guadalajara (GDL) – Mexico City Juarez (MEX)	2201280	74.77	466
10	Los Angeles Internacional (LAX) – Seattle-Tacoma (SEA)	1990802	104.63	1540
11	São Paulo Congonhas (CGH) – Brasília (BSB)	1874963	149.76	882
12	São Francisco (SFO) – New York JFK (JFK)	1844864	327.2	4162

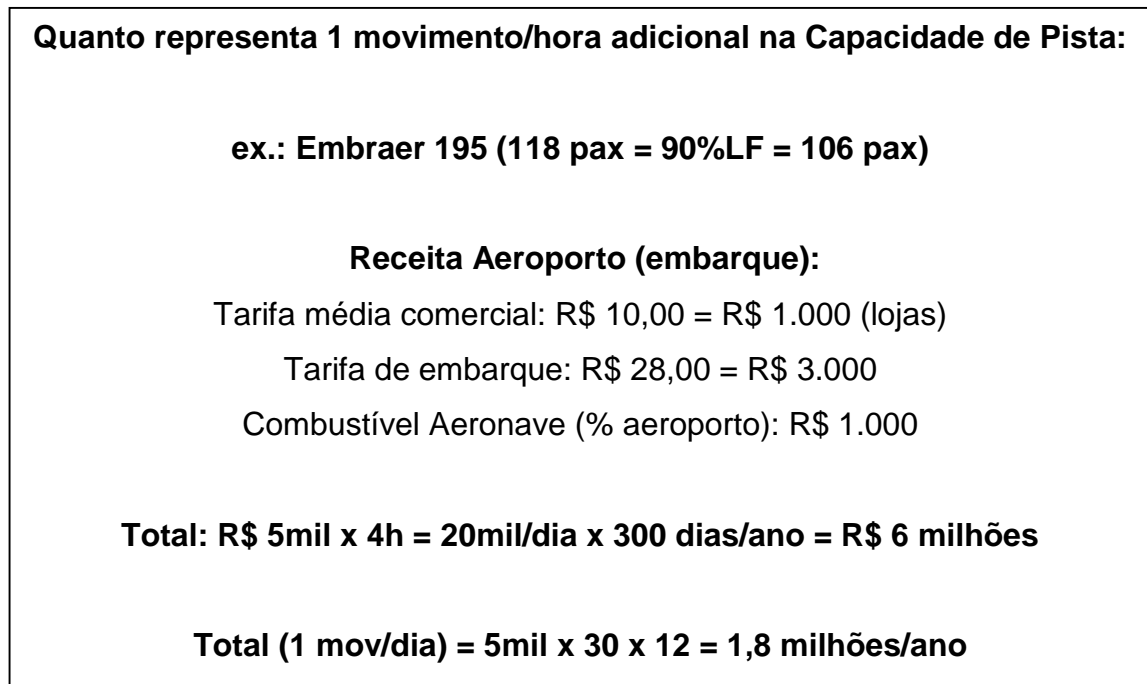
Fonte: Route Exchange (2017)

Dados fornecidos pela Viracopos Aeroportos Brasil¹⁴, Administradora do Aeroporto Internacional de Viracopos, em Campinas/SP nos mostra a receita média de um aeroporto com o ganho de 1(um) movimento/hora adicional na capacidade de pista. Tomando como base a aeronave do tipo Embraer 195 que, comporta 118 passageiros; a receita aeroportuária com o embarque que inclui tarifa média comercial, tarifa de embarque, percentual de abastecimento de combustível, perfaz uma arrecadação total média de cerca de R\$ 1,8 milhões ao ano. Sem mencionar, a externalidade positiva¹⁵, representada pelos benefícios indiretos aos setores hoteleiros envolvidos, serviços de transportes, setor de alimentos, entre outros.

¹⁴ Dados fornecidos durante encontro realizado entre os principais administradores aeroportuários e representantes do CGNA, como parte do treinamento sobre capacidade de pista, nas dependências da INFRAMERICA, Brasília-DF em 11 de abril de 2019.

¹⁵ Externalidades é comumente utilizado na Economia para se referir a impactos de uma decisão sobre aqueles que não fizeram parte dela. Podendo ser positiva, quanto aos benefícios experimentados pelo terceiro, ou negativa, quando há que se arcar com o custo desta decisão.

Figura 9 - Relação Capacidade de Pista e Capacidade Aeroportuária – Caso Viracopos



Fonte: Viracopos (2019)

Nesse sentido, percebe-se como é de suma importância possibilitar que o uso da capacidade de pista seja otimizado, fornecendo maior número de horários (*slot*) para sua utilização profícua.

A ampliação das possibilidades de uso do aeroporto se traduz também como elemento fundamental para ampliação da soberania nacional, pois estimula a sua integração por meio da aviação regional, conferindo a este tema uma importância ímpar.

Ademais, promove a segurança jurídica das operações internacionais, uma vez que as companhias aéreas estrangeiras e as que realizam voos internacionais não se deparariam com procedimentos distintos dos empregados no exterior; além de permitir maior acesso ao mercado aeroportuário brasileiro, o que reflete em ganhos em termo econômico e em reforço da relação do Brasil com os diversos atores transnacionais.

3.5 Limitações da pesquisa

A escassez de literatura dedicada especificamente ao tema torna o desenvolvimento do trabalho desafiador com base em autores ligados à aviação, em contrapartida a temática revela que a abordagem da capacidade de pista e sua

metodologia é difusa e, atrela conteúdos e conceitos ligados à Ciências Econômicas (*tradeoff*, externalidades, curva de Pareto, *essencial facility*) , à Administração (Tomada de decisão, regra simples), Estatística (Regressão), à Defesa (Estratégia Nacional de Defesa e Poder Aeroespacial), à Política pública (Concessão), às Relações Internacionais (ICAO , recomendação para a região SAM e Acordos de Cooperação Técnica), dentre outros, que delegam ao tema sua característica multidisciplinar.

Como o tema não é tratado abertamente em termos de Estados, ao que parece por envolver questões de interesse nacional, procuraremos estabelecer elos comparativos com as metodologias de capacidade de pista empregadas no EUROCONTROL e na FAA, analogias capazes de reforçar a temática da capacidade de pista dinâmica como recurso a ser observado na metodologia de capacidade de pista pátria, conforme diretrizes preconizadas pela ICAO.

3.6 Metodologia científica

O método comparativo será empregado ao longo da abordagem temática, principalmente no que tange a estabelecer paralelos em relação às metodologias de capacidade de pista empregadas na Europa e Estados Unidos, por intermédio de suas respectivas agências regulatórias e provedoras dos serviços de navegação aérea. Consoante Colino (2004), em sentido mais restrito, a comparação constitui “procedimento sistemático e ordenado para examinar relações, semelhanças e diferenças entre dois ou mais objetos ou fenômenos, com a intenção de tirar certas conclusões”; busca-se verificar similaridades, explicar possíveis divergências ou convergências encontradas, confrontar a realidade brasileira e vislumbrar prováveis benefícios à aviação nacional.

Nas palavras de Prodanov e De Freitas (2003, pág. 38), o método comparativo permite “ analisar o dado concreto, deduzindo elementos constantes, abstratos ou gerais nele presentes”, mostra-se assim como técnica estimuladora da investigação dos preceitos implementados nos espaços aéreos europeus e americanos, em conformidade com a visão da ICAO no contexto do gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo.

Até pouco tempo atrás, as seções do CGNA eram divididas em Unidades, deste modo o setor responsável por estabelecer o gerenciamento do espaço aéreo era

conhecido como ASMU (*Air Space Management Unit*); outro, encarregado pelo gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo dentro dos ambientes estratégicos, pré-tático, tático e pós-operações, denominado ATFMU (*Air Traffic Flow Management Unit*). Divisão incomum nas organizações militares, principalmente às subordinadas ao DECEA, todavia guardava relação direta com a antiga CFMU (*Central Flow Management Unit*) europeia, hoje *Network Manager*, vínculo este não somente quanto à divisão organizacional, mas também quanto aos princípios aplicados no gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo e capacidade. Portanto, veremos alguns aspectos de metodologia da capacidade de pista brasileira que nos aproxima das técnicas presentes no contexto europeu, porém outros almejam os métodos aplicados no contexto americano.

Além do mais, no capítulo dedicado aos possíveis caminhos empregados para o estabelecimento do desbalanceamento entre decolagem e pouso, apresentaremos a técnica da Curva de Pareto ou Envelope de Capacidade e os resultados advindos da ferramenta TAAM (*Jeppesen Total Airspace and Airport Modeler*), ambos utilizados no estudo de caso do aeroporto de Recife.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Conforme previsto no item 7.1 do MCA 100-14 que trata da Capacidade do Sistema de Pistas, “ as operações de pousos e de decolagens são equitativamente distribuídas em um aeródromo qualquer, cabendo 50 por cento a cada uma delas no período de uma hora” (BRASIL, 2015, p. 15).

Esta premissa básica norteia o cálculo da capacidade teórica de pista em qualquer aeródromo no Brasil. A soma entre as operações de pouso e de decolagem resulta no movimento máximo suportável em determinado aeroporto; basicamente quanto mais operações suportadas por um aeroporto, mais este se mostra viável economicamente e maior potencial de absorver companhias aéreas que desejam atuar em determinada região.

Percebeu-se após a concessão de alguns dos principais aeroportos do país que o equilíbrio entre as operações de pouso e de decolagem não atendia a demanda por voos em determinados horários de funcionamento de um aeroporto. Somente para exemplificar, a demanda prevista para o Aeroporto de Brasília entre 10h e 11h e entre 20h e 21h, para a temporada Summer 2016 (27 de março de 2016 a 29 de outubro 2016) é maior para decolagem, alcançando índices superiores a 50%¹⁶.

A determinação da capacidade de pista, conforme o modelo atualmente adotado, traz limitação ao acesso de novas companhias aéreas, principalmente àquelas que desejam operar em horários de maior procura, pois a distribuição equânime entre as operações de pouso e de decolagem, durante todo o horário de funcionamento aeroportuário, não reconhece as necessidades táticas de contingência enfrentadas e o comportamento desigual da demanda ao longo da operação do aeroporto. Tal fato pode constituir um entrave ao desenvolvimento do setor.

Em artigo, cujo tema é o Acesso ao Mercado Aeroportuário no Brasil, Jesus Júnior; Pereira e Júnior Ferreira (2013, p.11) destacam alguns fatos que têm se tornado verdadeiros obstáculos ao ingresso de novos voos nos aeroportos brasileiros, a capacidade de pista é elencada com uma dessas limitações: “ a limitação de pista é geralmente expressa na quantidade máxima de movimentos hora que cada aeroporto comporta. Em geral, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) declara

¹⁶ Dados oriundos da Timetable da ANAC que consolida voos previstos para a Temporada Summer 2016 para o Aeroporto de Brasília. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/timetable>. Acesso em: 30 maio 2017.

essa capacidade máxima e, a partir dela, não permite que sejam acrescentados novos voos”.

Assim mostra-se imperiosa a necessidade de revisão dos conceitos empregados no cálculo da capacidade teórica de pista nacional, buscando adaptar-se a esta nova realidade, sem deixar de lado o aspecto da segurança operacional, conforme previsto no Art.19, parágrafo único do Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA):

Art. 19. Salvo motivo de força maior, as aeronaves só poderão decolar ou pousar em aeródromo cujas características comportarem suas operações.

Parágrafo único. Os pousos e decolagens deverão ser executados, de acordo com procedimentos estabelecidos, visando à segurança do tráfego, das instalações aeroportuárias e vizinhas, bem como a segurança e bem-estar da população que, de alguma forma, possa ser atingida pelas operações (BRASIL, 1986).

Ademais, qualquer tentativa de incremento ou desbalanceamento das operações tem impacto direto nos setores do espaço aéreo. O item 8.1 do MCA 100-17 sintetiza a capacidade como expressão direta do contexto operacional:

Muito mais que o cálculo da capacidade dos setores ATC, faz-se necessário entender o contexto que propicia as capacidades encontradas e aprimorar os planejamentos estratégicos para conseguir um fluxo de tráfego aéreo otimizado e, conseqüentemente, garantir mais economia, eficiência e segurança na região estudada. (BRASIL, 2014, p. 25).

A ICAO, agência especializada das Nações Unidas responsável pela promoção do desenvolvimento seguro e ordenado da aviação civil mundial, por meio do estabelecimento de normas e regulamentos necessários para a segurança, eficiência e regularidade aéreas, não determina uma forma de calcular a capacidade de pista, respeita pois esta importante Organização as peculiaridades dos vários Estados membros, os requisitos e as condições do ambiente operacional, segundo seus níveis de complexidade; neste sentido estabelece no item 3.1.7.4 do Doc. 9971, Manual do Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo Colaborativo:

3.1.7.4 As metodologias de medição e cálculo de capacidade devem ser desenvolvidas de acordo com os requisitos e condições de seu ambiente operacional. Metodologias de cálculo, com diferentes níveis de complexidade, já foram estabelecidas pelos Estados em diversas regiões da ICAO e os vários métodos possuem diferentes níveis de complexidade (INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2018, p. II-3-3, tradução nossa)

A ICAO, entretanto, não se furta em recomendar alguns princípios que deverão ser verificados por Estados em suas diferentes regiões. Assim em seu Doc. 4444, que trata do Gerenciamento do Tráfego Aéreo, no item 3.1.2 elenca dentre outros, alguns fatores a serem levados em consideração na avaliação dos valores de capacidade:

Na avaliação dos valores da capacidade, os fatores a serem considerados devem incluir, entre outros:

- a) o nível e o tipo de serviço ATS fornecido;
- b) A complexidade estrutural da área de controle, do setor de controle ou do aeródromo em questão;
- c) carga de trabalho do controlador, incluindo tarefas de controle e coordenação a serem executadas;
- d) os tipos de sistemas de comunicação, navegação e vigilância em uso, seus graus de confiabilidade e disponibilidade técnica, bem como a disponibilidade de sistemas e / ou procedimentos de backup;
- e) disponibilidade de sistemas ATC que fornecem suporte ao controlador e funções de alerta; e
- f) qualquer outro fator ou elemento considerado relevante para a carga de trabalho do controlador. (INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2016, p. 3-1, tradução nossa).

Já em seu Doc. 9882, Manual sobre os Requisitos do Sistema de Gerenciamento de Tráfego Aéreo, item 2.1.6 d), a ICAO recomenda a seus Estados membros a garantia que toda a capacidade disponível seja plena e eficazmente utilizada dada a demanda existente:

Para atender as expectativas da comunidade ATM em relação à capacidade, o sistema ATM deve [...]:

- d) garantir que toda a capacidade disponível seja total e eficientemente usada [...]

A intenção não é criar capacidade por si só, mas garantir que a capacidade disponível seja usada com eficiência, dada a demanda existente. (INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2008, p. 2-5, tradução nossa).

A ICAO esclarecia no item 4.1.5 da versão anterior do Doc. 9971, a de 2014, que as capacidades de Controle de Tráfego Aéreo (ATC), que abrange a capacidade de setores do espaço aéreo e a capacidade de pista, não se tratavam de valores estáticos, mas variam conforme a complexidade de tráfego e outros fatores:

4.1.5 As capacidades ATC não são valores estáticos, mas variam com a complexidade do tráfego e outros fatores. Devem-se considerar os limites de tolerância em torno dos valores de capacidade padrão que podem variar em qualquer direção. A Figura II-4-1 ilustra os vários elementos que geralmente são levados em consideração ao definir as capacidades do espaço aéreo. A Figura II-4-2 ilustra os principais fatores que afetam a capacidade do aeroporto. (INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2014, p. II-4-1, tradução nossa).

Este entendimento foi reforçado na versão atual do Doc. 9971 ao introduzir o conceito de capacidade operacional (trataremos mais adiante), que atende aos objetivos da temática que envolve a capacidade de pista dinâmica. Entendemos dessa forma que os parâmetros a serem verificados nesta pesquisa deverão atender às recomendações expressas da ICAO, as legislações nacionais sobre capacidades de pista e de setores ATC, além de possíveis orientações alienígenas que tratam do uso pleno, dinâmico e eficaz da capacidade disponível.

4.1 Processo de tomada de decisão

O processo de tomada de decisão representa o método de escolha dentre as várias alternativas colocadas à disposição do decisor para que se busque um resultado adequado, diante das circunstâncias apresentadas.

Este processo pode ter como base a razão, que tem como um dos seus expoentes Benjamin Franklin que defendia a tese de que as boas escolhas deveriam se basear sempre numa complexa pesagem de prós e contras, levando em

consideração todas as informações e fazendo as comparações necessárias (GIGERENZER, 2009).

Em contraposição a esta teoria, há a corrente que defende o método empírico, segundo o qual a complexidade nem sempre será o melhor caminho, aqui reside a estratégia que ignora parte da informação, com o objetivo claro de tornar o processo de escolha mais fácil e permitir uma ação rápida.

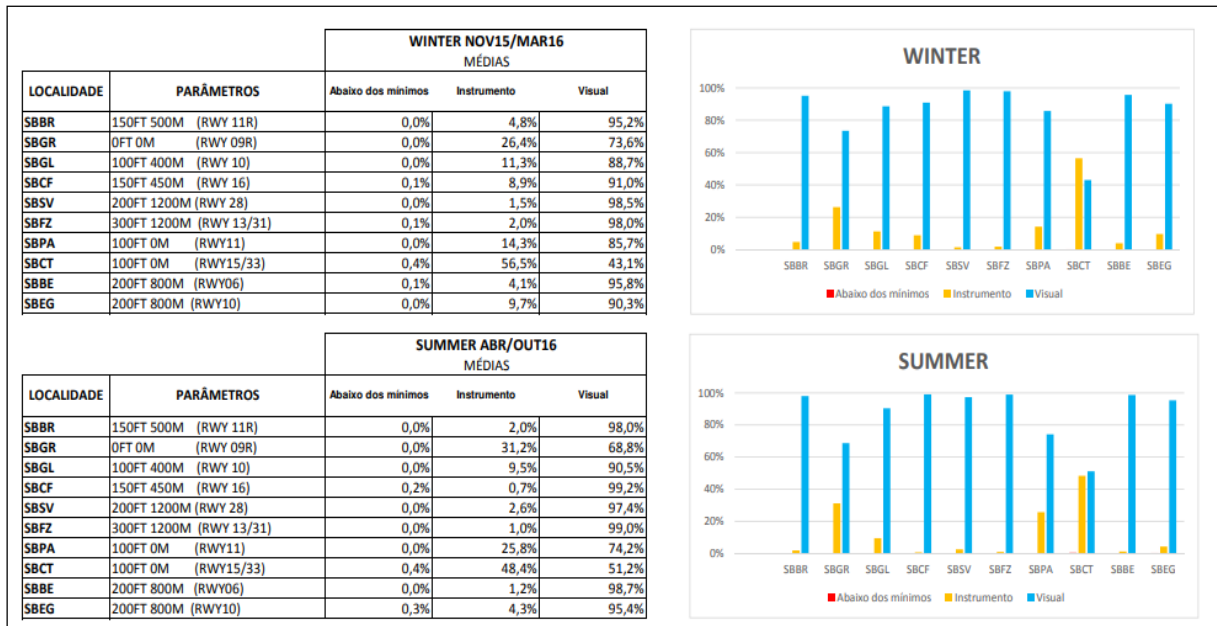
Este método tem como base a intuição que tira proveito das aptidões evolutivas do cérebro humano e da sua interação com o meio.

Neste sentido, Sull e Eisenhardt (2017, p. 14) defendem a primazia da regra simples como potente a gerar as melhores decisões, mesmo diante da complexidade que envolve a situação-problema; os autores concluem serem as regras simples, “atalhos que economizam tempo e esforços ao nos fazer nos concentrar e simplificar a maneira como processamos as informações”. Assim:

Em contraste com modelos complicados, regras simples concentram-se apenas nas variáveis mais críticas. Ao ignorar fatores periféricos e correlações tênues, regras básicas eliminam uma grande dose de ruído, o que funcionam razoavelmente bem uma ampla variedade de cenários (SULL; EISENHARDT, 2017, p. 48 e 49)

Alguns questionamentos têm surgido em função da opção brasileira de não incluir a condição meteorológica instrumento em sua metodologia, a exemplo do que ocorre no sistema americano. Guardada as devidas proporções, não seria possível comparar países com histórico de ocorrências em determinados período do ano de nevasca, furacão e outras condições meteorológicas extremas que impraticabilizam por algumas semanas a operação em seus aeroportos, enquanto no Brasil em condições extremas verificam nevoeiros pela manhã que se dissipam ao longo do intervalo matinal. Abaixo um estudo feito quanto às condições meteorológicas reinantes nos principais aeroportos do Brasil, de cada região do país, durante o ano de 2016. Acreditamos que a regra simples de considerar somente a condição meteorológica visual abarca uma ampla variedade de cenários verificáveis em nossos aeroportos:

Figura 10 - Condições meteorológicas durante Winter 2016 e Summer 2016.



Fonte: BRASIL (2017)

Seguindo ainda esta premissa da regra simples, podemos compreender a conclusão dos trabalhos da ICAO, em 2009, através do Projeto Regional ICAO RLA/06/90 e coordenado pelo seu escritório Regional em Lima - Peru, que tinham como propósito prover aos Estados sul-americanos uma metodologia comum de capacidade de pista e dos setores espaço aéreo. Comparou-se as vantagens e desvantagens advindas das metodologias americana e brasileira.

