

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Priscilla Yugue

Avaliação de Capacidade Atual de Sítio Aeroportuário
Destinado à Aviação Regional

Trabalho de Graduação
2013

**Engenharia
Civil-Aeronáutica**

Priscilla Yugue

**Avaliação de Capacidade Atual de Sítio Aeroportuário Destinado
à Aviação Regional**

Orientador

Prof. Dr. Cláudio Jorge Pinto Alves (ITA)

Engenharia Civil-Aeronáutica

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Divisão de Informação e Documentação

Yugue, Priscilla.
Avaliação de Capacidade Atual de Sítio Aeroportuário Destinado à Aviação Regional / Priscilla Yugue.
São José dos Campos, 2013.
75f.

Trabalho de Graduação – Engenharia Civil-Aeronáutica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2013.
Orientadores: Prof. Dr. Cláudio Jorge Pinto Alves.

1. Infraestrutura Aeroportuária 2. Capacidade Sítio Aeroportuária 3. Aviação Regional I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Avaliação de Capacidade Atual de Sítio Aeroportuário Destinado à Aviação Regional

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

YUGUE, Priscilla **Avaliação de Capacidade Atual de Sítio Aeroportuário Destinado à Aviação Regional**. 2013. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Priscilla Yugue

TÍTULO DO TRABALHO: Avaliação de Capacidade Atual de Sítio Aeroportuário Destinado à Aviação Regional

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2013

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.



Priscilla Yugue

Rua Alice Brandão, 330– Jardim Califórnia

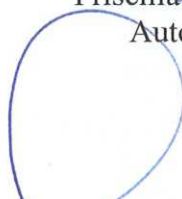
CEP 12062-150 – Taubaté – SP

AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE ATUAL DE SÍTIO AEROPORTUÁRIO DESTINADO À AVIAÇÃO REGIONAL

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



Priscilla Yague
Autora



Prof. Dr. Cláudio Jorge Pinto Alves (ITA)
Orientador



Prof. Dr. Carlos Müller (ITA)
Relator



Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto
Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 25 de novembro de 2013

Aos meus pais,
Mair e Leonardo.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Cláudio Jorge Pinto Alves, Orientador desta dissertação, pela dedicação e pelos ensinamentos que tornaram possível a conclusão desse trabalho.

Aos meus pais, Mair e Leonardo, pelo amor incondicional e por todas as lições de vida a mim dedicadas.

Ao meu irmão, William, pelo companheirismo e pelo grande exemplo que representa em minha vida.

Ao Luiz Eduardo, por compartilhar dos meus sonhos e por me tornar a cada dia uma pessoa melhor.

Aos amigos do ITA, por compartilharem cada momento desta caminhada e tornarem a passagem pela graduação uma fase inesquecível.

“Tudo o que está no plano da realidade já foi sonho um dia.”

Leonardo da Vinci

RESUMO

Com uma infraestrutura de transporte aéreo composta de mais de 4000 aeroportos, 90% da movimentação de passageiros aéreos no Brasil se concentra em apenas 20 aeroportos, evidenciando a significância da infraestrutura de aviação regional no Brasil.

No entanto, os aeroportos regionais brasileiros possuem uma infraestrutura e um volume de operação contrastante com os aeroportos de caráter doméstico e internacional. Dessa forma, o presente trabalho visa propor uma metodologia de avaliação de capacidade compatível com a realidade da aviação regional brasileira, englobando, no método proposto, a avaliação do sistema de pistas de pouso e decolagem, do pátio de aeronaves e do terminal de passageiros.

ABSTRACT

With an air transport infrastructure of more than 4000 airports, 90% of the movement of air passengers in Brazil is concentrated only in 20 airports, highlighting the significance of the regional aviation infrastructure in Brazil.