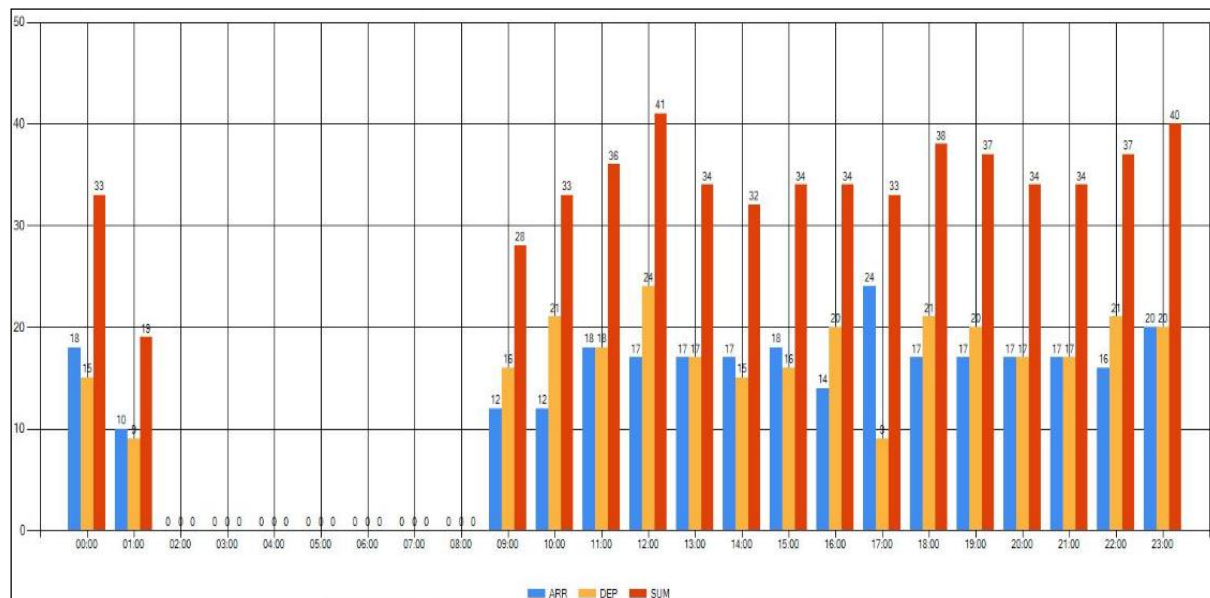
Quando comparadas as duas metodologias, a ICAO recomendou que os Estados da região SAM usem a metodologia para calcular a capacidade de pista e do setor ATC aplicada no Brasil, devido algumas das seguintes razões apontadas por Jaurena (2009, p.14):

- a) treinamento padrão para especialistas dos Estados participantes no Projeto;
- b) uso de um modelo que seja aplicável à capacidade de pista e do setor ATC;
- c) metodologia de baixo custo que não requer nenhum software;
- d) não requer valores constantes derivados de bancos de dados que alguns Estados ainda não têm disponível.

As justificativas apontadas acima, que recomendaram a escolha da metodologia brasileira em detrimento da americana quanto à metodologia de capacidade a ser empregada na região SAM, possuem argumentos que foge à lógica pura e encontra amparo intuitivo que subsidia a tomada de decisão. Segundo Gigerenzer (2009, p.30) “os métodos complexos baseiam suas estimativas nos dados já disponíveis, relativos a desempenhos passados, que podem conter erros repercutindo em resultados discrepantes”, nesta sintonia (SILVA; NUNES, 2019); a regra simples, por seu turno, ao ignorar todas as informações do passado, a deixa imune aos erros contidos nos dados; assim nas palavras do renomado autor e professor do Instituto Max Planck “menos informação e computação pode ser melhor”(GIGERENZER, 2009, p. 52).

O conceito atinente à capacidade de pista dinâmica leva em consideração o comportamento da demanda durante a operação em um aeroporto, para decidir-se ao final, conforme o contexto operacional, qual seria a melhor solução: aumento percentual da capacidade de pista ou o desbalanceamento entre as operações de pouso e de decolagem. Tomemos como exemplo, o comportamento da demanda em um dia típico no aeroporto de Congonhas, conforme ilustrado a seguir:

Figura 11 - Movimento no aeroporto de Congonhas em 8 de junho de 2017



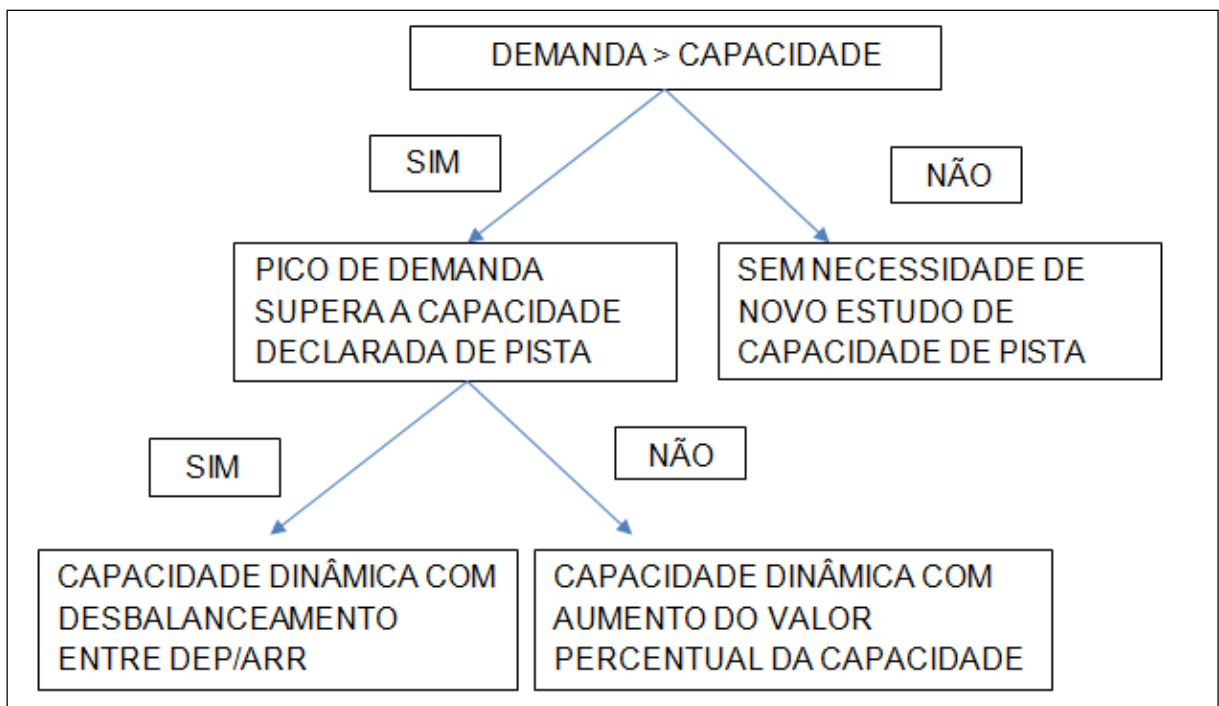
Fonte: TATIC¹⁷ (2017)

¹⁷ TATIC acrônimo de *Total Air Traffic Information Control*; segundo a Saipher ATC, desenvolvedora da ferramenta: “engloba um conjunto de módulos que se integram através de sistemas específicos para utilização nos mais diversos setores de planejamento, gerenciamento e controle de tráfego aéreo”. Constitui ferramenta utilizada em Torre de Controle e, que integrada aos softwares

A capacidade de pista do aeroporto de Congonhas é de 41 mov/h (que representa 85% da capacidade teórica de pista), ressalta-se que o aeroporto de Congonhas é o único caso, até então, em que a capacidade declarada de pista difere dos 80% da capacidade teórica de pista recomendada no MCA 100-14. Pois bem, esta capacidade define o limite de 21 pousos e de 20 decolagens para cada hora. Porém verifica-se em alguns horários que tal relação é superada, como às 12 horas em que a demanda foi de 24 decolagens e 17 pousos e, às 17 horas, em que se verificou 9 decolagens e 24 pousos. Observe que a aplicação do aumento percentual da capacidade torna-se inviável, uma vez que a capacidade teórica de pista (100%) é de 48 mov/h, o que demonstra que este aeroporto já se encontra saturado principalmente nestes horários; a solução pelo aumento percentual se mostra inviável neste caso.

Uma forma rápida de chegarmos a esta conclusão seria através da conhecida árvore rápida e simples que, segundo Gigerenzer (2009, p. 200), “faz apenas algumas poucas perguntas do tipo sim ou não e conduz a uma decisão depois de cada uma”. Assim vejamos:

Figura 12 - Tomada de decisão baseada no conceito de árvore simples



Fonte: Autor (2018)

dos demais órgãos de Controle e de Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo, compartilha informações a respeito da progressão real dos voos e arquiva dados de todo o movimento no aeroporto.

Vale ressaltar que uma vez que a demanda já supera a capacidade haverá a necessidade de novo estudo da capacidade de pista, com a avaliação da capacidade dinâmica para cada caso.

Quando falamos em gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo e, mais especificamente da capacidade de pista declarada do aeroporto, ou seja, aquela capacidade de pista que será publicada, esta nasce do acordo entre o CGNA e o Administrador Aeroportuário, em um processo bastante conhecido como tomada de decisão colaborativa (*Collaborative Decision Making* ou CDM). O Doc. 9971 dedica toda sua Parte I sobre o assunto, e sintetiza a visão da ICAO para o desenvolvimento do gerenciamento de tráfego aéreo (ATM) global:

“O objetivo, portanto, foi uma evolução para uma tomada de decisão holística, cooperativa e colaborativa. Ambiente, onde as expectativas dos membros da comunidade ATM seriam equilibradas para alcançar o melhor resultado com base na equidade e no acesso.” (INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2018, p. I-1-1, tradução nossa)

Todo este ambiente de CDM foi alcançado graças aos resultados advindos do Projeto ORION (será apresentado mais adiante), com a criação do Comitê Técnico de Capacidade, que se tem constituído fórum para debates acerca não somente da declaração da capacidade do sistema do sistema de pista, mas também da capacidade de pátio e de terminal aplicável em determinada temporada IATA¹⁸.

¹⁸ Temporada IATA: Summer e Winter conforme calendário WSG.

5 SERVIÇO DE GERENCIAMENTO DE FLUXO DE TRÁFEGO AÉREO

Na concepção adotada pela ICA 100-22, o Serviço de Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo (ATFM) é definido como:

“Serviço estabelecido com o objetivo de contribuir para um fluxo de tráfego aéreo seguro, ordenado e eficiente, assegurando que a capacidade do Controle de Tráfego Aéreo seja utilizada na sua máxima extensão possível e que o volume de tráfego seja compatível com as capacidades declaradas pela autoridade competente” (BRASIL, 2018, p. 12)

Ademais, dentre os objetivos do serviço ATFM, conforme a ICAO prevê em seu item 1.3.1 do Doc.9971, estão:

a) garantir um fluxo ótimo de tráfego aéreo em todas as fases da operação de um voo através do balanceamento da demanda e da capacidade;

b) facilitar a colaboração entre as partes interessadas do sistema para alcançar um fluxo de tráfego aéreo eficiente, de maneira oportuna e flexível, não obstante a complexidade do espaço aéreo e que apoie a concretização dos objetivos e negócios dos usuários do espaço aéreo, através do fornecimento de ótimas opções operacionais;

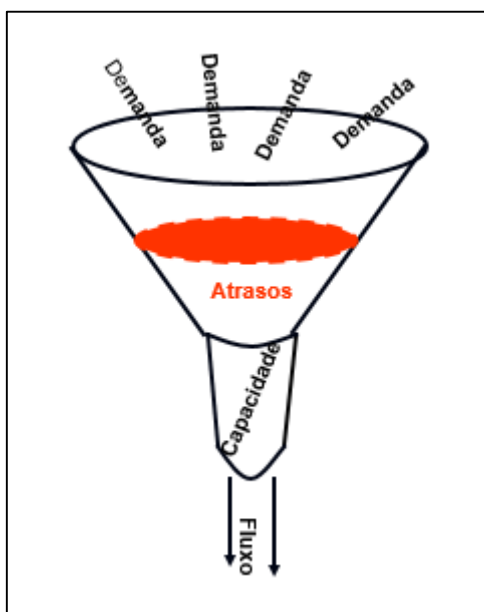
Esta importante Organização Internacional situa, em seu Doc.4444, o ATFM como um dos componentes do Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM), ao lado do Gerenciamento do Espaço Aéreo (ASM) e do Serviço de Tráfego Aéreo (ATS).

Atualmente, no espaço aéreo brasileiro, o serviço ATFM é prestado pelo Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (CGNA), órgão subordinado ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), e responsável pela “harmonização do gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo e das demais atividades relacionadas com a navegação aérea” (BRASIL, 2017).

Basicamente gerenciar o fluxo de tráfego aéreo consiste em balancear a capacidade e a demanda seja do espaço aéreo, seja do aeródromo envolvido. Analogamente, poderíamos comparar com um funil, onde a sua boca (entrada) seria a demanda e a saída seria a capacidade; quanto maior a boca, isto é, a demanda, há a necessidade de operarmos sobre a capacidade para mantermos o fluxo de tráfego (saída de fluido) constante; em contrapartida, se menor a saída, isto é, a capacidade, devemos operar sobre a demanda, para que o fluxo seja contínuo a fim de evitarmos

o transbordamento do funil, o que reflete na prática em atrasos, impacto negativo para aviação que deve ser evitado com a imposição daquilo que chamamos de medidas ATFM – no caso ilustrativo seria, ou aumentar a capacidade (saída do funil) ou restringir a demanda (boca do funil) - que pode representar entraves ao acesso mercado aeroportuário ou ao movimento no espaço aéreo brasileiro.

Figura 13 - Relação entre Capacidade, Demanda e Atraso



Fonte: Autor (2018)

De fato, o serviço ATFM busca apoiar os órgãos de tráfego aéreo (Torre de Controle, Controle de Aproximação e Centro de Controle de Área) em sua atividade de Controle de Tráfego Aéreo (ATC), através da coordenação entre os vários órgãos ATC envolvidos e atendimento às necessidades das demais partes interessadas, tais como: empresas aéreas, administradores aeroportuários, agência reguladora, dentre outras. Na ótica da ICAO, item 1.2.2 do Doc. 9971, “uma chave para a implementação bem-sucedida de um serviço ATFM efetivo é alcançar uma coordenação robusta entre os *stakeholders* da aviação”. Todo este esforço em prol da manutenção do fluxo de tráfego aéreo seguro, ordenado e eficiente.

Na prática, o ATFM busca a todo momento o balanceamento entre a demanda e a capacidade, provendo a máxima eficiência do sistema ATM e, em apoio contínuo às necessidades do Controle de Tráfego Aéreo, ofertando aos usuários do espaço

aéreo um serviço de qualidade e em coordenação contínua com todas as partes interessadas.

Portanto a base do gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo (ATFM) é o balanceamento da capacidade e da demanda, numa relação que deve ser mantida em prol da segurança operacional. Desse modo, se a capacidade de pista de um determinado aeroporto ou, o número de movimentos por hora é de 40 mov/h, o serviço ATFM deve garantir que este número não será ultrapassado, o 41º movimento deve sofrer restrições para não haver o comprometimento a segurança operacional. Tal restrição vai desde não autorizar que este movimento ocorra, não decolando tal aeronave, até imposição de esperas em determinado setor do espaço para não congestionar o setor do espaço aéreo saturado. Veja que qualquer das medidas será impactante para o usuário do transporte aéreo, representado por possíveis efeitos negativos, tais como atrasos.

A execução ATFM consiste em três fases: estratégico, pré-tático e tático.

Fase estratégica – entendido como toda ação ATFM exercido com antecedência de mais de uma semana antes dia do dia da operação, tal planejamento se inicia, usualmente, com antecedência de um ano e permanece em atualização até o início da fase ATFM pré-tático. Vejamos exemplos: Se o CGNA não autoriza solicitação de companhia aérea de decolagem do aeroporto do Galeão às 10:25, por verificar que tal autorização poderia infringir a capacidade de pista praticável entre 10 e 11h, este movimento não será autorizado e o planejador de malhas daquela companhia deve buscar um novo horário fora daquele saturado;

Outro exemplo: Se há uma regra que impõe distribuição equânime entre as operações, assim sendo, se a capacidade de pista é de 40 movimentos/h, 20 movimentos será de pouso e 20 movimentos será de decolagem a cada hora, a solicitação há 3 meses do voo feito pelo representante da companhia aérea, que representaria a 21º decolagem do aeroporto em análise, não seria autorizada; exige-se a redefinição de um outro horário ou cancelamento da intenção de operar naquele aeroporto, o voo não seria colocado à venda pela companhia aérea.

Fase pré-tática - corresponde às ações efetuadas no dia anterior a uma semana antes da operação. Basicamente representa um refinamento do planejamento feito à nível estratégico e preparação para ações táticas. Está aqui inserido nesta fase ATFM, análise de possíveis impactos oriundos de informações antecipadas de possíveis contingências que poderão interferir durante as ações táticas. Exemplo: o

GEIV deseja fazer check do ILS de Brasília que poderá permitir a aproximação simultânea para as duas pistas daquele aeroporto; pode ser coordenado com o GEIV para que seu voo seja realizado em horário de menor demanda em Brasília, de forma a não impactar a aviação comercial.

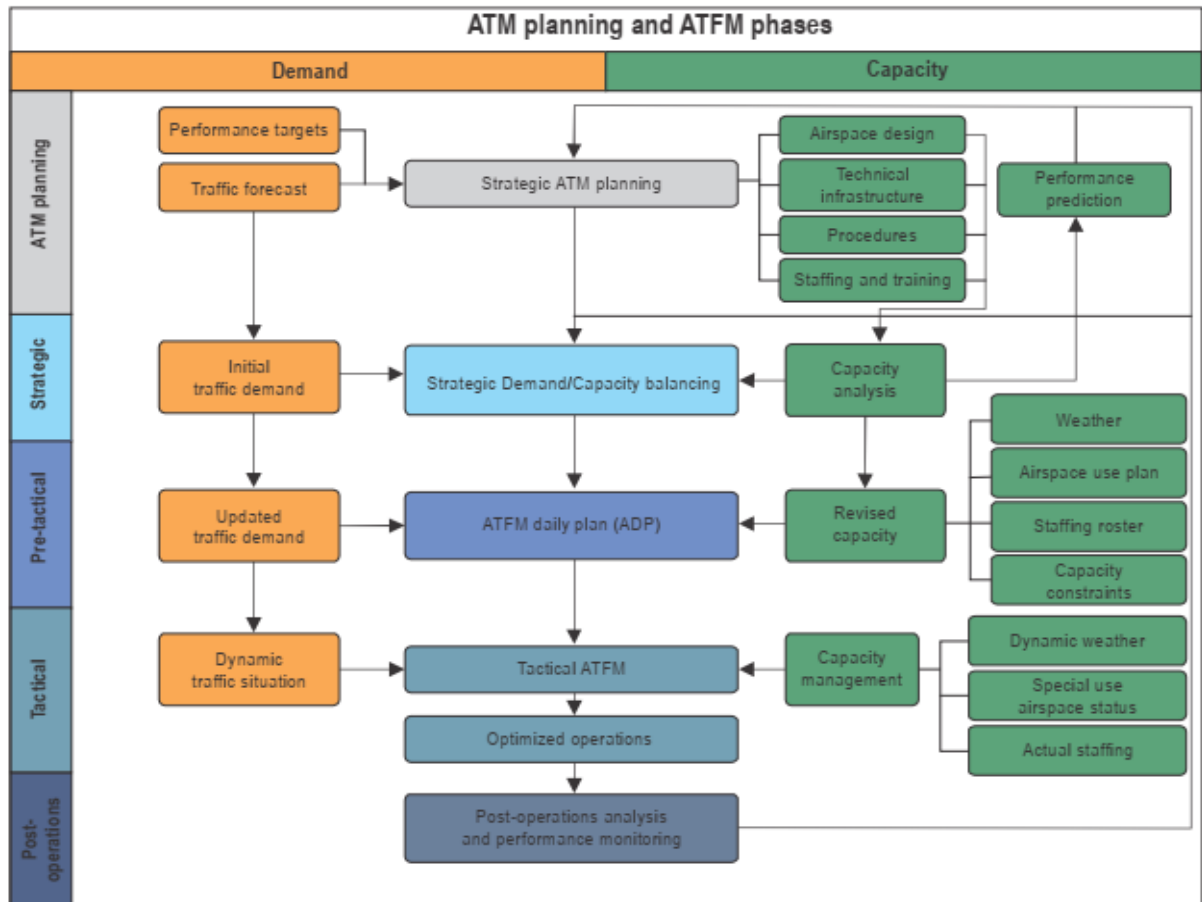
Fase tática - correspondem às ações efetuadas no dia da operação. Tendo como referência o horário das operações correntes, as operações táticas

Iniciam-se, normalmente, com antecedência de seis horas, acompanhando cada voo até o seu encerramento. Exemplo: o Gerente Nacional de Fluxo de serviço no CGNA decide por suspender todas as decolagens para Campinas, devido avião cargueiro quebrou o trem de pouso no meio da pista durante a operação de pouso.

A fase final do processo de gerenciamento e de planejamento ATFM é a Análise Pós-operações¹⁹, etapa que visa avaliar a eficiência das medidas implementadas durante a fase tática, bem como gerar relatórios que servirão de base para que possíveis anomalias verificadas no tático para que estas não voltem a ocorrer, ou tenha seus efeitos mitigados; constitui um verdadeiro retro alimentador do sistema, pois o relatório gerado na pós-operação consagra as lições aprendidas e serve de base aos futuros planejamentos estratégico e pré-tático.

¹⁹ O Manual dos Usuários do Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo e de Capacidades do EUROCONTROL situa a Análise Pós-Operacional como a quarta e última etapa do processo de gerenciamento e planejamento ATFCM que ocorre logo após a fase tática das operações (MANUAL, p.21 e 22); apesar desta distinção, não diferencia em objetivos consoante preconizados pela ICAO.

Figura 14 - Fases ATFM



Fonte: INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (2018)

6 METODOLOGIA DA CAPACIDADE DE PISTA

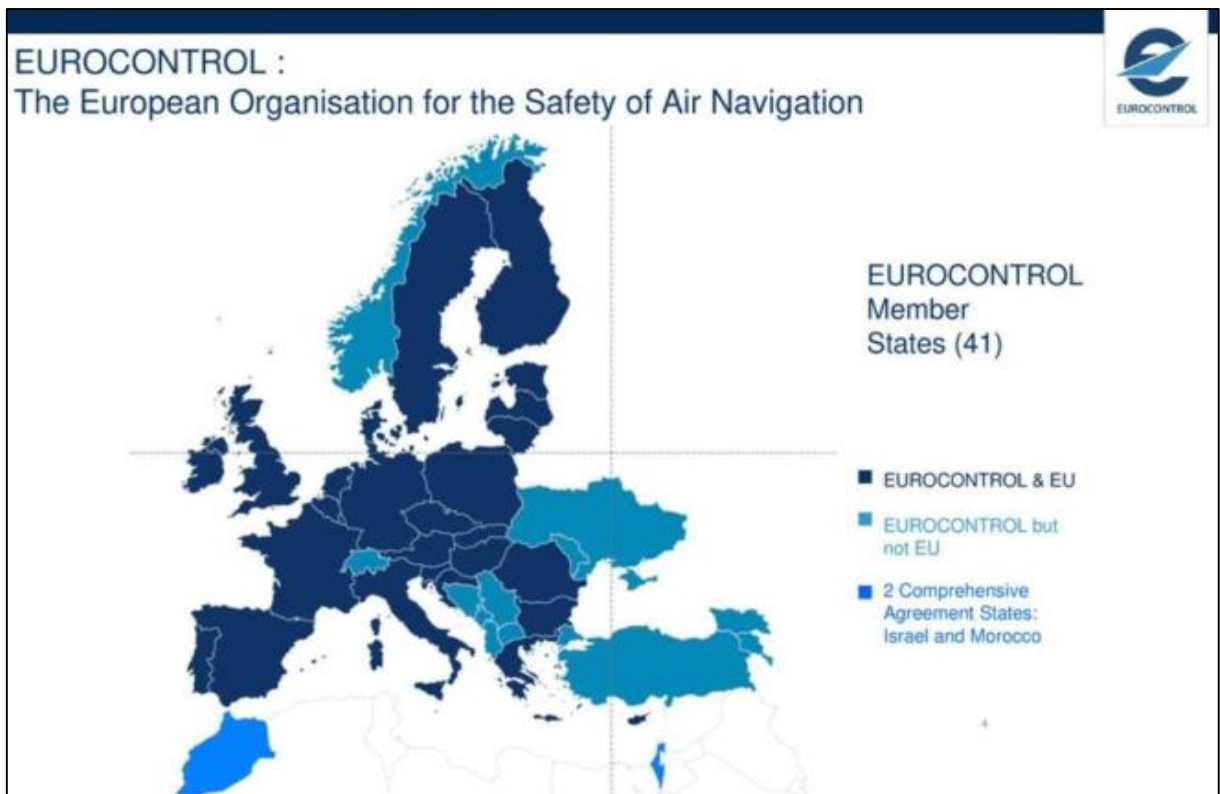
6.1 Metodologia europeia de capacidade de pista

O gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo (ATFM) na Europa é compreendido como um serviço complementar ao Controle de Tráfego, com o objetivo de otimizar o fluxo de acordo com a capacidade do controle de tráfego aéreo, o que permite às companhias aéreas operarem voos seguros e eficientes. Tal propósito não distingue daqueles preconizados pela ICAO, não obstante o que se verifica é a importância dada ao componente Capacidade na definição do serviço, de forma que este serviço é conhecido como ATFCM, isto é, Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo e de Capacidade, atividade regulamentada por meio do Manual dos Usuários do ATFCM.

A capacidade de pista na Europa é conduzida pela Unidade Aeroporto do EUROCONTROL como parte do suporte dado pelo *Network Manager* este, por seu turno, é responsável pelo gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo, gerenciamento do risco e contingências, relatório e análise pós-operacional, dentre outros serviços prestados a 43 países, com o objetivo de conduzir gerenciamento de tráfego aéreo europeu e de promover o conceito *Single European Sky*, isto é, Céu Único Europeu.

A EUROCONTROL constitui uma organização intergovernamental que congrega 41 Estados membros e 2 Estados com acordos abrangentes (Israel e Marrocos), engloba aproximadamente 64 Centros de Controle de Área e mais de 700 setores do espaço aéreo com plena capacidade, além de cada Estados membro possuírem seus próprios provedores de serviço de navegação aérea. Responsável por promover um sistema ATM pan-europeu, a EUROCONTROL provê serviços, suporte para a evolução futura, desenvolve conceitos e pesquisas, implementa projetos e realiza coordenações entre os vários níveis decisórios da aviação civil e militar.

Figura 15 - Estados membros da EUROCONTROL



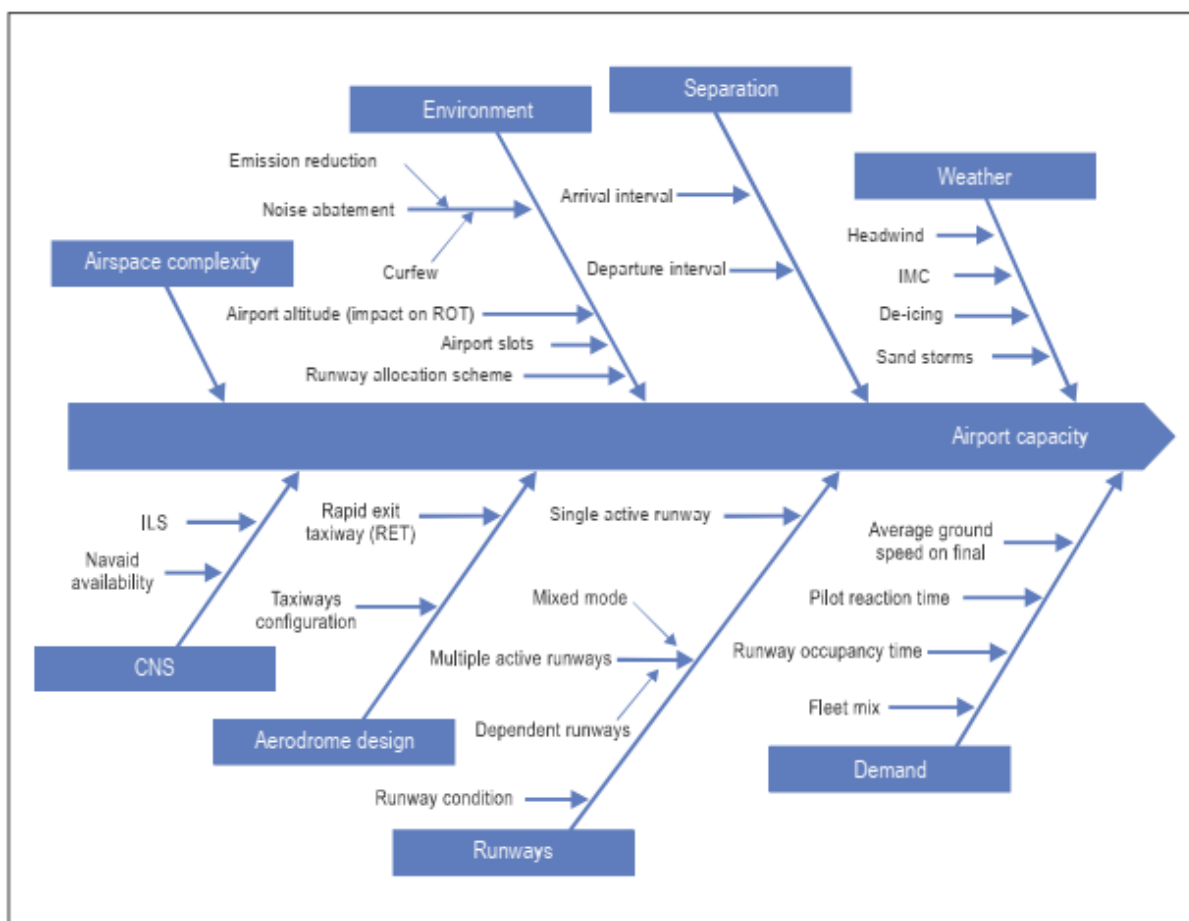
Fonte: NETWORK MANAGER (2019)

O *Network Manager Operations Centre* (NMOC) possui papel comparado ao exercido pelo CGNA e teve origem na antiga Unidade Central de Gerenciamento do Fluxo (CFMU) que, baseada no conceito da ICAO de gestão centralizada e coordenada do fluxo de tráfego aéreo, congregava todos os atores da aviação, desde provedores de serviço de navegação aérea às companhias aéreas, de forma a promover uma forte colaboração operacional e gerenciar o tráfego e atrasos por meio desta parceria.

A diretriz para cálculo da capacidade de pista aplicada na Europa está consubstanciada no Manual de Metodologia de Avaliação da Capacidade de Pista (*ACAM Manual*), que declara não haver um método único de determinação da capacidade de pista, desde que leve em consideração todos fatores relevantes em sua avaliação, incluindo “impactos ambientais, resiliência, fatores comerciais e fatores econômicos” (*Network Manager*, 2016, p. 1). O que nos permite inferir que, muito embora haja um guia único, fatores de ordem local podem interferir na metodologia de capacidade de pista empregada.

Vale mencionar neste momento que a ICAO, em seu Doc.9971, elenca esses vários fatores que afetam a capacidade de pista, consoante sintetizados na Figura 16. Porém, conforme esta Organização, “cada Estado é responsável por determinar a capacidade, usando a metodologia de sua escolha. Deveria, no entanto, ser dada atenção aos métodos utilizados pelos Estados vizinhos, a fim de assegurar consistência possível nos métodos utilizados para determinar a capacidade de setores ou aeroportos utilizados pelos mesmos fluxos de tráfego”. Dada esta observação, ainda recomenda: “Quando são estabelecidos acordos regionais, esta disposição específica deve ser abordada” (INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2018, p. II-3-4). Não fez diferente assim o *Network Manager* por meio do seu *ACAM Manual*.

Figura 16 - Fatores que afetam a capacidade de pista



Fonte: INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (2018)

Apesar de todos os fatores relevantes do Espaço Aéreo ao Lado Ar e Lado Terra²⁰ serem cruciais para a avaliação da capacidade, o escopo do *Airport Capacity Assessment Methodology (ACAM) Manual* orienta-se na capacidade do Lado do Ar do aeroporto, conforme ilustrado na Figura 17 abaixo.

Figura 17 - Contexto da avaliação da capacidade



Fonte: NETWORK MANAGER (2016)

Assim sendo, define o *ACAM Manual*, de modo geral, capacidade como o “número máximo de movimentos sustentado por unidade de tempo que pode ser aceito durante fatores diferentes de capacidade local” (*NETWORK MANAGER*, 2016, p. 9, tradução nossa). Porém, dados os benefícios distintos advindos do cálculo da capacidade de pista às partes interessadas e, buscando evitar possíveis más interpretações, o *Network Manager* estabeleceu três diferentes definições de

²⁰ Segundo Jesus Júnior, Pereira e Júnior Ferreira (2013, p.256-257): “As limitações de capacidades dos aeroportos se dividem em duas grandes áreas: o Lado Terra do aeroporto (terminal de passageiros, check-in, etc.) e o Lado Ar do aeroporto (pista e pátio de aeronaves).

As limitações ligadas ao Lado Terra, ao serem desobedecidas, geram, majoritariamente, desconforto aos passageiros, que enfrentarão falta de espaço para sentar, maiores filas no *check-in*, preços altos nas lojas de conveniências dos aeroportos etc. Entretanto, estas limitações não geram maiores problemas de segurança. Já as limitações do Lado Ar, quando desobedecidas, geram apenas marginalmente desconforto aos usuários, mas impactam significativamente nos níveis de segurança”.

capacidade em função do tempo, são elas: Capacidade Estrutural – Estratégia Macro; Capacidade Planejada – Estratégica e Capacidade Operacional – Pré-tática.

A Capacidade Estrutural é “centrada nas necessidades de um aeroporto para determinar o que a infraestrutura é capaz, em princípio, e se deveria ou quando deverá iniciar o processo de atualizações de infraestrutura e, portanto, está no horizonte de tempo plurianual” (*NETWORK MANAGER*, 2016, p.14, tradução nossa), normalmente compreende um horizonte de 2 a 5 anos e, “desconsidera certas restrições que são difíceis de estimar em horizontes de longo prazo no futuro” (*NETWORK MANAGER*, 2016, p.14, tradução nossa).

Muito embora, não definida desta forma em nossos ordenamentos pátrios, somente a título de exemplo, a Capacidade Estrutural, dentro da realidade brasileira, poderia compreender àquela capacidade projetada e utilizada no plano de expansão do aeroporto, presente nos Planos Diretores (PDIR) e que subsidia a tomada de decisão do Administrador Aeroportuário Local (AAL) quanto ao custo-benefício de futuras melhorias de infraestrutura, de acordo com a demanda projetada.

Capacidade Planejada, não diferente da concepção brasileira, é calculada em princípio antes do processo de distribuição de *slots* a cargo da IATA, durante as Conferências de *Slots*, ocorridas duas vezes ao ano, para a definição da demanda para os principais aeroportos, normalmente os mais congestionados, nas temporadas verão e inverno do hemisfério norte. Esta capacidade deve ser verificada principalmente pelos aeroportos coordenados, isto é, aqueles em que todos os horários de operações são planejados através de uma demanda conhecida, e previamente definida através de acordos entre AAL, companhias aéreas e autoridades da aviação civil com a distribuição de *slots*. Esta capacidade abrange um horizonte de cerca de 18 meses antes das respectivas temporadas e, servem de dados de demanda a serem considerados nos planejamentos estratégicos e pré-táticos de gerenciamento de fluxo.

E, finalmente, a Capacidade Operacional que representa:

[...] a avaliação de capacidade mais detalhada realizada no dia antes e no dia das operações. Seu objetivo é integrar as últimas informações detalhadas de restrição para atualizar os valores de capacidade. É usado por todos os aeroportos para refinar quaisquer planos de balanceamento de demanda identificados ou planos de contingência. A Capacidade Operacional também

é um dado crítico dentro da fase tática de processo de gerenciamento de fluxo (*NETWORK MANAGER*, 2016, p. 15, tradução nossa).

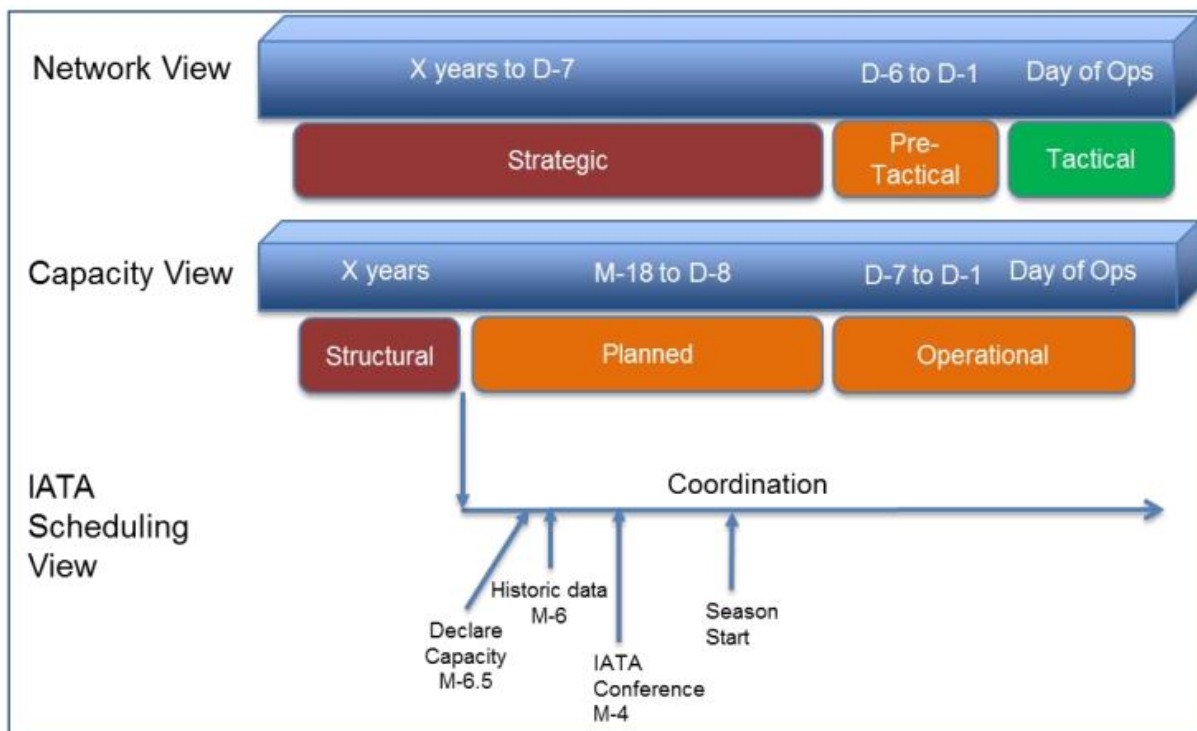
A Capacidade Operacional foi acrescentada na última versão do Doc 9971, a terceira edição de 2018, que assim assevera:

Além das capacidades declaradas para aeroportos e espaços aéreos (e a capacidade associada ao processo estratégico de *slot* aeroportuário), os serviços de ATFM exigem conhecimento da capacidade operacional. A capacidade operacional é a capacidade esperada associada à situação tática no aeroporto ou no espaço aéreo. Fatores dinâmicos, incluindo meteorológicas condições, status do CNS, combinação de frota e pessoal podem resultar em uma capacidade operacional inferior à capacidade declarada. As soluções ATFM (ver Parte II, Capítulo 4) baseiam-se na capacidade operacional dinâmica esperada (*INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION*, 2018, p. II-3-2, tradução nossa).

O que explica de certa maneira o alcance dos objetivos deste trabalho e seu alinhamento com os objetivos vislumbrados pela ICAO.

A figura 18 explicita esquematicamente as diferentes concepções de capacidade comparados com os processos de gerenciamento do fluxo e de distribuição de *slot*.

Figura 18 - Definições de capacidade comparadas aos processos de gerenciamento do fluxo e de slot



Fonte: NETWORK MANAGER (2016)

Identificadas as causas que levam um aeroporto a medir sua capacidade e, para tanto o ACAM *Manual* (2016, p. 5) apresenta dois principais motivos:

- a) a demanda atual está causando atrasos, em boas ou más condições meteorológicas, ou ainda a previsão de crescimento da demanda, associada à fatores econômicos exigirão que esta demanda seja acomodada;
- b) o monitoramento do desempenho dos aeroportos e as realizações de suas metas relacionadas à capacidade continuará a expandir. (tradução nossa).

E, posteriormente, definida a capacidade, levando em conta sua destinação, conforme o que o contexto requer (Capacidade Estrutural, Planejada ou Operacional); o ACAM *Manual* apresenta 3 métodos de cálculos da capacidade de pista:

- l) Dados histórico de performance – na visão do *Network Manager* (2016, p. 17):

[...] os dados históricos da performance real podem ser considerados como uma maneira fácil de rastrear a mudança de desempenho do aeroporto e tentativa de identificar onde o seu desempenho sofreu degradação, em caso afirmativo, quais fatores contribuíram. Isso podem incluir mudanças que ocorreram quando as pistas de taxi foram fechadas, ou falta de pessoal. Embora seja um método reativo, ele fornece uma abordagem pragmática, uma visão geral do que aconteceu, ajudando a identificar possíveis melhorias futuras à capacidade estrutural e planejada. (tradução nossa).

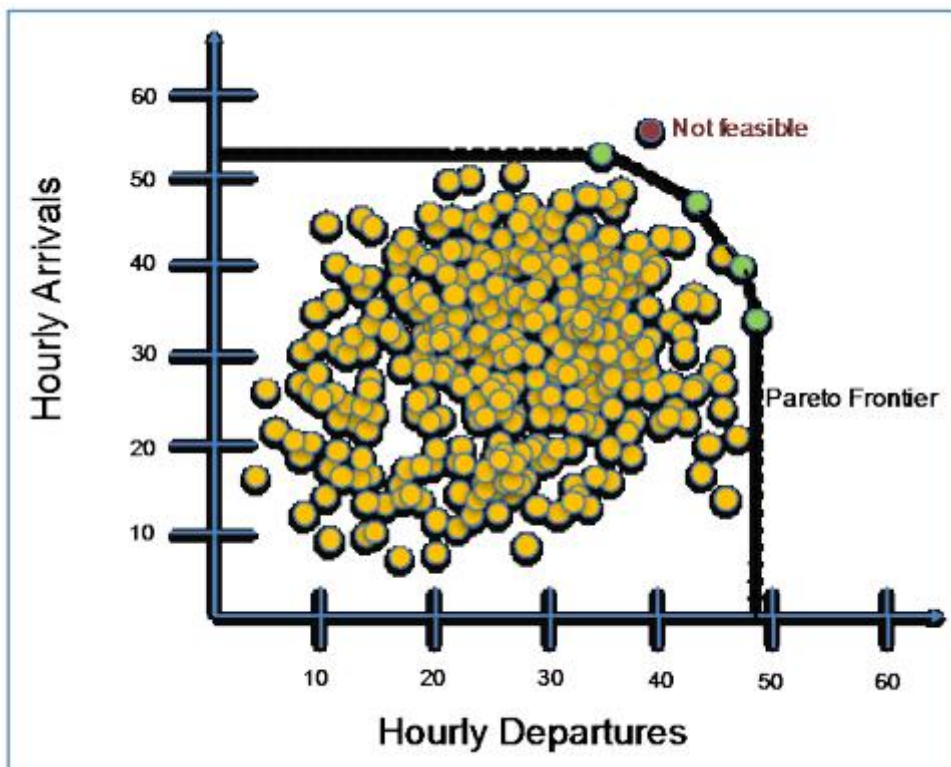
- II) Modelos analíticos e tabelas de consulta – este método baseia-se em dados analíticos que incluem variantes complexas e dados estatísticos coletados por muitos anos. Este método serve de subsídio à metodologia americana, publicada pela FAA, segundo a Circular Consultiva 150/5060-5. Esta tabela possui pontos positivos, porém há aspectos negativos a serem considerados, apontados pelo Manual do *Network Manager*, devido sua última atualização realizada em 1995: enquanto, “muitas das características, como o *mix* IFR / VFR, os cenários conforme a média ponderada de pista e os cruzamentos de pista ainda são válidos nos aeroportos de hoje como um ponto de partida relativamente rápido” (*NETWORK MANAGER*, 2016, pag.17, tradução nossa). Alguns conceitos operacionais atualmente empregados não encontram relacionados na Tabela, particularmente: Separação Baseada em Tempo (TBS); Recategorização das aeronaves conforme sua esteira de turbulência (RECAT-EU²¹), dentre outros.
- III) Modelos baseados em simulações – método tido como mais flexível e que pode incorporar uma grande gama de características, tais como: *mix* de aeronaves, procedimentos de operação do aeroporto, cenários de demanda futura, diferentes conceitos, tecnologias e sistemas. Segundo *Network Manager* (2016, p. 17), este método:

²¹ A Organização Européia para a Segurança da Navegação Aérea (EUROCONTROL), em cooperação a EASA, AIRBUS, FAA e ICAO, desenvolveu a recategorização referente às aeronaves conforme suas esteiras de turbulência e associada à separação mínima longitudinal na aproximação e decolagem, chamado RECAT-EU. Os benefícios aos aeroportos e à performance de todo o sistema ATM são notórios, uma vez que a redução da separação mínima repercute em resultados diretos ao uso eficiente do sistema e no ganho da capacidade de pista. A RECAT-EU representou uma revisão de largo espectro dos critérios de separação mínima em relação à esteira de turbulência, motivada pelo ingresso do Airbus 380, atualmente a maior aeronave de passageiros, que superou a maior categoria de aeronaves, de acordo com a tradicional disposição da ICAO.