However, the Brazilian regional airports have an infrastructure and a volume of operation that is contrasting with the domestic and international airports. Thus, this work aims to propose a methodology for assessing capacity compatible with the reality of Brazilian regional aviation, comprising, in the proposed method, the evaluation of the runway and takeoff system, of the aircraft apron and of passenger terminal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Capacidade horária por posição do pátio para $R=1.0$	28
Figura 2: Capacidade horária por posição do pátio para $R=1.2$	28
Figura 3: Capacidade horária por posição do pátio para $R=1.4$	29
Figura 4: Capacidade horária por posição do pátio para $R=1.6$	29
Figura 5: Fator do tamanho da posição	30
Figura 6: Dimensões da Aeronave EMB-120	42
Figura 7: Dimensões de Posição de Estacionamento no Pátio para EMB-120	44
Figura 8: Dimensões da Aeronave ATR-72	45
Figura 9: Pista de Pouso e Decolagem do Aeroporto de Redenção	52
Figura 10: Pistas de Pouso e Decolagem do Aeroporto Frank Miloye Milenkovich	56
Figura 11: Pista de Pouso e Decolagem do Aeroporto Dr. Leite Lopes.....	61
Figura 12: Pátio de Aeronaves do Aeroporto Dr. Leite Lopes	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Movimentação de Passageiros nos Aeroportos mais movimentados do Brasil (2012)	14
Tabela 2: Companhias Aéreas de Voos Regulares em Operação (ANAC, 2013).....	17
Tabela 3: Aeronaves que Compõe a Frota das Companhias Aéreas de Voos Regulares no Brasil.....	18
Tabela 5: Categorias de Classificação das Aeronaves pela FAA.....	21
Tabela 6: Capacidade Horária para Sítios com uma única Pista	21
Tabela 7: Fator de Correção da Capacidade da Pista em Função do Croqui do Sistema de Pistas.....	23
Tabela 8: Fator de Correção da Capacidade da Pista em Função das Instalações de Auxílio à Navegação Aérea.....	23
Tabela 9: Categorias de Classificação de Aeronaves pela ICAO.....	24
Tabela 10: Determinação da Capacidade do Pátio de Aeronaves por Faixa de TAMAV.....	30
Tabela 11: Determinação da Hora-Pico pelo Fluxo Anual (FAA).....	34
Tabela 12: Determinação da Hora-Pico por Faixa de Demanda (ANAC)	34
Tabela 13: Parâmetros de Planejamento de Componentes Operacionais.....	36
Tabela 14: Área Global do TPS (Medeiros).....	37
Tabela 15: Comparativo dos Métodos de Determinação da Capacidade dos Sistemas de Pistas.....	40
Tabela 16: Comparativo dos Métodos de Determinação de Capacidade de Pátio de Aeronaves	41
Tabela 17: Separação entre Aeronaves e Objetos Fixos ou Móveis.....	43
Tabela 18: Comparativo dos Métodos de Determinação da Capacidade do TPS	47
Tabela 19: Dimensionamento da Área do Saguão de Embarque	49
Tabela 20: Dimensionamento da Área do Saguão de Desembarque.....	50
Tabela 21: Quantificação de Balcões de check-in	50

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABEAR: Associação Brasileira das Empresas Aéreas
ALS: Approach Lighting System
AMS: Amsterdam International Airport Schiphol
ANAC: Agência Nacional de Aviação Civil
BNDES: Banco Nacional do Desenvolvimento
CDG: Paris-Charles de Gaulle Airport
CFP: Capacidade Física da Pista
CIA: Central Intelligence Agency
DAC: Departamento de Aviação Civil
DME: Distance Measuring Equipment
EPH: Equivalent Peak Hour
FAA: Federal Aviation Administration
HOTRAN: Horário de Transporte
IATA: International Air Transport Association
ICAO: International Civil Aviation Organization
IFR: Instrument Flight Rules
ILS: Instrument Landing System
INFRAERO: Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
MATOP: Média Aritmética do Tempo de Ocupação da Pista
MCA: Manual do Comando da Aeronáutica
NDB: Non-Directional Beacons
PAPI: Precision Approach Path Indicator
PMD: Peso Máximo de Decolagem
SAC/PR: Secretaria da Aviação Civil da Presidência da República
SMR: Separação Mínima Regulamentar
SS: Separação de Segurança
ST: Separação Total
TAMAV: Tamanho Médio de Aeronave
TMOP: Tempo Médio de Ocupação da Pista
TMST: Tempo Médio Ponderado entre dois Pousos Consecutivos

TOPD: Tempo de Ocupação da Pista na Decolagem

TOPP: Tempo de Ocupação da Pista no Pouso

TPHP: Typical Peak-Hour Passenger

TPS: Terminal de Passageiros

VASIS: Visual Approach Slope Indicator System

VFR: Visual Flight Rules

VHF: Very High Frequency

VM: Velocidade Média de Aproximação Final

VOR: VHF Omni Directional Radio Range

SUMÁRIO

1	OBJETIVO	13
2	INTRODUÇÃO	14
3	DIAGNÓSTICO E LITERATURA.....	16
3.1	Frota Brasileira de Aeronaves	16
3.2	Classificação dos Aeroportos Regionais	19
3.2.1	Aeronave Crítica.....	19
3.2.2	Classificação dos Aeroportos Regionais	19
3.3	Estudo dos Métodos da Literatura.....	20
3.3.1	Sistema de Pista de Pouso e Decolagem	20
3.3.2	Pátio de Aeronaves	27
3.3.3	Terminal de Passageiros	33
3.4	Crêterios de Avaliação.....	38
4	DESENVOLVIMENTO	39
4.1	Sistema de Pistas de Pouso e Decolagem	39
4.1.1	Comparativo dos Métodos Estudados	39
4.1.2	Método Proposto	40
4.2	Pátio de Aeronaves.....	41
4.2.1	Comparativo dos Métodos Estudados	41
4.2.2	Método Proposto	41
4.3	Terminal de Passageiros.....	47
4.3.1	Comparativo dos Métodos Estudados	47
4.3.2	Método Proposto	48
5	Estudo de Caso.....	51
5.1	Aeroporto Regional de Pequeno Porte	51
5.1.1	Aeroporto de Redenção	51
5.1.2	Sistema de Pistas de Pouso e Decolagem.....	51
5.1.3	Pátio de Aeronaves	54
5.1.4	Terminal de Passageiros	54
5.2	Aeroporto Regional de Médio Porte	55
5.2.1	Aeroporto Frank Miloye Milenkovich	55
5.2.2	Sistema de Pistas de Pouso e Decolagem.....	55
5.2.3	Pátio de Aeronaves	58
5.2.4	Terminal de Passageiros	58
5.3	Aeroporto Regional de Grande Porte	60
5.3.1	Aeroporto Dr. Leite Lopes	60
5.3.2	Sistema de Pistas de Pouso e Decolagem.....	61
5.3.3	Pátio de Aeronaves	63
5.3.4	Terminal de Passageiros	64
6	Conclusão.....	67