[...] tomam uma quantidade significativa de tempo para preparar (pode ser meses), embora aeroportos que os utilizarão durante um período contínuo, os custos de instalação serão distribuídos ao longo do tempo e uma equipe de capacidade local pode continuar reutilize a ferramenta para executar vários cenários. (tradução nossa)

Com relação este último método o *ACAM Manual* apresenta a Fronteira de Pareto, método útil para encontrar a solução ideal, baseadas em variáveis interdependentes; onde operações mistas (pousos e decolagens) são aplicadas, por exemplo, para se analisar como o aumento da capacidade no número de aproximações pode ser equilibrada com quantidade de decolagens (Figura 19). Tal método será melhor abordado quando falarmos em Envelope ou Curva de Capacidade.

Figura 19 - Ilustração de Pareto conforme operação de Pousos e Decolagens verificados em determinada pista



Fonte: NETWORK MANAGER (2016)

A metodologia europeia de capacidade de pista prevista no *ACAM Manual* baseia-se no princípio “measure to manage”, isto é, medir para gerenciar como princípio fundamental para incremento da capacidade e, esta tarefa de medição

poderá ser executada por uma equipe de medição de capacidade que coletará localmente dados acerca da operação do aeroporto, tais como: tempo de ocupação de pista, tempo entre duas aproximações consecutivas, tempo entre um pouso e autorização para decolagem, tempo que uma aeronave que decola leva para alinhar na pista em uso, entre outros movimentos na pista. Além do tempo que leva durante os movimentos nas *taxiways* e nos pátios.

Complementa a atividade de coleta de dados: a análise estatística das cabeceiras mais utilizadas, *mix* das aeronaves que operam no aeroporto, impacto da infraestrutura aeroportuária e restrições ambientais na capacidade de pista, efeito do espaço aéreo correspondente à Área de Controle Terminal (TMA) no aeroporto. Todos esses dados farão parte do relatório final que, por seu turno, apresentará a capacidade de pista declarada, ótima e potencial, além de uma série de recomendações que permitem sua melhoria. Tais aspectos aqui relacionados se aproximam muito ao método aplicado no Brasil.

Ressalta-se que a EUROCONTROL utiliza a ferramenta de análise e indicador de performance para aeroportos (PIATA NEO) para analisar, consolidar e modelar a partir dos arquivos com os dados coletados, além de criar representação gráfica da análise aeroportuária, fazer simulações e analisar possíveis impactos com a introdução futura de novas companhias aéreas, dentre outras necessidades.

6.2 Metodologia americana de capacidade de pista

O espaço aéreo norte-americano, mais conhecido como NAS, isto é, *National Airspace System*, segundo Leighfisher (2012, p.18), inclui:

[...] mais de 19.000 aeroportos, dos quais cerca de 5.200 estão abertos ao público; 400 ATCT; 197 Instalações de Controle de Aproximação de Radar Terminal (TRACON); e 22 Centros de Controle de Área (ARTCC). O gerenciamento de tráfego do NAS é executado pelo Air Traffic Control System Command Center (ATCSCC) localizado em Herndon, Virgínia.

A FAA é a agência americana responsável por regular, conceder licenças e certificados, fomentar pesquisas e prover treinamentos em todos os aspectos aos usuários da aviação civil nos Estados Unidos.

Figura 20 - Centros de Controle de Área da FAA²²



Fonte: LEIGHFISHER (2012)

A metodologia americana acerca da capacidade de pista é descrita na *Advisory Circular (AC) 150/5060-5, Capacidade Aeroportuária e Atraso*, que, ao que consta em seu próprio documento, segue em sua última versão de 1995 pode, portanto, estar em descompasso com alguns dos últimos conceitos e técnicas aplicados na aviação (*NETWORK MANAGER*, 2016, pag. 17). Contudo, dada a necessidade de atualização da capacidade aeroportuária, com as novas tendências do ramo, técnicas de modelagem aprimoradas e novas pistas que têm sido adicionadas ao sistema americano, a FAA emitiu em 2014 a última atualização do *Airport Capacity Benchmark Report* (Relatório de Referência de Capacidade Aeroportuária) que, constitui um relatório de referência em termos de capacidade aeroportuária, como parte do esforço daquela Agência para avaliar as características de capacidade dos aeroportos mais movimentados do país. Este Relatório alerta que métodos mais sofisticados de avaliação de capacidade estão sendo utilizados pela FAA, de tal forma que a AC, muito embora seja uma fonte primária usada para calcular capacidade para todos os tipos de aeroportos, ela é somente uma orientação formal no assunto.

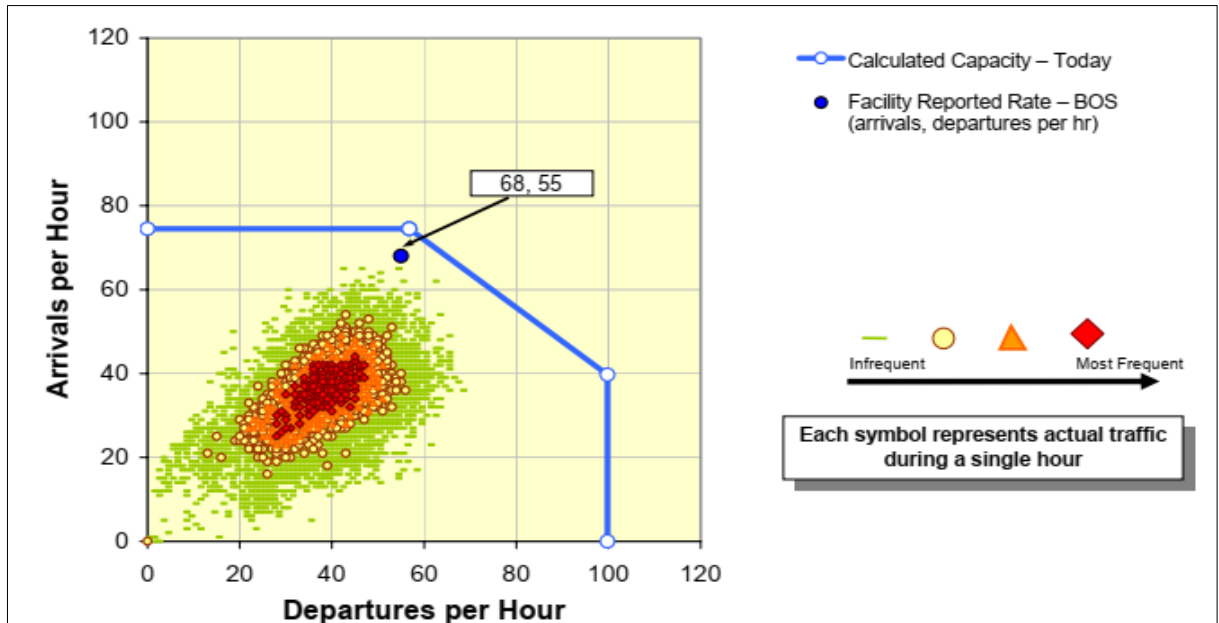
²² Não constam na figura os seguintes Centros de Controle de Área: ZAN – Anchorage (Alaska) e ZHN – Honolulu (Hawaii).

A AC define capacidade como o “número máximo de operações de aeronaves que podem ser acomodadas no aeroporto ou no componente de aeroporto em uma hora”²³ (Federal Aviation Administration, 1995, p. 2, tradução nossa). Esta definição incorpora o intervalo de hora, porém o documento agrega o conceito de capacidade aeroportuária anual ou *Annual Service Volume* (ASV) que de forma similar representa a quantidade de operações que pode ser suportada em um ano. Adotaremos a noção da capacidade horária, uma vez que está em sintonia com o *Relatório de Capacidade Aeroportuária* que define capacidade como “o fluxo horário que as pistas de um aeroporto são capazes de suportar durante os períodos de alta demanda” (Federal Aviation Administration, 2014, p. 8, tradução nossa).

Uma outra definição de capacidade largamente aceita, dentro da literatura americana, inclui o atraso como elemento constituinte de seu conceito, assim uma “medida da capacidade prática definida como número máximo de operações que resulta em um atraso médio máximo especificado” (LEIGHFISHER, 2012, p. 3, tradução nossa).

As versões anteriores do Relatório de Referência de Capacidade Aeroportuária representavam a capacidade de cada aeroporto por meio da Curva de Capacidade ou Fronteira de Pareto, como apresentado na Figura 21.

²³ Federal Aviation Administration, AC 150/5060-5 Airport Capacity and Delay. Disponível em: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150_5060_5.pdf. Acesso: em 04 de julho de 2019.

Figura 21 - Curva de Capacidade do Aeroporto Internacional de Boston Logan

Fonte: Federal Aviation Administration (2004)

Esta representação acima demonstra a relação entre a quantidade de pousos e de decolagens obtidas durante a operação em determinado aeroporto ao longo de vários dias, respeitadas as limitações dos setores do espaço aéreo, com o propósito de subsidiar decisões em termos de gerenciamento de tráfego aéreo.

A metodologia padrão e que serve como ponto de partida na determinação da capacidade aeroportuária²⁴ e descrita na AC 150/5060-5, conta com o *layout* mais comum observados nos aeroportos americanos (ao todo são apresentadas 19 configurações de pistas); busca-se através deste método, conhecido como Tabelas de Consulta, que os planejadores de aeroportos escolham uma ou mais tabelas de consulta que combinam melhor com o layout de pista do aeroporto em estudo (Figura 22).

²⁴ Capacidade aeroportuária é um conceito mais abrangente, em termos dos componentes de um aeroporto, de forma a incluir a pista, taxiway, pátio, ponto de espera e espaço aéreo próximo ao aeródromo.

Figura 22 - Capacidade conforme alguns exemplos de configuração do sistema de pistas

NO.	Runway-use Configuration	Mix Index & (C+3D)	Ops/Hr		Volume Ops/Yr
			VFR	IFR	
1.		0 to 20	98	59	230,000
		21 to 50	74	57	195,000
		51 to 80	63	56	205,000
		81 to 120	55	53	210,000
		121 to 130	51	50	240,000
2.		0 to 20	197	59	355,000
		21 to 50	145	57	275,000
		51 to 80	121	56	260,000
		81 to 120	105	59	285,000
		121 to 180	94	60	340,000
3.		0 to 20	197	62	355,000
		21 to 50	149	63	285,000
		51 to 80	126	65	275,000
		81 to 120	111	70	300,000
		121 to 180	103	75	365,000
4.		0 to 20	197	119	370,000
		21 to 50	149	113	320,000
		51 to 80	126	111	305,000
		81 to 120	111	105	315,000
		121 to 180	103	99	370,000
5.		0 to 20	295	62	385,000
		21 to 50	213	63	305,000
		51 to 80	171	65	285,000
		81 to 120	149	70	310,000
		121 to 180	129	75	375,000

Fonte: Federal Aviation Administration (1995)

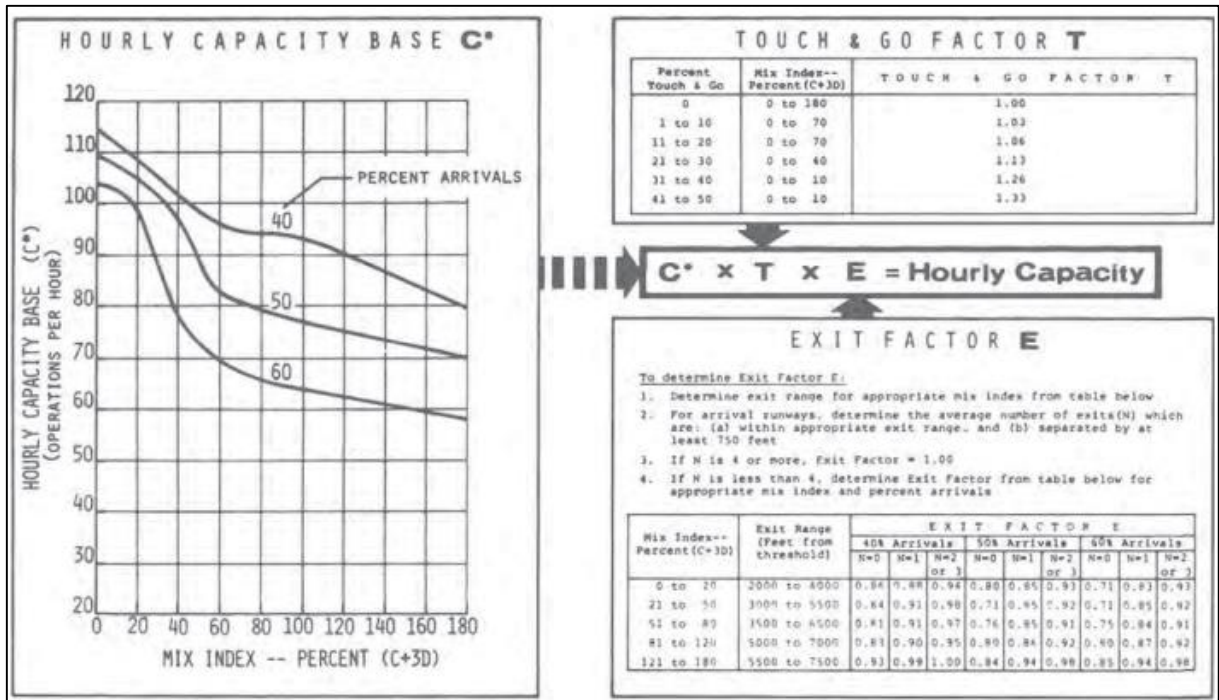
Um outro método apresentado na AC e mais refinado que o anterior, baseia-se em cartas, nomógrafos e planilhas, indicado para aeroportos menores, com configurações de pista simples. Este método apresenta a capacidade estimada para 43 configurações de pista e combinações meteorológicas representativos dos principais aeroportos americanos. A capacidade horária é obtida da fórmula:

Capacidade de Pista = $C^* \times T \times E$, onde “C*” é a capacidade horária base, “T” representa a porcentagem de toques e arremetidas durante operação IFR e VFR e, “E” caracteriza o fator de saída, isto é, a localização das *taxiways* de saída, medida da cabeceira à aproximação final da pista.

Segundo Leighfisher (2012, p. 35, tradução nossa) “para calcular a capacidade de pista por hora, este método requer a seleção da melhor representação das configurações de teto, visibilidade a partir de um diagrama de várias configurações de

uso de pista. O usuário deve então encontrar os gráficos ou nomógrafos correspondentes para o caso selecionado”. A figura 23 ilustra a aplicação do método para determinada pista e condição meteorológica.

Figura 23 - Método cartas/nomógrafos



Fonte: Federal Aviation Administration (1995)

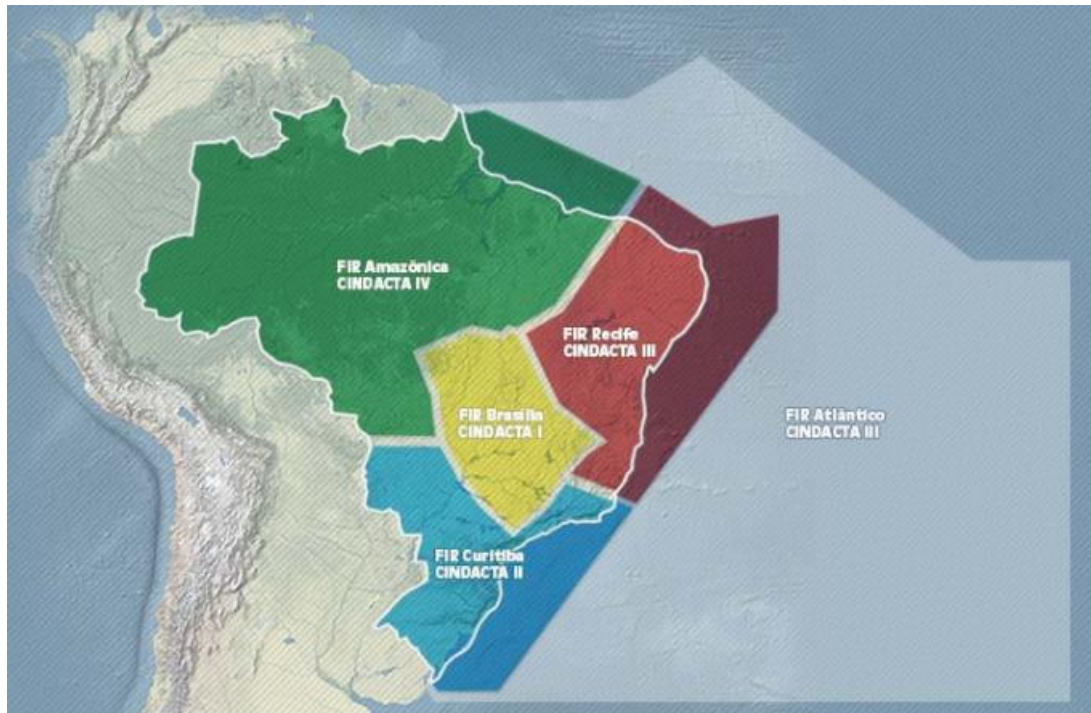
Verifica-se que a metodologia norte-americana se baseia em uma grande quantidade de dados estatísticos coletados por muitos anos, proporcionando um desempenho muito bom em cenários americanos em termos de capacidade teórica e atual.

A AC dedica capítulo especial para apresentar outros métodos aprimorados a partir de modelos de simulação computacional para cálculo da capacidade de pista e de atrasos médio por aeronave, são eles: SIMMOD (*Airport and Airspace Simulation Model*); ADSIM (*Airfield Delay Simulation Model*) e ACM (*Airfield Capacity Model*). Vários outros métodos mais sofisticados foram desenvolvidos e são aplicados para o cálculo da capacidade de pista a partir de inúmeras variáveis de entrada como: performance de aeronaves, fatores humanos, geometria do sistema de pista, requisitos de separação entre aeronaves, dentre outras.

6.3 Metodologia brasileira de capacidade de pista

O espaço aéreo brasileiro é dividido em 5 (cinco) Regiões de Informação de Voo (FIR) de uso da aviação civil: FIR Amazônica, FIR Recife, FIR Atlântico, FIR Brasília e FIR Curitiba. Coincidente a essas FIR, o Brasil possui 4 (quatro) Regiões de Defesa Aeroespacial (RDA), com exceção da RDA 3, que engloba as FIR Atlântico e Recife, que envolve a Circulação Operacional Militar. Esta característica, juntamente com o compartilhamento de toda a rede de infraestrutura aeronáutica entre aviação civil e militar, qualifica o Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) como integrado.

Figura 24 - Regiões de Informação de Voo e de Defesa Aeroespaciais (FIR/RDA)



Fonte: BRASIL (2016)

O órgão central do SISCEAB é o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e é responsável pelo “todos os serviços que demandam um alto grau de tecnologia, mão de obras, pesquisa e planejamento especializados, relacionados à gestão e ao gerenciamento de nosso espaço aéreo” (BRASIL, 2016, p. 14).

Atualmente, o SISCEAB conta com os seguintes órgãos de controle: 60 Torres de Controle (TWR), 44 Controles de Aproximação (APP) e 5 Controles de Área (ACC).

O CGNA é o órgão operacional do DECEA responsável por assegurar o balanceamento entre a capacidade do Sistema e a demanda dos movimentos aéreos no País, incluindo as aeronaves militares evoluindo sob as regras da Circulação Aérea Geral (CAG) do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro, em suma cabe ao CGNA exercer o efetivo gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo.

Quanto ao método de cálculo da capacidade de pista, previsto na MCA 100-14, assume-se o preceito de uma operação de decolagem entre dois pousos consecutivos, mantendo os mínimos de separação regulamentar definidos no ICA 100-37 (Serviços de Tráfego Aéreo). A capacidade da pista é estimada para um intervalo de 60 minutos em função dos tempos médios de ocupação das pistas.

Segundo o MCA 100-14, para determinar a capacidade do conjunto de pistas, os seguintes aspectos devem ser considerados:

- a) Fatores de planejamento; e
- b) Fatores relacionados às operações de pouso e decolagem.

E continua:

[...]Os fatores de planejamento são elementos utilizados para a simplificação dos

modelos matemáticos, ou dos aspectos operacionais, que influenciam na determinação da capacidade do sistema de pistas. Os mais comuns aplicados são:

- a) Condições ideais de seqüenciamento e coordenação do tráfego aéreo;
- b) Considera-se que todo o pessoal tem o mesmo treinamento e o mesmo desempenho operacional;
- c) Todos os auxílios à navegação e auxílios visuais são considerados tecnicamente e operacionalmente sem restrições; e
- d) Todos os equipamentos de comunicação (VHF / telefonia) considerados operacionais estão operando normalmente. (BRASIL, 2015, p. 13)

O MCA 100-14 elenca os seguintes fatores relacionados às operações de pouso e decolagem:

- a) Tempo médio de ocupação da pista;
- b) *Mix* de aeronaves;
- c) Percentual de utilização das cabeceiras;
- d) Comprimento do segmento de aproximação final;
- e) Separação mínima regulamentar de aeronaves;

- f) Velocidade de aproximação final; e
- g) Utilização ou não de equipamento radar. (BRASIL, 2015, p. 13)

O tempo médio de ocupação de pista representa o tempo dedicado para a operação exclusiva de uma aeronave sobre a pista em uso, momento este que não é autorizado nenhum pouso ou decolagem por parte de uma segunda aeronave.

Já o percentual de utilização das cabeceiras representa informação histórico-estatística acerca do grau de emprego de cada cabeceira dada um período específico, que em geral será de um ano.

O *mix* de aeronaves significa a combinação, em termos percentuais, de diferentes categorias de aeronaves que *operam* em determinado aeroporto. Esta informação tem influência direta quanto a separação que será empregada entre duas aproximações consecutivas.

E finalmente, a separação mínima regulamentar trata-se do espaçamento mínimo exigido entre duas aproximações consecutivas, por força de norma que regulamente, esta separação pode ser exigida em função, por exemplo, das categorias das aeronaves predecessoras e sucessoras por esteira de turbulência, operação radar ou não radar (convencional), complexidade do setor do espaço aéreo de aproximação final.

Este método baseia-se na coleta de dados, que, por uma questão de maior precisão, deve ser feito no horário de pico, uma vez que o fluxo de tráfego aéreo é mais fluido durante esse período, reduzindo assim o tempo de ocupação da pista. Se os dados coletados não abrangem todas as categorias, dados adicionais podem ser coletados em outros horários e até em dias diferentes. O tempo de ocupação da pista durante a decolagem deve ser contado a partir do momento em que a aeronave sai do ponto de espera até cruzar a cabeceira oposta.

Os critérios de separação adotados pelo ATC variam à luz dos regulamentos em vigor nesta matéria em cada Estado. Em geral, é considerada uma separação de 5 NM, que coincide com o Marcador Externo (OM) ou o Fixo de Aproximação Final (FAP) e a cabeceira da pista.

Se não houver OM/FAP, um outro ponto pode ser determinado, desde que sua distância em relação à cabeceira seja conhecida e garantida que uma aeronave, para decolagem, seja impedida de ingressar a pista em uso enquanto a aeronave que aproxima esteja sobrevoando este ponto.

Muito embora a metodologia brasileira de capacidade de pista possua um viés mais analítico, simulações através da ferramenta TAAM são empregadas para cenários mais complexos. Resultados de avaliação da capacidade de pista por meio do TAAM serão apresentados mais adiante por meio de um estudo de caso.

6.4 Quadro comparativo

As características de cada metodologia são apresentadas a seguir:

Tabela 3 - Metodologias de Capacidade de Pista

Metodologia	Órgão ATM	Órgão ATFM	Norma	Atraso reportável	Definição de Capacidade e Fases ATFM	Métodos de cálculo da Capacidade de Pista
Europeia	EUROCONTROL	NMOC	ACAM Manual	De 1 a 14 min	Capacidade Estrutural (Estratégica Macro); Capacidade Planejada (Estratégica) e Capacidade Operacional (Pré-Tática/Tática)	Dados históricos de performance; Modelos analíticos e planilhas; modelos baseados em simulação (Fronteira de Pareto)
Americana	FAA	ATCSCC	AC 150/5060-5	Superior a 15 min	Capacidade Ótima ou VMC; Capacidade Marginal e Capacidade IMC	Tabelas de Consulta; Métodos de cartas/mamógrafos; Modelos de simulação (SIMMOD, ADSIM e ACM)
Brasileira	DECEA	CGNA	MCA 100-14	Superior a 30 min	Capacidade Teórica de Pista (Estratégica, Pré-Tática e Tática)	Modelos analíticos e planilhas; modelos baseados em simulação (TAAM)

Fonte: Autor (2019)

7 CAPACIDADE DE PISTA E ATRASO

O atraso, como já foi abordado neste trabalho, trata-se de impacto indesejado da não harmonização entre a capacidade do sistema e a demanda de tráfego aéreo prevista, servindo como verdadeiro índice para a avaliação da eficiência na prestação do serviço de gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo.

Todavia, o atraso é tratado diferentemente pelas duas metodologias estrangeiras de capacidade de pista. O *ACAM Manual* não trata o atraso como a mesma ênfase dada pela FAA, de modo que esta consagra na AC 150/5060-5 o assunto “Capacidade Aeroportuária e Atraso”. Critica a EUROCONTROL a imposição do atraso como fator único para avaliação da capacidade de pista, *in verbis*: “A boa avaliação da capacidade aeroportuária garante que todos os fatores relevantes sejam levados em consideração - incluindo impactos ambientais, resiliência, fatores comerciais e fatores econômicos - e não apenas atraso” (*NETWORK MANAGER*, 2016, p. 9, tradução nossa). Portanto, enquanto a agência europeia prescreve o monitoramento da capacidade, a agência americana recomenda o monitoramento do atraso por aeronave como técnica potente a atestar a eficiência e subsidiar decisões acerca dos seus respectivos sistemas ATM. A FAA tem acompanhando o desempenho dos aeroportos da NextGen²⁵, usando indicadores de desempenho de capacidade e eficiência em seus principais aeroportos, segue abaixo a métrica de performance e de capacidade do aeroporto JFK em Nova Iorque, de 2009 a 2017.

²⁵ NextGen Aeroportos. Disponível em: <https://www.faa.gov/nextgen/snapshots/airport>. Acesso em: 18 ago. 2019.

Figura 25 - Performance do aeroporto JFK - Eficiência

All Information below is in Fiscal Years (October 1 - September 30).

Reportable Hours for JFK
06:00 - 22:59 local time

Efficiency **Capacity**

Performance Indicator (FY)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Average Gate Arrival Delay <i>Minutes per Flight</i>	9.2	2.8	6.6	0.0	7.2	6.1	4.9	6.2	9.3
Average Number of Level-offs per Flight <i>Counts per Flight</i>	1	1	3.0	3.1	3.1	3.0	2.9	2.9	2.8
Distance in Level Flight from Top of Descent to Runway Threshold <i>Nautical Miles per Flight</i>	1	1	37.2	41.3	39.7	38.8	37.8	38.8	38.0
Effective Gate-to-Gate Time <i>Minutes per Flight</i>	178.0	177.3	192.0	193.6	190.2	198.4	205.8	216.2	224.9
Taxi-In Time <i>Minutes per Flight</i>	10.8	10.9	9.9	8.7	8.9	9.2	8.9	9.0	9.0
Taxi-Out Time <i>Minutes per Flight</i>	33.1	30.2	27.8	25.5	26.8	26.1	26.7	26.1	27.5

¹ Consistent data for the time period prior to FY 2011 are not available.

As described by the International Civil Aviation Organization (ICAO), *efficiency addresses the operational and economic cost-effectiveness of gate-to-gate flight operations from a single-flight perspective. In all phases of flight, airspace users want to depart and arrive at the times they select and fly the trajectory they determine to be optimum.*

Fonte: Federal Aviation Administration (2019)

Figura 26 - Performance do aeroporto JFK - Capacidade

		Capacity								
Performance Indicator (FY)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Average Daily Capacity Number of Operations	1,415	1,355	1,386	1,462	1,452	1,457	1,531	1,591	1,561	
Average Hourly Capacity During Instrument Meteorological Conditions (IMC) Number of Operations	75	73	73	78	78	77	76	78	78	

As described by the International Civil Aviation Organization (ICAO): *The global Air Traffic Management (ATM) system should exploit the inherent capacity to meet airspace user demands at peak times and locations while minimizing restrictions on traffic flow. ICAO also notes: The ATM system must be resilient to service disruption and the resulting temporary loss of capacity.*

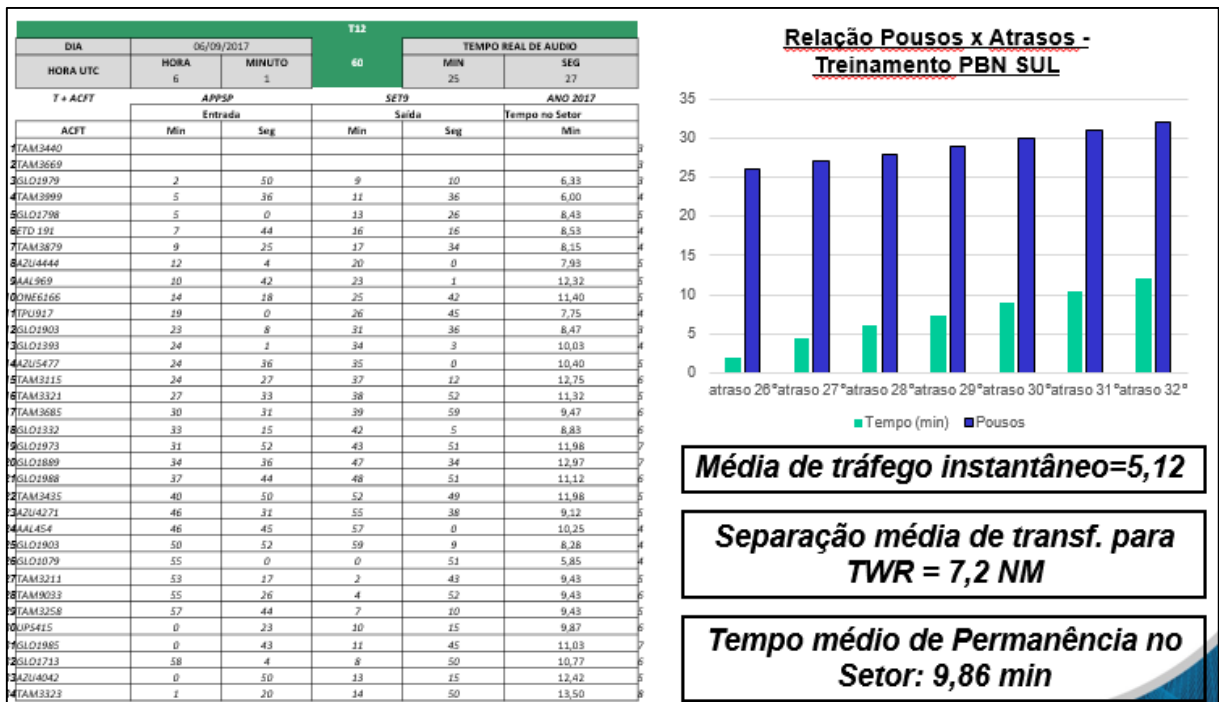
Fonte: Federal Aviation Administration (2019)

Como já dito anteriormente, a definição de capacidade americana, inclui o atraso como elemento constituinte de seu conceito, assim de acordo com Leighfisher (2012, p. 3, tradução nossa): “medida da capacidade prática definida como número máximo de operações que resulta em um atraso médio máximo especificado”. Esta definição inclina para um conceito muito próximo ao de “atraso aceitável” quando este for usado para estimativa de capacidade, principalmente da capacidade operacional em horários mais congestionados, quando a demanda supera a capacidade horária declarada.

Algo muito próximo se revela de um estudo a respeito da Capacidade Horária do Setor final do aeroporto de Guarulhos – São Paulo, em que se buscava através de dados obtidos em exercício simulado por ocasião dos treinamentos dos controladores de voo do APP-SP e gerentes de fluxo do CGNA²⁶, a relação da capacidade do setor final T9 com a capacidade de pouso, uma vez admitindo um “atraso aceitável”. Ressalta-se que tais dados foram obtidos através de simulação e estudos preliminares internos no CGNA e, não revelam conclusões oficiais desta instituição. Assim vejamos:

²⁶ Projeto PBN-Sul tem participação do CGNA. Disponível em: <http://www2.fab.mil.br/cgna/index.php/acontece-no-cgna/217-projeto-pbn-sul-tem-participacao-do-cgna>. Acesso em: 17 ago. 2019.

Figura 27 - Cenário 1 - Relação pousos x atrasos

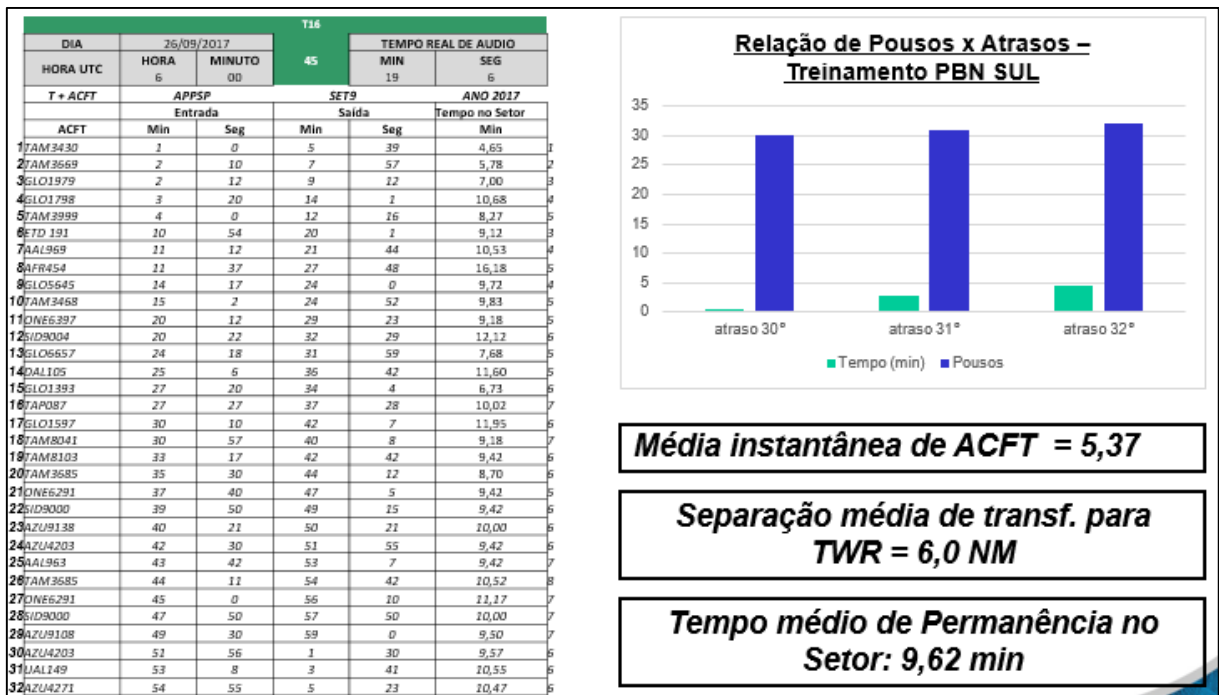


Fonte: BRASIL (2017)

A partir da 26ª aeronave em aproximação para a pista 09R de Guarulhos, verificamos um atraso médio de 2 min, porém se admitirmos atraso médio inferior a 15 min seria possível aproximar 32 aeronaves, o que representaria um ganho de 6 operações de pouso na hora.

Em uma outra amostra, chegou-se a resultados mais favoráveis aos que foram obtidos anteriormente. Neste caso, foi possível aproximar 32 aeronaves com atraso médio de 4 min, como ilustrado abaixo:

Figura 28 - Cenário 2 - Relação pousos x atrasos



Fonte: BRASIL (2017)

Portanto, verificou-se, por meio do exercício simulado, a possibilidade de incremento da capacidade uma vez admitida um “atraso médio aceitável”. Entretanto, questiona-se: qual seria o atraso médio aceitável? Quem pode definir o índice médio de atraso aplicável e aceito por aeronaves que operam no espaço aéreo nacional?

A consultoria inglesa *Official Airline Guide* (OAG) admite em seus estudos e publicações de performance de companhias aéreas e de aeroportos um atraso inferior a 15 min. A FAA segue este mesmo índice, conforme Rakas (2014, p. 4, tradução nossa):

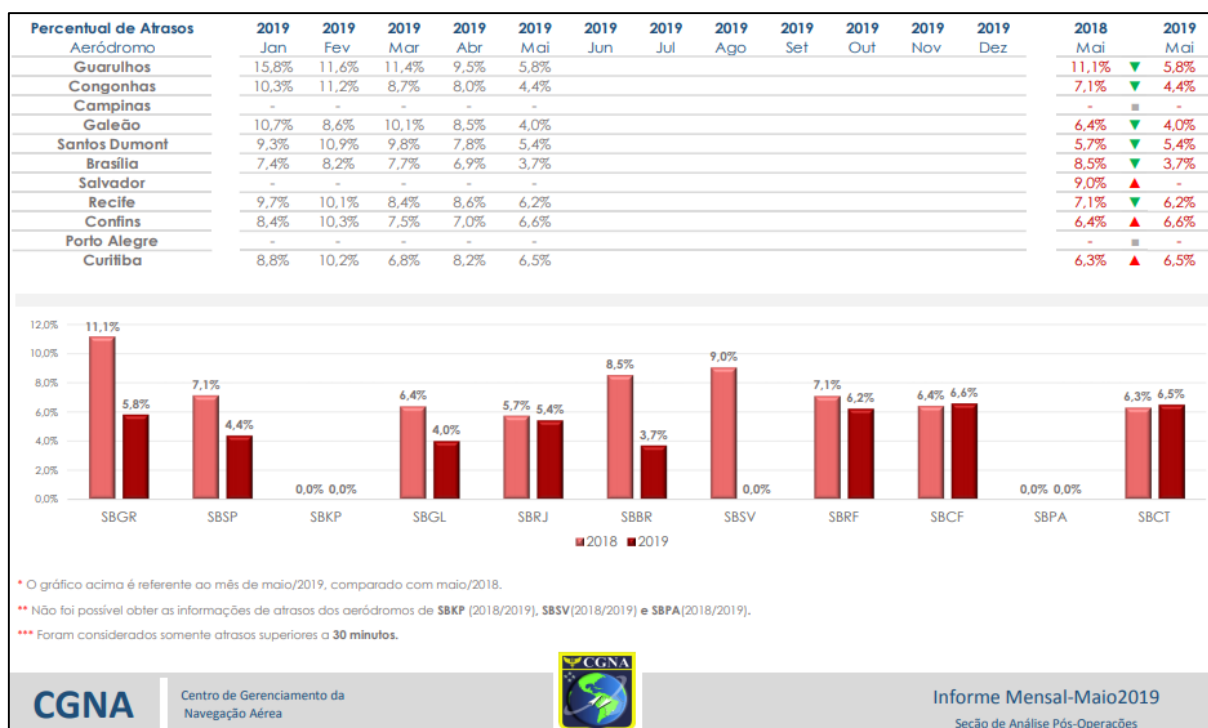
Normalmente, a Organização de Tráfego Aéreo da FAA (ATO) concentra-se em voos com atraso de 15 minutos ou mais de o plano de voo resultante do sistema ATC que detém uma aeronave no terminal de passageiros, no ponto de espera, na pista, na taxiway e / ou em uma configuração de espera em qualquer lugar na rota.

Já a EUROCONTROL, estima aumento no atraso para 5 min por voo, conforme *Network Manager* (2016, p. 6, tradução nossa):

“Até 2035, estima-se que mais de 20 aeroportos na Europa operem a 80% ou mais de capacidade por 6 ou mais horas por dia, em comparação com apenas 3 no verão de 2012. Isso demandará um atraso (todas as causas) em torno de 1 minuto / voo em 2012 para 5-6 minutos em 2035”.

O CGNA considera em seus dados estatísticos atrasos superiores a 30min, consoante dados de desempenho de aeroportos do mês de maio de 2019.

Figura 29 - Informe mensal – maio 2019



Fonte: BRASIL (2019)

Quanto ao questionamento acerca da autoridade responsável em definir o índice médio de atraso aplicável e aceito por aeronaves que operam no espaço aéreo nacional, vislumbra-se a competência da Secretaria Nacional da Aviação Civil, subordinada ao Ministério de Infraestrutura, em coordenação com a Agência Nacional de Aviação Civil, uma vez ser de competência daquela Secretaria propor, coordenar e acompanhar políticas e diretrizes para gestão, regulação, segurança, desenvolvimento sustentável e prestação adequada dos serviços e das infraestruturas da aviação civil, consoante Art. 15, VI do Decreto 9676, de 2 de janeiro de 2019.

Ao que se mostra o atraso médio alia-se somente à capacidade operacional, o incremento da demanda em determinados horários (hora de pico), para além da

capacidade teórica de pista (capacidade de pista planejada), proporciona por si só um aumento do índice de atraso; entretanto se este atraso estiver dentro da média aceitável e determinada estrategicamente para aquele período do ano, a capacidade de pista constituiria o movimento máximo alcançado naquela faixa horária.

Segundo RAKAS (2014, p. 2, tradução nossa): “Deve-se notar que nem todo atraso deve ser visto negativamente: uma certa quantidade de atraso é necessária se um sistema é executado eficientemente quando perto da capacidade”.

Portanto este atraso não é calculado, em seu sentido matemático, mas sim avaliado e definido pelo órgão de gestão política da aviação civil, em coordenação com demais partes interessadas, e constituiria a performance exigida para o sistema de controle do espaço aéreo nacional, específica para determinado aeroporto, em seus horários de maior demanda.

Mister se faz, para tanto a adoção do conceito europeu que apresenta três definições de capacidade de pista em função do tempo, derivando benefícios distintos para diferentes usuários – Capacidade Estrutural (planejadores aeroportuários, administradores aeroportuários e governo); Capacidade Planejada (órgãos reguladores, órgãos de gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo, administradores aeroportuários e companhias aéreas) e Capacidade Operacional (órgãos de gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo e órgãos de controle de tráfego aéreo).

8 CAPACIDADE DE PISTA E METEOROLOGIA

Como vimos, o MCA 100-14 estabelece a metodologia de capacidade de pista aplicada no Brasil e recomenda a serem considerados os seguintes fatores de planejamento, utilizados para a simplificação dos modelos matemáticos ou dos aspectos operacionais:

- a) Condições ideais de sequenciamento e de coordenação de tráfego aéreo;
- b) Todas as equipes operacionais são consideradas com a mesma capacitação e o mesmo desempenho operacional; e
- c) Todos os equipamentos de radionavegação e de auxílios visuais são considerados, técnica e operacionalmente, sem restrições; e todos os equipamentos de comunicações (VHF/Telefonia) são considerados operacionais. (BRASIL, 2015).

Tais fatores reforçam a visão de que este método, como dito no próprio documento, é conhecido como capacidade **teórica** de pista, pelo fato de não acompanhar o contexto operacional e os aspectos que interferem diretamente na capacidade de pista reinante. Ao considerar o cenário ideal de operação, a capacidade teórica de pista mais se aproxima da definição de Capacidade Planejada de Pista, que conforme o que prevê o *ACAM Manual*:

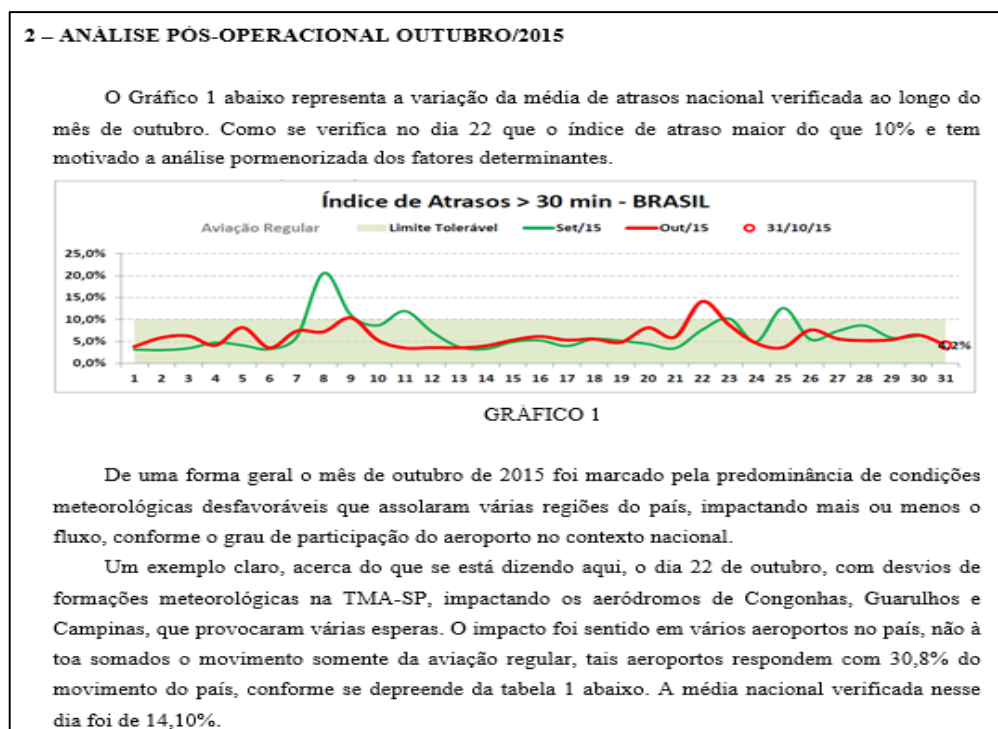
A capacidade planejada é usada por todos os aeroportos para coordenação no agendamento de linhas aéreas (com ou sem o processo Worldwide Slot Guidelines (WSG) e também como entrada para os processos de gestão de fluxo estratégico com o Network Manager. Os dados fornecidos pelas métricas de capacidade planejada permitem uma comparação com a demanda programada onde processos colaborativos podem ser aplicada para reduzir o desequilíbrio, ou para estabelecer planos de contingência no evento em que as restrições detalhadas ocorrem (*NETWORK MANAGER*, 2016, p. 15, tradução nossa)

Portanto a conceito de capacidade teórica de pista não deve ser usado para a avaliação do cenário operacional apresentado como, por exemplo, a meteorologia desfavorável; para tanto a capacidade operacional objetiva “integrar as últimas informações detalhadas de restrição para atualizar os valores de capacidade. É usado

por todos os aeroportos para refinar quaisquer planos de balanceamento de demanda identificados ou planos de contingência” (*NETWORK MANAGER*, 2016 p.15, tradução nossa). Aspira, desta forma, a proposta de inserção do conceito de capacidade dinâmica de pista, como aquela capaz de se adaptar ao contexto operacional apresentado.

Um dos aspectos que mais interfere a capacidade e, que provoca o aumento nos índices de atraso, é a condição meteorológica reinante, se adversa, sob condições meteorológicas instrumentos (IMC), provoca várias manobras de desvios, esperas em setores do espaço aéreo, reduz a acuidade visual do piloto durante a aproximação, e diminui o tempo de frenagem da aeronave durante o pouso. Por mais que o Brasil não sofra fenômenos meteorológicos extremos que assolam outras regiões do planeta, quando as condições meteorológicas adversas ocorrem, têm provocado impactos visíveis no cenário tático, como se verifica no relatório pós-operacional do CGNA do mês de outubro de 2015:

Figura 30 - Análise pós-operacional outubro/2015



Fonte: BRASIL (2015)

A ICAO define que os indicadores de capacidade de pista serão baseados no número de movimentos por unidade de tempo que podem ser aceitos durante

diferentes condições meteorológicas (INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2009). Seguem em harmonia com este princípio as duas metodologias, europeia e americana. A FAA costuma publicar a capacidade de pista de seus aeroportos sobre três condições meteorológicas distintas: visual, marginal e instrumento. Visual quando o teto e a visibilidade permitem aproximações visuais, específicas para cada aeroporto; Marginal quando o teto e a visibilidade estão abaixo da aproximação mínima visuais, mas melhor que as condições do instrumento; já na condição instrumento, o teto está a menos de 1.000 pés e visibilidade inferior a 3 milhas, quando a separação radar entre aeronaves é requerida. Como abaixo:

Figura 31 - Capacidade de pista de alguns dos principais aeroportos americanos

Airport Identifier and Name		Aircraft Operations (Arrivals and Departures) per Hour		
		Visual	Marginal	Instrument
ATL	Hartsfield-Jackson Atlanta International	216-226 (AP) 219-222 (DP)	201-208 (AP) 206 (DP)	175-190 (AP) 183-186 (DP) 168-169 (LIMC - AP) 168-179 (LIMC - DP)
BOS	Boston Logan International	116-125	109-112	84-86
BWI	Baltimore-Washington Thurgood Marshall International	68-80	64-80	62-64
CLT	Charlotte/Douglas International	176-182	161-162	138-147
DCA	Ronald Reagan Washington National	69-72	69-72	54-64
DEN	Denver International	262-266 (AP) 266-298 (DP)	224-279	224-243
DFW	Dallas/Fort Worth International	226-264	194-245	170
DTW	Detroit Metropolitan Wayne County	178-184	163-164	136
EWR	Newark Liberty International	94-99 (AP) 94-100 (DP)	76-84	68-70
FLL	Fort Lauderdale-Hollywood International	74-82	66-72	56-66
HNL	Honolulu International	117-120	91-105	60-77
IAD	Washington Dulles International	150-159 (AP) 156-164 (DP)	112-120 (AP) 136-145 (DP)	108-111 (AP) 125-132 (DP)
IAH	Houston George Bush Intercontinental	172-199	152-180	144-151
JFK	New York John F. Kennedy International	84-87 (AP) 90-93 (DP)	85-86	74-84

Fonte: Federal Aviation Administration (2014)

Recentemente, o projeto Agile GRU alcançou o fluxo otimizado de chegada e de saída de aeronaves no aeroporto de Guarulhos (SBGR), com a possibilidade de serem empregadas operações segregadas sob condições meteorológicas visuais, isto é, operação simultânea sob condições meteorológicas visuais (VMC²⁷) na qual uma

²⁷ Os mínimos operacionais de aeródromo para operação segregada sob VMC em SBGR são teto de 1500ft e visibilidade de 5000 m.

pista é utilizada exclusivamente para pouso e a outra exclusivamente para decolagem, permitindo a redução da separação entre aeronaves sucessivas e, o consequente aumento da capacidade de pista. Segundo a Circular de Informação Aeronáutica (AIC) N 45/18, “com esta operação, observa-se a oportunidade de, associada a outras iniciativas, obter ganhos reais de capacidade aeroportuária, por meio da maior flexibilidade operacional no uso do sistema de pistas instalados em SBGR” (BRASIL, 2018, p.2). Este projeto representa ganhos da capacidade ditados pelo contexto operacional sob condições meteorológicas visuais, propósito este da capacidade de pista dinâmica.

9 PROJETO ORION

O projeto de Otimização, Reestruturação e Inovação Operacional (ORION) foi criado por iniciativa do Chefe do Subdepartamento de Operações do DECEA, por meio da Portaria nº 27/SDOP, de 11 de junho de 2016, e visa evoluir a prestação dos serviços no âmbito do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), complementando o Programa SIRIUS²⁸ com ações de curto e médio prazo nas áreas Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM), Aeródromos (AGA), Gerenciamento de Informações Aeronáuticas (AIM), Sistema de Comunicação, Navegação e Vigilância (CNS), Meteorologia (MET), Operações Militares (OPM) e Busca e Salvamento (SAR).

Dentre os vários objetivos do projeto destaca-se: a) definir procedimentos e técnicas otimizadas a serem aplicados a curto e médio prazo, de maneira a obter melhorias operacionais no SISCEAB; b) estabelecer critérios e procedimentos operacionais mais flexíveis, permitindo um melhor gerenciamento do espaço aéreo; c) analisar e propor ajustes regulatórios que redundem no incremento da eficácia, eficiência e efetividade do SISCEAB; d) aprimorar as formas de interação com os usuários do SISCEAB.

Das diversas contribuições advindas dos usuários e especialistas da área de controle de tráfego aéreo²⁹ e, que compõe a linha ATM do projeto, foi proposta a possibilidade de análise do aumento percentual da capacidade de pista e do desbalanceamento entre as operações de pouso e de decolagem. Para tanto algumas considerações devem ser observadas de forma a permitir o uso eficiente da infraestrutura disponível, além da manutenção dos níveis ótimos de segurança operacional.

Durante as reuniões do projeto ORION e, consagrado nos Termos de Referência do citado projeto, foi observado que existe uma metodologia já consagrada

²⁸ “O Programa SIRIUS se fundamenta no emprego de soluções estratégicas para a evolução permanente do gerenciamento do tráfego aéreo brasileiro, associado às necessidades do Meio Ambiente”. Alguns legados foram observados com o Programa: “Manutenção da segurança operacional; uso mais racional do espaço aéreo; redução da emissão de gases nocivos na atmosfera; redução de ruído nas comunidades vizinhas aos aeródromos; aumento da eficiência da gestão do tráfego aéreo; redução da carga de trabalho dos controladores; Redução da carga de trabalho dos pilotos; Redução de custos para os operadores de aeronaves; redução de custos para provedores dos serviços de navegação aérea; melhor atendimento aos usuários do transporte aéreo; maiores investimentos em tecnologia de comunicação, segurança e vigilância”. Tais esforços coadunam com as práticas almejadas pela ICAO através do objetivo de um sistema ATM Global integrado, interoperável e harmônico, consagrado no Doc. 9854 – Conceito Operacional ATM Global. Programas semelhantes a este têm sido implementados em outras regiões como NextGen da FAA e o SESAR do EUROCONTROL.

²⁹ Mister observar a Política Pública envolvida neste Projeto e presente no Plano do Comando da Aeronáutica (PCA) 351-3, quando expressa a “participação da Comunidade ATM quanto à definição dos benefícios a serem atingidos e, conseqüentemente, de como poderá ser atingida a melhor relação entre os benefícios e o custo dos investimentos a serem despendidos”.

no cálculo de capacidade de pista, desenvolvida e aplicada pelo DECEA, que estava sendo utilizada no âmbito da América Latina.

No entanto, a aplicação da capacidade de pista não era o suficiente para estabelecer a capacidade do aeroporto como um todo, tendo em vista que esta depende, ainda, das capacidades do pátio e do Terminal de Passageiro, incluindo os lados “Ar” e “Terra” dos Aeroportos.

Existe uma prática operacional da aplicação de um percentual de 80% da capacidade aeroportuária para alocação de *slots* (aeroportos coordenados nível 3 IATA³⁰) e de alocação de infraestrutura aeroportuária (demais aeroportos, inclusive aeroportos de interesse), a fim de reservar a infraestrutura necessária para a operação da aviação geral/Militar, assim como aplicação desta margem nos casos de contingências operacionais, incluindo meteorologia. O percentual em questão tem sido aplicado, atualmente, para a avaliação das propostas de HOTRAN submetidos pelas Empresas Aéreas.

Neste sentido, foi discutido preliminarmente durante as reuniões do Projeto ORION a possibilidade de refinamento dos cálculos da capacidade aeroportuária, incluindo ações das empresas aéreas que possam contribuir para otimizar tal capacidade. Além disso, também foi abordada a questão de flexibilizar o uso da capacidade estabelecida, para valores acima ou abaixo de 80%, possivelmente em horários específicos, dependendo do cenário operacional e demanda em cada aeroporto, estabelecendo-se o compromisso de todos os *stakeholders* para as eventuais consequências de tal flexibilização, como, por exemplo, um aumento nos índices de atraso.

Além da capacidade aeroportuária, foi identificado que a capacidade ATC deve ser considerada na análise do uso da capacidade aeroportuária a ser efetivamente aplicada, tendo em vista que a capacidade ATC pode impactar no percentual a ser utilizado.

Com base nas discussões do projeto ORION, foi recomendada a criação de um fórum para a discussão do tema capacidade, incluindo a capacidade aeroportuária e

³⁰ Conforme as Diretrizes Mundiais de Slots (WGS) da IATA, um aeroporto coordenado nível 3 possui as seguintes características: “a) A demanda por infraestrutura aeroportuária excede significativamente a capacidade do aeroporto durante o período relevante; b) A expansão da infraestrutura aeroportuária para satisfazer a procura não é possível em curto prazo; c) As tentativas para resolver o problema por meio de ajustes de horário voluntários falharam ou foram ineficazes; e, d) Por conseguinte, exige-se um processo de alocação de slots, sendo necessário que todas as companhias aéreas e outros operadores aéreos possuam um slot alocado por um coordenador para poder chegar ou partir de um aeroporto durante os períodos em que ocorra a alocação do slot”.

capacidade ATC, com a participação do CGNA, DECEA, ANAC, SNAC, Aeroportos e Empresas Aéreas. Tal fórum, que mais tarde foi denominado Comitê Técnico de Capacidade, e deveria se reunir, pelo menos, duas vezes ao ano, a fim de contribuir, principalmente, para a definição da Declaração de Capacidade para a temporada seguinte, notadamente para os Aeroportos Coordenados e “de interesse”.

Muito embora, o projeto ORION já tenha sido extinto, representou o marco das discussões acerca do tema, constituiu a superação de alguns dilemas presentes na metodologia brasileira de capacidade de pista e deixou um legado (algumas delas são informadas nos próximos dois subitens), que evidenciou o compromisso do estado brasileiro com as melhores práticas internacionais, no âmbito colaborativo entre os diversos *players*, em busca da eficiência da infraestrutura aeroportuária e da aviação civil.

9.1 Do aumento percentual da capacidade de pista

De uma forma geral, a capacidade do sistema de pista praticável corresponde a 80% da capacidade teórica de pista, o que dedica os 20% restante àquilo que chamamos de demanda tática (oriundo de condições meteorológicas adversas, alternados, voos em emergência etc.), além dos tráfegos que não se submetem a medidas de constrição de fluxo de tráfego aéreo, como aeronaves militares; e aeronaves da aviação geral, quando não se trata de aeródromos coordenados³¹.

Portanto a análise de viabilidade de aumento do percentual da capacidade de pista deve ser precedida de um estudo minucioso que deverá levar em consideração a complexidade de cada aeródromo, o que inclui a análise de alguns, dentre os quais: a participação da aviação geral no movimento geral do aeródromo; o percentual de impacto da aviação militar sobre o movimento do aeroporto, sobretudo em aeroportos compartilhados; e o quanto o aeroporto em estudo é utilizado como alternado, com base em série histórica que fundamente seu impacto na dinâmica aeroportuária. Grande parte dessas informações é obtida junto à Administração Aeroportuária.

Ademais deve ser realizada simulação em tempo acelerado para mensurar o possível impacto no espaço aéreo, sobretudo os setores do espaço aéreo de chegada

³¹ A ICA 100-41 define aeroporto coordenado como aquele “cujo nível de saturação comprometa qualquer um dos componentes aeroportuários críticos (pista, pátio ou terminal), seja em determinadas horas do dia, ou dia da semana, ou períodos do ano”, submetendo suas operações à obtenção de *slots*, que definiria o horário de pouso ou de decolagem no aeroporto.

e de saída de uma Área de Controle Terminal (TMA), diante do percentual incrementado da capacidade de pista, além de impactos na carga de trabalho e na média de atrasos. Para tanto, deve ser coletado em loco algumas informações primordiais para este tipo de simulação.

Em suma, a avaliação da efetiva contribuição da demanda táctica em relação ao movimento total do aeroporto, por meio da análise da série histórica e da projeção do crescimento do setor, pode permitir a redução da parcela da capacidade de pista destinada a este tipo de operação, viabilizando assim a redistribuição dessa disponibilidade à aviação comercial. Tal avaliação levará em consideração a complexidade de cada aeroporto.

Em busca do uso eficiente da capacidade de pista, a avaliação minuciosa do comportamento das operações do aeroporto, aliados à capacidade horária dos setores do espaço aéreo e os limites máximos de capacidades podem ensejar a avaliação da necessidade de distribuição horária diferente da equitativa entre pousos e decolagens.

De acordo com a Resolução nº 440 da ANAC que estabelece as regras para o processo de registro dos serviços de transporte aéreo, a publicação das capacidades operacionais da infraestrutura aeroportuária estará sujeito ao calendário de atividades, conforme disposição da IATA, assim poderão ocorrer capacidades de pistas distintas aplicáveis à temporada *Summer*, e outra, à *Winter*. A avaliação do percentual de utilização de pista e do *mix* de aeronaves típica para cada temporada poderá influenciar na publicação desta capacidade diversa.

9.2 Do desbalanceamento das operações de pouso e de decolagem

Vale destacar que, em determinados aeroportos, a utilização do critério do aumento percentual não soluciona a acomodação da demanda, uma vez que se verificam picos de demanda para um tipo de operação (pouso ou decolagem) no transcorrer das atividades do aeroporto, que superam a capacidade de pista declarada.

Neste contexto, devem-se verificar possíveis impactos do desbalanceamento na capacidade dos setores do espaço aéreo, sobremaneira os de aproximação e de decolagem. O atendimento para um tipo de operação (pouso ou decolagem) pode

desencadear perda na capacidade de pista praticada e, em contrapartida, ganho na operação do aeródromo³².

O limite dedicado às distintas operações poderá ser estabelecido também por meio de uma sofisticada ferramenta de simulação em tempo acelerado que poderá ainda fornecer informações como média de atrasos, carga de trabalho do controlador de tráfego aéreo e possíveis impactos nos setores do espaço aéreo envolvidos.

³² Alguns artigos estrangeiros definem esta perda na capacidade em uma operação, em benefício da outra como *arrival-departure capacity tradeoff*.

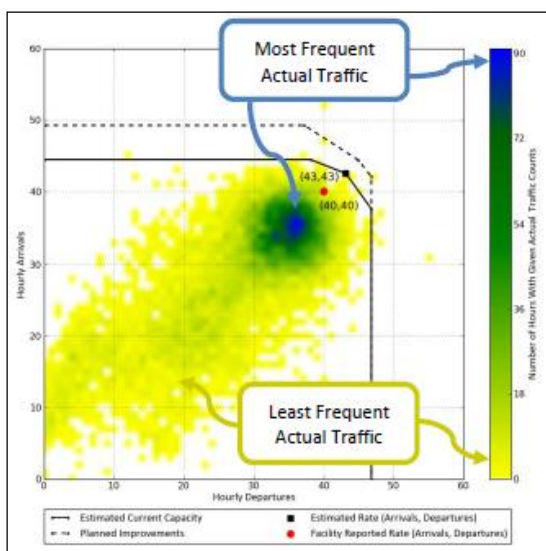
10 POSSÍVEIS CAMINHOS EMPREGADOS PARA O ESTABELECIMENTO DO DESBALANCEAMENTO ENTRE DECOLAGEM E POUSO.

10.1 Envelope de Capacidade ou Curva de Pareto

Uma forma de colaborar com o estudo para se analisar os limites verificáveis para o desbalanceamento entre a quantidade de pousos e de decolagens seria através do que chamamos de envelope de capacidade, que representa graficamente e através de dados históricos as informações da relação entre pousos e decolagens durante a operação em um aeroporto, tomados no decorrer de vários anos; sobre o assunto define Almeida (2014, p.99): “O envelope de capacidade é plotado em um plano cartesiano onde o eixo x representa a quantidade de decolagens e o eixo y, a quantidade de pousos. A curva de capacidade indica a máxima quantidade de movimentos que podem ser alocados com um determinado *mix* de operação, portanto qualquer coordenada (decolagem, pouso) dentro desse envelope pode ocorrer”.

Esta concepção está atrelada ao conceito econômico de *trade-off*, que, como bem ensina De Almeida (2001, p. 23), representa “a relação de troca necessariamente existente em uma situação de recursos escassos, graficamente representada pela curva de fronteira de produção. A fronteira de produção representa a situação de máxima utilização dos recursos disponíveis para produção de determinada quantidade de cada um dos dois bens considerados”.

Figura 32 - Envelope de capacidade de uma determinada amostra

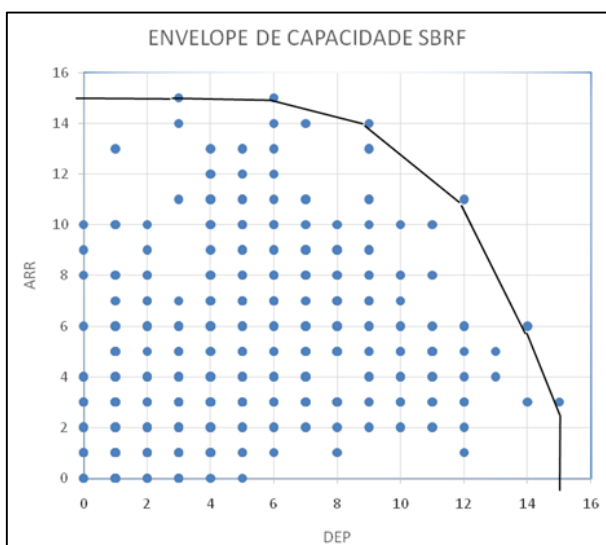


Fonte: Federal Aviation Administration (2014)

Porém um grande desafio surge quando da necessidade de “desbalancear” as operações de pouso e de decolagem, enquanto o número máximo de pouso pode ser determinado pela capacidade horária do setor (CHS) do espaço aéreo de aproximação, qual será a quantidade de decolagem possível capaz de determinar a capacidade de pista horária? De antemão admite-se aquilo que conhecemos como *trade-off*, ou simplesmente se ganhamos com a possibilidade de aumentar o número de pousos ou de decolagens em um determinado horário, perdemos com a capacidade total do sistema de pista.

Uma das formas de se chegar a tal conclusão seria através da representação gráfica emprestada da Economia conhecida como curva de possibilidade de produção ou fronteira de possibilidade de produção. Neste caso, alguns artigos dedicados a nossa aplicação temática fala de curva de capacidade ou envelope de capacidade, e resultaria do histórico estatístico horário das operações de pouso e de decolagem. Exemplifica-se naquilo que foi verificado no aeroporto de Recife abaixo:

Figura 33 - Curva de Capacidade de Recife (SBRF)



Fonte: TATIC (2017)

10.1.1 Limitações da técnica

Algumas fragilidades foram observadas na aplicação desta técnica:

- 1- Baseia-se em dados estatísticos do histórico de operação de um aeroporto, impedindo uma análise prospectiva, quando é conhecida a expectativa de demanda para determinado aeroporto;
- 2- Esta técnica pode ser bem-sucedida em aeroportos cujo movimento está muito próximo ao limite da capacidade do sistema de pista; o que pode reduzir o número de possibilidades de aeroportos e frustrar a pretensão de tornar esta técnica unicamente aplicável na totalidade dos aeroportos brasileiros.

10.2 Simulação em tempo acelerado

O TAAM é uma ferramenta de simulação em tempo acelerado (STA) que permite aos analistas prever e analisar com precisão o impacto das operações presentes e futuras de espaço aéreo e de aeroporto, permitindo aos usuários obter rapidamente os resultados e avaliar uma ampla gama de cenários que subsidia o processo decisório e o planejamento.

Alguns dados de importância para o planejamento estratégico no gerenciamento de tráfego aéreo podem ser obtidos com esta ferramenta, tais como: índice de atrasos, carga de trabalho do controlador de tráfego aéreo e determinação de períodos críticos de aumento da demanda, de maior fluxo de tráfego; além de consumo de combustível, emissão de CO₂, análise de movimentos dos setores do espaço aéreo e aeroportos, detecção e reporte de conflitos.

Através da ferramenta podemos verificar o impacto nos setores do espaço aéreo e os limites máximos de desbalanceamento das operações sem comprometer a segurança operacional, com a manutenção da fluidez do tráfego aéreo.

A versão do TAAM utilizada na simulação, no estudo de caso ao final deste trabalho, foi a V2018.1.0 *Release 17* atualizada em 27 de março de 2018.

Ocorre que o TAAM é uma ferramenta que possui custo elevado de manutenção e de atualização das suas versões. Dados obtidos pelo Sistema SIGA³³ do DECEA aponta a execução orçamentária e projeção de gastos até 2024.

³³ O SIGA – Sistema Integrado de Gestão Administrativa – é uma ferramenta corporativa que realiza o planejamento, o acompanhamento e o controle da execução orçamentária, física e financeira das atividades e projetos do DECEA. Essa ferramenta proporciona aos gestores e gerentes, em todos os níveis, condições para acompanhamento da evolução dos processos referentes às ações sob sua responsabilidade, favorecendo as tomadas de decisões julgadas oportunas.

Figura 34 - Execução orçamentária para a manutenção do TAAM, em US\$

1 - Definição/Necessidades		2 - Projeto/Especificação		3 - Licitação/Contratação		4 - Execução								
De: 01/2014 Até: 01/2014		De: 01/2014 Até: 01/2014		De: 01/2014 Até: 01/2014		De: 01/2017 Até: 12/2024								
Localidade	Observação	Responsável	Beneficiada	Executora	Ação/PO	PI	ND	2017	2018	Aprovado 2018	2019	2020	2021	2022
RIO DE JANEIRO		CGNA	CGNA	GAPCEA	20XV 02	A0003040100	339039	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RIO DE JANEIRO		PAME-RJ	CGNA	GAPCEA	20XV 02	A0003040100	339039	360.000,00	360.000,00	0,00	360.000,00	360.000,00	360.000,00	360.000,00

Moeda Estrangeira									
ND	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
3390.39	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	
Total	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	

Fonte: SIGA (2018)

Figura 35 - Execução orçamentária para a manutenção do TAAM, em R\$

Moeda Estrangeira									
ND	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
3390.39	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	
Total	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	US\$90.000,00 €0,00	

Moeda Nacional									
ND	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
3390.39	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	
Total	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	

Total									
ND	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
3390.39	R\$360.000,00	R\$360.000,00	R\$360.000,00	R\$360.000,00	R\$360.000,00	R\$360.000,00	R\$360.000,00	R\$360.000,00	
Total	R\$360.000,00	R\$360.000,00	R\$360.000,00	R\$360.000,00	R\$360.000,00	R\$360.000,00	R\$360.000,00	R\$360.000,00	

Voltar

Fonte: SIGA (2018)

A validação dos diversos cenários que possibilitam a análise do desbalanceamento entre as operações de pouso e decolagem, através do TAAM, atende a Diretriz do Comando da Aeronáutica conforme previsto no item 2.1.3 da DCA

351-2, acerca da Concepção Operacional ATM Nacional: “As melhorias operacionais decorrentes da aplicação desta Concepção deverão, quando for o caso, ser validadas por intermédio de modelagem de espaço aéreo, simulações em tempo real e acelerado, além de avaliações em voo, visando garantir que sejam exequíveis”.

10.2.1 Limitações da técnica

O elevado custo com licença e, talvez a avaliação do desbalanceamento por este método, pode ser impeditivo para os países com quem o Brasil mantém acordos de cooperação técnica, sobretudo os da Região SAM. O que não foi mencionado é a inclusão do custo com a assistência técnica, que pode chegar a US\$40.000 por 120h de suporte.

11 ESTUDO DE CASO: AEROPORTO INTERNACIONAL DE RECIFE

O aeroporto de Recife, administrado pela INFRAERO, é o segundo maior aeroporto em termos de movimento da Região Nordeste, conforme dados Anuário Estatístico de 2017³⁴. O aeroporto apresenta a seguinte distribuição entre voos da aviação geral, militar e comercial:

Figura 36 - Participação no movimento do aeroporto de Guararapes



Fonte: BRASIL (2017)

As participações da aviação geral e militar juntas já representam percentuais dedicados a esta fatia da aviação (demanda tática), quando levado em consideração a metodologia da capacidade de pista, o que afasta a possibilidade de emprego do aumento percentual da capacidade de pista? Acreditamos que não! Uma vez que estes setores da aviação não operam a toda hora de um dia de operação com 19% do movimento diário do aeroporto. Mister se faz esta observação.

A capacidade declarada de pista no aeroporto é de 30 movimentos por hora, isto é, 15 operações de pouso e 15 decolagens, porém será que esta capacidade já atende à demanda para o aeroporto? Vejamos então a demanda histórica horária deste aeroporto considerado os dias-pico, isto é, as demandas extremas para cada tipo de operação: pouso e decolagem; além da capacidade horária total verificável em 2017.

³⁴ DECEA. Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo 2017. Disponível em: http://portal.cgna.gov.br/files/uploads/anuario_estatistico/anuario_estatistico_2017.pdf. Acesso em: 8 maio 2018.

Tabela 4 - Picos de demanda. Horário de Brasília

DIA PICO – MÁXIMOS HORA A HORA			
HORA	DEP	ARR	TOTAL
00:00 – 00:59	2	3	4
01:00 – 01:59	1	6	7
02:00 – 02:59	4	4	8
03:00 – 03:59	3	0	3
04:00 – 04:59	2	0	2
05:00 – 05:59	3	2	4
06:00 – 06:59	3	1	4
07:00 – 07:59	7	4	10
08:00 – 08:59	2	11	11
09:00 – 09:59	12	3	15
10:00 – 10:59	5	1	6
11:00 – 11:59	4	7	10
12:00 – 12:59	4	12	14
13:00 – 13:59	14	6	20
14:00 – 14:59	4	5	9
15:00 – 15:59	5	7	11
16:00 – 16:59	3	12	15
17:00 – 17:59	15	5	19
18:00 – 18:59	8	4	8
19:00 – 19:59	4	4	8
20:00 – 20:59	2	1	3
21:00 – 21:59	0	11	11
22:00 – 22:59	12	4	16
23:00 – 23:59	1	6	7
TOTAL	120	119	225

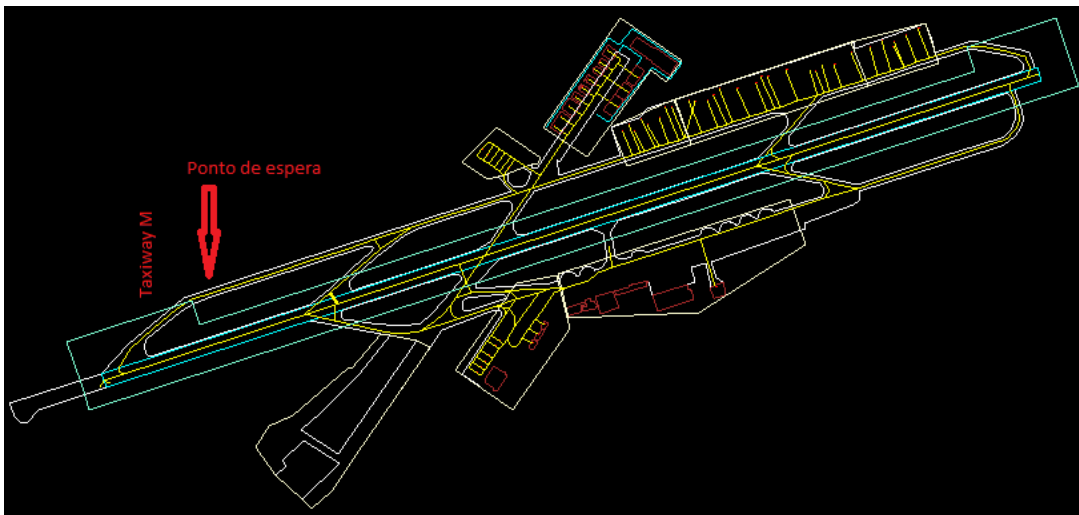
Fonte: SIGMA (2018)

Quando verificamos a demanda acima, percebemos alguns horários em que a quantidade de operação de pouso e de decolagem se encontra muito próximo aos limites previstos, levados em consideração a distribuição equânime entre tais operações, o que pode impedir o potencial de crescimento futuro do aeroporto.

Foi feita a análise da possibilidade de desbalanceamento entre as operações de pouso e de decolagem levando em consideração a simulação em tempo acelerado com o TAAM.

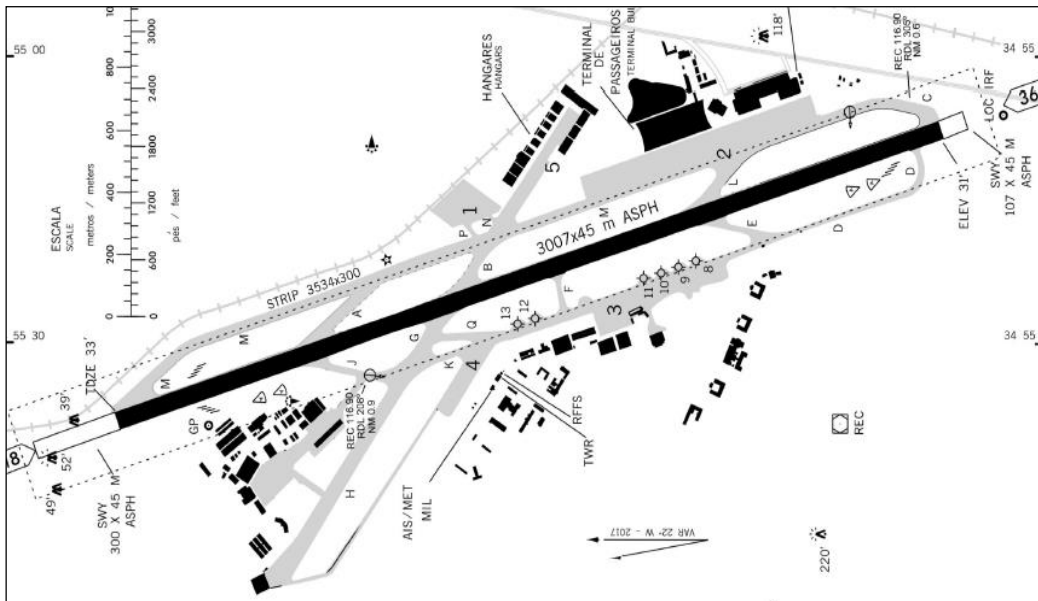
Para a modelagem dos cenários de simulação foi utilizado o “layout” do aeroporto de Recife, contendo a pista de pouso e decolagens (duas cabeceiras 18/36), as pistas de táxi (área de movimento) e as posições de estacionamentos das aeronaves nos pátios (área de manobra). A movimentação das aeronaves, após os pousos e antes das decolagens foi modelada para algo bem próximo do movimento real, ou o mais próximo possível deste.

Figura 37 - Imagem layout TAAM com o ponto de espera na taxiway "M"



Fonte: TAAM (2018)

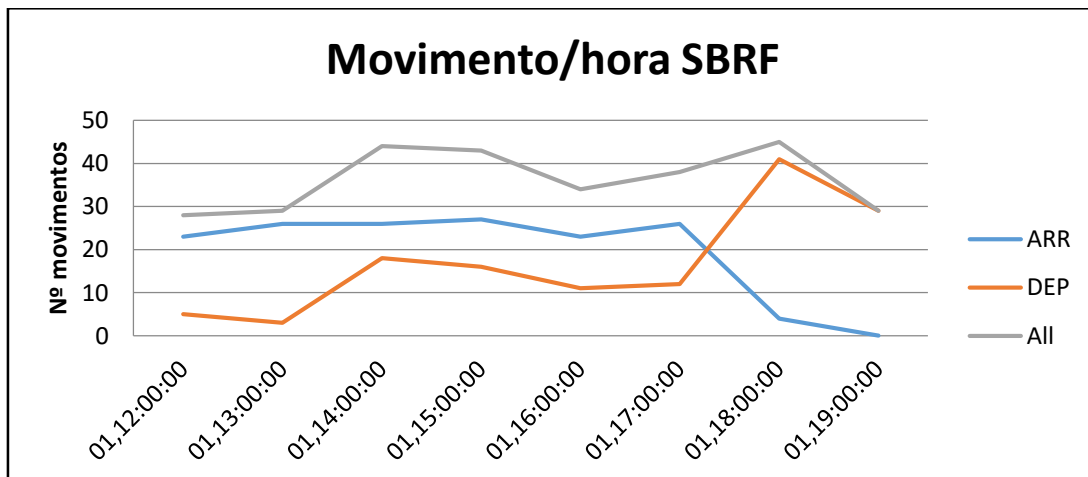
Figura 38 - Carta de aeródromo do aeródromo de Recife



Fonte: AISWEB (2018)

Um dos cenários verificado na simulação, que atende aos nossos objetivos visava favorecer os pousos nos horários em que a demanda de decolagem permitir, foi utilizado separação na final de cinco milhas náuticas espaçando até sete milhas náuticas quando houver sequência para decolagem. Não foi considerado atrasos, tanto em solo como no ar, como fator limitante da contagem do movimento por hora. Para avaliarmos o impacto no espaço aéreo do uso máximo da capacidade de pista, foi considerada a carga de trabalho aplicada ao setor final do Controle de Aproximação de Recife. O seguinte movimento/hora foi obtido:

Figura 39 - Gráfico de movimentos/hora



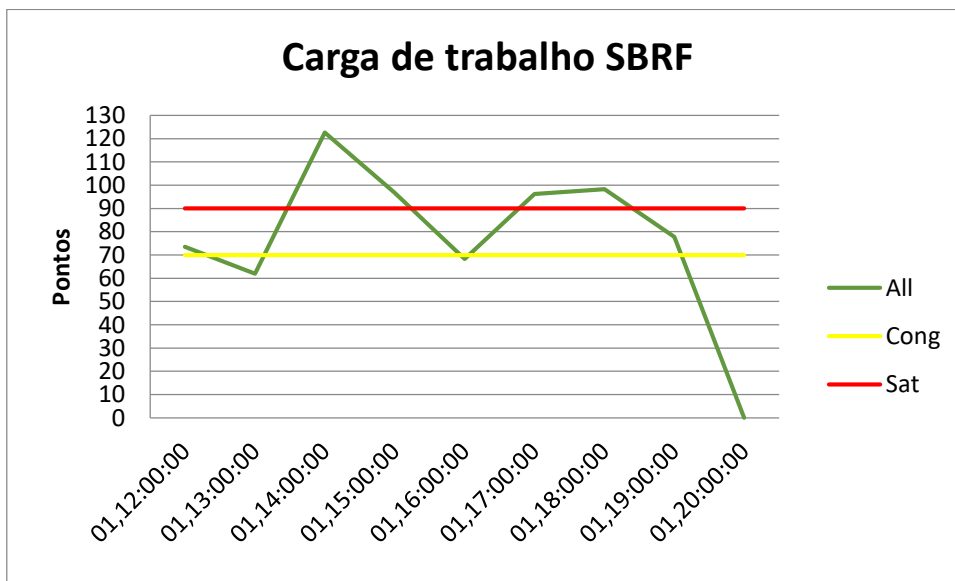
Fonte: TAAM (2018)

Tabela 5 - Gráfico de movimentos/hora

Movimento/hora SBRF Cenário 2			
Time	ARR	DEP	TOTAL
01,12:00:00	23	5	28
01,13:00:00	26	3	29
01,14:00:00	26	18	44
01,15:00:00	27	16	43
01,16:00:00	23	11	34
01,17:00:00	26	12	38
01,18:00:00	4	41	45
01,19:00:00	0	29	29

Fonte: TAAM (2018)

Quando levado em consideração a carga de trabalho a que estarão sendo submetidos os controladores de voo envolvidos, chegamos à seguinte relação:

Figura 40 - Gráfico de carga de trabalho por hora

Fonte: TAAM (2018)

Ressalta-se que valores acima da linha de congestionamento podem comprometer a segurança operacional, uma vez que submeterá os controladores de tráfego aéreo a uma carga acima do permitido. Chegamos assim na relação entre pouso e decolagem aceitável na hora 16:00:00, com 23 pousos a cada 11 decolagens.

Desta forma, podemos atingir a seguinte distribuição horária entre as operações de pouso e de decolagem em Recife:

Tabela 6 - Capacidade de Pista com o desbalanceamento entre pousos e decolagens

CAPACIDADE DO SISTEMA DE PISTAS			
HORA	DEP	ARR	CAP TOTAL
00:00 a 07:59	15	15	30
08:00 a 08:59	11	23	34
09:00 a 09:59	16	14	30
10:00 a 11:59	15	15	30
12:00 a 12:59	11	23	34
13:00 a 13:59	16	14	30
14:00 a 15:59	15	15	30
16:00 a 16:59	11	23	34
17:00 a 17:59	16	14	30
18:00 a 20:59	15	15	30
21:00 a 21:59	11	23	34
22:00 a 22:59	16	14	30
23:00 a 23:59	15	15	30

Fonte: Autor (2017)

O ganho obtido na capacidade de pista de Recife, através da ótica do desbalanceamento entre as operações, foi de cerca de 6%, valor este que atende a atual configuração dos setores do espaço aéreo e infraestrutura aeroportuária disponível.

Ganho equivalente na capacidade foi conquistado no aeroporto de Brasília, motivo de nota pública por parte da Administração Aeroportuária.

Figura 41 - Repercussão com a nova capacidade de pista em Brasília

CAPACIDADE DE PISTA DO AEROPORTO DE BRASÍLIA CRESCE 6%

Em quatro anos, Terminal aumentou 45% o indicador e pode operar mais de um voo por minuto.

Brasília, 05 de março de 2018 – Pela terceira vez desde que a Inframérica assumiu a administração do Aeroporto de Brasília, o Terminal teve sua capacidade do sistema de pista elevada. O Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea (CGNA), órgão do Comando da Aeronáutica, aumentou o indicador para 64 movimentos por hora. O incremento ocorre após avaliação positiva da infraestrutura do aeródromo.

A capacidade de sistema de pistas é um índice que determina quantos movimentos aéreos (pousos ou decolagens) podem ser planejados no Aeroporto a cada hora. Até janeiro, o Terminal tinha capacidade de processamento de até 53 voos por hora. Desde o início de fevereiro, o indicador aumentou em 11 movimentos, permitindo que cada pouso ou decolagem possa ser realizado a cada 56 segundos, em média. O incremento permite maior margem de planejamento das operações no aeroporto, evitando também longas conexões e operações em horários indesejados por passageiros.

O Aeroporto de Brasília é o único Terminal brasileiro que possui duas pistas paralelas e com separação suficiente para operação simultânea. Com distância de 1,8 quilômetro e 275 metros a mais do que o mínimo exigido pela legislação internacional que normatiza o assunto, as pistas do Terminal da capital federal são as únicas da América do Sul a operar pousos e decolagens ao mesmo tempo. Diariamente, voam ou pousam cerca de 450 aeronaves na capital federal.

Desde 2014 o Aeroporto de Brasília ocupa a primeira posição em capacidade de sistema de pista do Brasil, indicador 23% maior que o do segundo colocado. O destaque permite ao Aeroporto aumentar a oferta de voos das companhias aéreas já presentes e expandir o número de empresas atuando no Terminal. Hoje, o Aeroporto de Brasília tem voos diretos para todas as capitais federais e mais 15 destinos nacionais, além de 5 voos regulares para cidades nas Américas e na Europa.

Diariamente, o Aeroporto de Brasília movimenta uma média de 48 mil passageiros, dos quais 42% estão em conexão. O Terminal da capital federal é o terceiro mais movimentado do país e o quarto mais pontual do mundo, segundo ranking da consultoria internacional OAG.

Fonte: INFRAMÉRICA AEROPORTOS (2018)³⁵

³⁵CONSÓRCIO INFRAMÉRICA AEROPORTOS. **Capacidade de Pista do aeroporto de Brasília cresce 6%**. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.bsb.aero/br/sala-imprensa/capacidade-de-pista-do-aeroporto-de-brasilia-cresce-6/3160>. Acesso em: 12 jun. 2018.

12 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como verificamos o conceito de capacidade de pista dinâmica possui vertentes multidisciplinar, portanto seu estudo não pode ser encarado tão somente sob a ótica do gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo, mas também deve ser analisado quanto aos aspectos da eficiência, economia, estatística, política de Estado, infraestrutura aeroespacial, processo de tomada de decisão, entre outras perspectivas que reveste do tema sua importância singular.

Sendo assim, os benefícios advindos aos vários atores do setor aéreo são visíveis e manifestam-se imprescindíveis para sua aplicação profícua. Somente para exemplificar alguns: o Estado é beneficiado diante da definição de sua política de concessões aeroportuárias e de verificação de viabilidades mercadológica; para Agência Nacional de Aviação Civil, diante da oferta maiores de *slots* e negociações nas *Slot Conferences*; para a Secretaria Nacional de Aviação Civil, diante da necessidade de fomento e definição de índices do setor aéreo; para a Força Aérea Brasileira, em face do engajamento complementar da infraestrutura aeroportuária em caso de conflito bélico e do fomento na área de pesquisa; para a Administração Aeroportuária, ante os lucros advindos com o aumento das operações e criação de novas vagas de emprego; para o Brasil, aliado seu papel de vanguarda no cenário das Américas de implementação de procedimentos úteis à aviação civil.

O tema iniciou com a proposta de uma capacidade de pista dinâmica consagrada por meio da avaliação do aumento percentual da capacidade de pista ou, ainda do desbalanceamento das operações de pouso e de decolagem. Porém, já se vislumbra, através do aprofundamento do estudo do conteúdo, a aplicação da capacidade de pista dinâmica associada aos efeitos dinâmicos verificados durante a operação táctica de um aeroporto. Assim, ganha relevo a influência na capacidade de pista das condições meteorológicas durante a operação de um aeroporto; do fator humano associada à habilidade dos controladores de voo e dos pilotos na redução do tempo de ocupação de pista; do monitoramento constante por parte da AAL e dos gerentes de fluxo de tráfego aéreo quanto ao CTOT mais próximo do ATOT.

Neste ambiente de possíveis incertezas, onde decisões rápidas devem ser aplicadas, em situações de escassez de tempo, emergem a aplicação da teoria do

Equilíbrio de Nash³⁶, “como instrumento preferencial para a solução de árvores de decisão rápidas” (SILVA; MIGON; MOURA, 2019, p. 6), situações estas típicas do universo do gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo, caracterizado por tomadas de decisão colaborativa, onde o atraso não é o único índice balizador da melhor decisão. Ademais, não se deve prescindir da heurística³⁷ como técnica potencialmente incorporada neste meio caracterizado pelo elevado dinamismo, escassez de tempo de resposta e, em maior ou menor grau, do risco envolvido na tomada de decisão (SILVA; NUNES, 2019, p. 2).

Concluimos pela necessidade da introdução na metodologia brasileira de capacidade de pista do conceito advindo da ICAO de Capacidade Operacional, presentes também na metodologia europeia da capacidade de pista.

Monitoramento antecipado do contexto operacional, tais como: condições meteorológicas (VMC ou IMC), disponibilidade de auxílios à navegação, coordenação à nível pré-tático e tático entre os gerentes de fluxo de tráfego aéreo, companhias aéreas e AAL (CDM), ações táticas entre controladores de voo e pilotos que prezem pela celeridade e melhor fluidez entre aeronaves que partem e chegam em um aeroporto, são algumas das atitudes que promovem a capacidade de pista dinâmica, garantindo o uso eficiente da infraestrutura disponível.

Sinais de superação de alguns tabus já se têm verificados com os debates acerca do tema nos Comitês Técnicos de Capacidade (CTC), fórum que reúne CGNA, Administradores Aeroportuários e ANAC, onde é definido a capacidade de pista aplicável para cada temporada (verão/inverno) em obediência ao calendário internacional das WSG da IATA para as respectivas *Slot Conferences*; alinha-se, desta forma, com as melhores práticas da aviação civil, principalmente no que tange aos voos internacionais programados. Como consequência direta do CTC: pode-se adotar Capacidade de Pista distinta para um mesmo aeroporto nas diversas temporadas; 80% da capacidade teórica de pista não é mais o limite à capacidade de pista praticada para os principais aeroportos; e, mesmo que ainda lentamente, a questão do desbalanceamento entre pousos e decolagens nos horários de maior demanda está sendo debatida e, na medida do possível, adotada. Presenciamos a

³⁶ Segundo Silva (2019, p. 7), a “teoria do Equilíbrio de Nash apresenta como principal eixo de argumentação a ideia de que dois agentes não irão atingir o patamar ideal em suas variáveis objetivas se cada qual mantiver a estratégia de maximizar suas preferências”.

³⁷ Segundo Silva e Nunes (2019, p.1), “heurística, do grego *heuriskein*, significa usar a experiência para aprender e encontrar soluções práticas e simples para os problemas”.

aplicação da operação segregada sob VMC em Guarulhos, o que reforça a capacidade de pista dinâmica definida conforme as condições meteorológicas reinantes no contexto operacional.

A definição dos índices de atrasos úteis para o estabelecimento da capacidade de pista nos horários mais congestionados é necessária, tanto quanto a participação de representantes da Secretaria Nacional da Aviação Civil nos CTC para este fim. Neste caso, inclina-se para o conceito de capacidade de pista mais próxima ao adotado na metodologia americana: “medida da capacidade prática definida como número máximo de operações que resulta em um atraso médio máximo especificado” (LEIGHFISHER, 2012, p. 3, tradução nossa). Desse modo, teremos uma capacidade para planejamento aeroportuário e de política estratégica de Estado, outra capacidade fruto das discussões dos CTC e aplicáveis às *Slot Conferences* e uma outra, sujeita às mudanças dinâmicas táticas, ao que a ICAO e o método europeu definem como Capacidade Operacional.

A gestão da capacidade de pista, conforme o desenrolar das situações que se apresentem no ambiente tático tem por caráter “dinâmico”, este é o termo consagrado na ICA 100-22, item 5.3.1, *in verbis*:

Tendo em vista que o grau de complexidade das posições de controle apresenta variação ao longo do tempo em função da configuração do fluxo, ações operacionais que permitam o gerenciamento dinâmico da capacidade devem ser empregadas, de forma a atender a um aumento momentâneo da demanda. (BRASIL, 2018, p. 28)

E ainda continua no item seguinte:

Essas ações, geralmente aplicadas na execução tática, incluem: as coordenações necessárias com os usuários de Espaços Aéreos Condicionados, visando ao seu uso total ou parcial, e com os órgãos ATC, para os agrupamentos de setores ATC; e as avaliações da complexidade do tráfego momentâneo, em face das capacidades declaradas. (BRASIL, 2018, p. 28)

Urge a necessidade de aprimoramento, aliadas às participações de Universidades e principais Institutos de pesquisas do país, dos conceitos e das técnicas sugeridas neste trabalho para se validar e estimar a capacidade de pista,

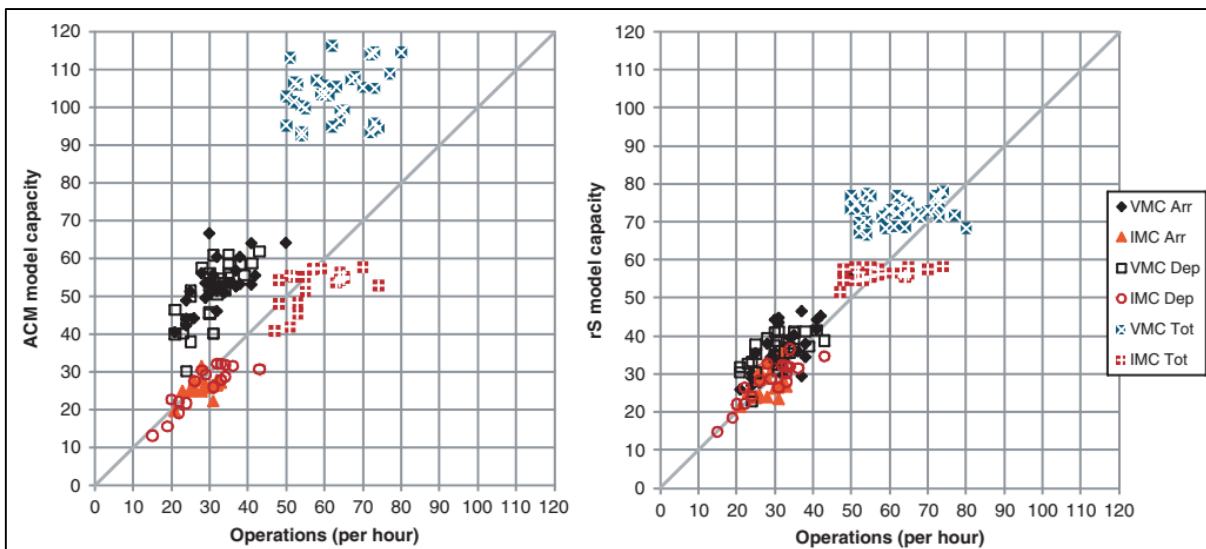
diante de cenários complexos e futuros, tais como: curva de Pareto e regressão estatística.

Esta última técnica merece ser melhor explorada, para estabelecimento do número de pousos e de decolagens em uma relação desbalanceada; consiste em método estatístico que utiliza entre duas ou mais variáveis de modo que variáveis de interesse podem ser estimadas (ou predita) a partir da outra, chamada covariável ou variável independente. O objetivo seria estabelecer o número de decolagem (DEP) possível dada a quantidade de pouso, esta variável seria limitada conforme a capacidade do espaço aéreo do setor de aproximação em uma Área de Controle Terminal (TMA).

A regressão permite, através da projeção da demanda para um aeroporto, oferecer o prognóstico da capacidade de pista dentro da realidade atual de capacidade do espaço aéreo; o que pode indicar, possíveis gargalos na infraestrutura gerenciada pelo Comando da Aeronáutica (pista e espaço aéreo).

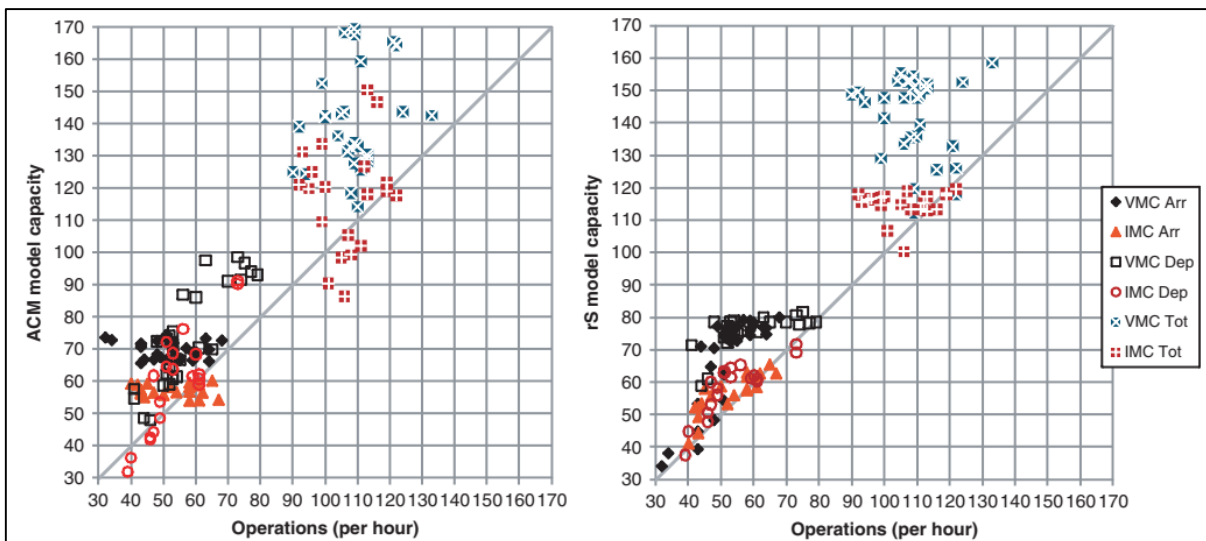
A técnica da regressão foi empregada por Kim e Hansen, 2010 para a validação de modelos utilizados na estimativa da capacidade de pista: o *Airfield Capacity Model* (ACM) e o *runway Simulator* (rS), com base em dados dos aeroportos Internacional de São Francisco (SFO) e Internacional de Los Angeles (LAX) na Califórnia, em diferentes condições meteorológicas (IMC e VMC); a conclusão foi que, levando em consideração o total de operações, o modelo de ACM superestima a capacidade quando em condições VMC, o que ocorre no LAX no caso do modelo rS, conforme Figuras 42 e 43.

Figura 42 - Capacidade projetada versus contagem irrestrita para cada modelo de capacidade com dados do aeroporto SFO



Fonte: Kim; Hansen (2010)

Figura 43 - Capacidade projetada versus contagem irrestrita para cada modelo de capacidade com dados do aeroporto LAX



Fonte: Kim; Hansen (2010)

Talvez socorrer-se tão somente ao ambiente da simulação provocaria o encarecimento da atividade e possíveis falhas por introdução de dados não correspondente à realidade.

Por fim, ratificamos que a proposta de introdução plena da capacidade de pista dinâmica reforça o aspecto geopolítico e de protagonismo regional do Brasil quando o assunto é aviação, gerenciamento de tráfego aéreo e alinhamento aos conceitos preconizados pela ICAO. Os acordos de cooperação técnica aos Estados da Região SAM, ocorridos em 2017 e 2018, sobretudo com a Argentina, Paraguai e Uruguai já têm manifestado este papel destacado, que reforça não somente a perspectiva de liderança regional, mas também tem contribuído para a ampliação dos saberes indispensáveis ao fortalecimento da Força Aérea Brasileira.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **RBAC 154: Projeto de aeródromos**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2009/19s/rbac-154/view>. Acesso em: 22 set. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Resolução Nº 440 de 9 de agosto de 2017**. Estabelece as regras para o processo de registro dos serviços de transporte aéreo. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/aceso-a-informacao/reunioes-da-diretoria-colegiada/reunioes-deliberativas-da-diretoria/2017/15a-reuniao-deliberativa-da-diretoria/00058-030584-2015-77/resolucao-no-440-de-09-de-agosto-de-2017>. Acesso em: 19 out. 2018.

ALMEIDA, R. A. **Aumento da capacidade de pistas paralelas e próximas**: um estudo de caso do aeroporto Internacional de Guarulhos. 2014. 132f. Tese de mestrado em Transporte Aéreo e Aeroportos – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

BRASIL. Lei nº 7565, de 19 de dezembro de 1986. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 de dezembro de 1986. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7565.htm. Acesso em: 30 maio 2017.

BRASIL. Lei nº 12462, de 4 de agosto de 2011. Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas - RDC; altera a Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, a legislação da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e a legislação da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO); cria a Secretaria de Aviação Civil, cargos de Ministro de Estado, cargos em comissão e cargos de Controlador de Tráfego Aéreo; autoriza a contratação de controladores de tráfego aéreo temporários. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 de agosto de 2011. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12462.htm. Acesso em: 23 ago. 2019.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Secretaria Nacional da Aviação Civil. **Plano Aeroviário Nacional 2018 – 2038**. OBJETIVOS, ESTRATÉGIAS E INVESTIMENTOS para o desenvolvimento do transporte aéreo brasileiro. Brasília, DF, 2018. Disponível em: http://infraestrutura.gov.br/images/AVIACAO_CIVIL/PAN/PAN2018_ebook.pdf. Acesso em: 18 ago. 2019.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Secretaria Nacional da Aviação Civil. **Infraestrutura Aeroportuária**. Brasília, DF, 17 ago. 2011. Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A8182A24E08D405014E0D2CDAF30B2D>. Acesso em 13 set. 2019.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 278/GC3, de 21 de junho de 2012. Aprova a reedição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA 1-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, n. 121, de 26 de junho de 2012.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA n° 81/SDOP, de 6 de agosto de 2014. Aprova a edição do Manual do Comando da Aeronáutica que trata da “Capacidade de Setor ATC”(MCA 100-17). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 160, de 26 de agosto de 2014.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA n° 78/DGCEA, de 23 de março de 2015. Aprova a reedição do MCA 100-14, Manual que trata da “Capacidade do Sistema de Pistas”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 070, de 15 de abril de 2015.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea. **Análise pós-operacional outubro/2015**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2015.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA n° 243/DGCEA, de 9 de novembro de 2016. Aprova a edição do Manual do Comando da Aeronáutica que trata da “Concepção de Emprego Operacional de Recursos do DECEA pela Força Aérea Brasileira” (MCA 63-18). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 203, de 29 de novembro de 2016.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea. **Capacidade Horária do Setor final do aeroporto de Guarulhos – São Paulo**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2017.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea. **Condições meteorológicas durante Winter 2016 e Summer 2016**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2017.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea. **Missão do CGNA**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://www2.fab.mil.br/cgna/index.php/missao-visao-e-valores>. Acesso em 22 ago. 2017.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA n° 136/DGCEA, de 9 de novembro de 2016. Aprova a reedição da Instrução que trata de “Serviço de Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo” (ICA 100-22). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 159, de 11 de setembro de 2018.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. “Operações segregadas sob VMC para o aeroporto internacional de Guarulhos (SBGR)”. (**AIC N 45/18**). Rio de Janeiro, 11 de outubro de 2018.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **AISWEB**. Disponível em: <http://www.aisweb.aer.mil.br/?i=aerodromos&codigo=SBRF>. Acesso em 20 set. 2018.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea. **Informe mensal – maio 2019**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2019.

CASEY, David. **These are the busiest air routes in the Americas**. Route Exchange, 2017. Disponível em: <https://www.routesonline.com/news/29/breaking-news/276162/these-are-the-busiest-air-routes-in-the-americas/>. Acesso em: 20 nov. 2018

COLINO, César. **Método comparativo**. Dicionario critico de Ciencias Sociales, 2004. Disponível em: http://www.theoria.eu/dictionary/M/metodocomparativo_a.htm. Acesso em: 12 set. 2019.

DAGNINO, R. Em que a economia de defesa pode ajudar nas decisões sobre a revitalização da indústria de defesa brasileira? **Oikos**. Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, 2008.

DE ALMEIDA, Carlos Wellington Leite. Economia e orçamento para a defesa nacional. **Revista do TCU**, n. 90, p. 22-33, 2001.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Airport capacity and delay. Advisory Circular. **AC 150/5060-5**, 1995.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Hartsfield-Jackson Atlanta International**, 2014. Disponível em: http://www.faa.gov/airports/planning_capacity/profiles/media/ATL-Airport-Capacity-Profile-2014.pdf. Acesso em: 30 maio 2017.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Airport Capacity Benchmark Report 2004**. Disponível em: http://www.faa.gov/airports/planning_capacity/profiles. Acesso em: 19 abril 2017.

FLIGHTRADAR24, A.B. **Flightradar24 Live Air Traffic**. Disponível em: <https://www.flightradar24.com/-23.92,-46.53/8>. Acesso em: 28 set. 2018.

GIGERENZER, G. **O poder da intuição**: o inconsciente dita as melhores decisões. Rio de Janeiro: Best Seller, 2008.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Manual on Air Traffic Management System Requirements**. Doc 9882 – AN/467. Montreal, First Edition, 2008.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Manual on Global Performance of the Air Navigation System**. Doc. 9883. Montreal, First Edition, 2009.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Air Traffic Management**. Doc. 4444. Montreal, Sixteenth Edition, 2016.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Global Navigation Plan**. Doc. 9750-AN/963. Montreal, 2016.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Manual on Collaborative Air Traffic Flow Management**. Doc. 9971. Montreal, Third Edition, 2018.

JAURENA, R. A. **Guide for the application of a common methodology to estimate airport and ATC sector capacity for the SAM region**. Lima, Peru, ICAO RLA/06/901, 2009.

JESUS JÚNIOR, L. B.; PEREIRA, A. L. G.; JÚNIOR FERREIRA, H. M. Acesso ao Mercado Aeroportuário no Brasil/Access to the Airport Market in Brazil. **Economic Analysis of Law Review**, v. 4, n. 2, p. 11, 2013.

KIM, A.; HANSEN, M. Validation of runway capacity models. **Transportation Research Record**, v. 2177, n. 1, p. 69-77, 2010.

LEIGHFISHER, F. et al. Evaluating Airfield Capacity. Washington D.C. **Transportation Research Board**, 2012.

NETWORK MANAGER. ATFCM Users Manual. Brussels, **EUROCONTROL**. Edition 23.0, 2019.

NETWORK MANAGER. **Airport Capacity Assessment Metodology – ACAM Manual**. Brussels, EUROCONTROL. Edition 1.1, 2016.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Rio Grande do Sul: Editora Feevale, 2013.

RAKAS, J. et al. Defining and Measuring Aircraft Delay and Airport Capacity Thresholds. Washington D.C. **Transportation Research Board**, 2014.

RAMANUJAM, V.; BALAKRISHNAN, H. Estimation of arrival-departure capacity tradeoffs in multi-airport systems. In: Decision and Control, 2009 held jointly with the 2009 28th Chinese Control Conference. CDC/CCC 2009. **Anais [...]**. Shanghai, 2009. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5400462>. Acesso em: 11 out. 2019.

ROOSELEER, F.; TREVE, V. RECAT-EU. European Wake Turbulence Categorisation and Separation minima on approach and departure. **EUROCONTROL Headquarters**, Brussels, 2015.

SIGA. Sistema Integrado de Gestão Administrativa. **Departamento de Controle do Espaço Aéreo**. Software. Versão, 2018.

SIGMA. Sistema de Gestão Integrada de Movimento Aéreo. **Atech-Grupo EMBRAER**. Software. Versão, 2018

SILVA, L. M. A.; MIGON, E. X. F.G; MOURA, G. B. O. H. Equilíbrio de Nash e estimativas das chances de ocorrência de eventos futuros. **Revista da UNIFA**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 1, p. 5-12, 2019.

SILVA, L. M. A.; NUNES, R. No rumo de um comportamento adaptativo na instrução aérea. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 26, n. 2, p. 3507, 2019.

SULL, D.; EISENHARDT, K. M. **Regras Simples**: como viver tranquilo e organizado em um mundo cada vez mais complexo. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015.

TAAM. Jeppesen Total Airspace And Airport Modeller. **TAAM Simulation Model Changes**. Software. Versão 2018.1.0 Release 17, 2018.

TATIC. Total Air Traffic Information Control. TATIC TWR. **Saipher ATC**. Software. Versão, 2017.

VIRACOPOS. **Relação Capacidade de Pista x Capacidade Aeroportuária**. 2019. Notas de aula.