1 OBJETIVO

O objetivo do trabalho consiste na proposição de um método para obtenção de métricas que permitam avaliar a capacidade instalada dos sítios aeroportuários destinados a aviação regional no Brasil. Os componentes a serem avaliados são: sistema de pistas de pouso e decolagem, pátio de aeronaves e terminal de passageiros (TPS).

2 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa, segundo o The World Factbook da CIA, o segundo lugar no ranking mundial no que diz respeito ao número de aeroportos em território nacional, com 4093 aeroportos, dos quais 698 possuem pistas pavimentadas. No entanto, apesar da grande disponibilidade de aeroportos, a parcela mais significativa da movimentação de passageiros é concentrada em poucos aeroportos.

Segundo as estatísticas da INFRAERO, em 2012, 88,80% da movimentação de passageiros no Brasil concentrou-se no apenas em 20 aeroportos como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Movimentação de Passageiros nos Aeroportos mais movimentados do Brasil (2012)

Posição	Sigla	Pax Doméstico	Pax Internacional	Pax Total	Part. Rede %
1	SBGR	21.234.352	11.542.978	32.777.330	16,96
2	SBGL	13.201.049	4294688	17.495.737	9,06
3	SBSP	16.775.770	0	16.775.770	8,69
4	SBBR	15.480.033	411.497	15.891.530	8,23
5	SBCF	9.952.684	445.612	10.398.296	5,38
6	SBRJ	9.002.863	0	9.002.863	4,66
7	SBKP	8.780.290	78.090	8.858.380	4,59
8	SBSV	8.502.605	308.935	8.811.540	4,56
9	SBPA	7.606.507	654.848	8.261.355	4,28
10	SBCT	6.738.071	90.263	6.828.334	3,54
11	SBRF	6.221.013	212.397	6.433.410	3,33
12	SBFZ	5.764.339	199.969	5.964.308	3,09
13	SBVT	3.642.842	0	3.642.842	1,89
14	SBFL	3.178.877	216.379	3.395.256	1,76
15	SBBE	3.295.259	47.512	3.342.771	1,73
16	SBEG	2.931.810	199.340	3.131.150	1,62
17	SBGO	3.075.762	1.096	3.076.858	1,59
18	SBCY	2.761.396	192	2.761.588	1,43
19	SBNT	2.553.195	107.669	2.660.864	1,38
20	SBSL	1.991.094	5	1.991.099	1,03

A porcentagem restante dos passageiros se distribuiu em mais de 80 aeroportos pelo país. Levando-se consideração apenas as cinco companhias aéreas que detém maior parcela do mercado nacional de transporte aéreo de passageiros e que, juntas, compõem a Associação

Brasileira de Empresas Aéreas (ABEAR), operam em 105 destinos em território nacional. Assim, as localidades operadas pela ABEAR revelam a significância da criação de uma infraestrutura de aviação regional no Brasil permitindo que mais cidadãos espalhados pelo país usufruam desse serviço de transporte. O ANEXO A apresenta os destinos nacionais operados pelas companhias aéreas TAM, Gol, Azul, Avianca e Trip - que constituem a ABEAR - no mês de outubro de 2013. Azul e Trip, nos dias de hoje, são consideradas apenas uma empresa aérea.

No entanto, os aeroportos em que operam as mais importantes empresas aéreas do país não são os únicos de interesse para a estrutura de transporte aéreo nacional. A Secretaria da Aviação Civil da Presidência da República (SAC/PR) publicou em 2013 um termo de referência para orientar a ordenação e a racionalização dos investimentos públicos no planejamento do sistema aeroportuário do país. Para embasar suas decisões a SAC/PR listou 270 aeródromos públicos que devem ser estudados, além dos aeroportos que atendem as capitais dos Estados, ressaltando a necessidade de um conhecimento mais profundo a respeito dos aeroportos de carácter regional no Brasil. O ANEXO B mostra, por Região, os aeroportos de interesse de estudo para a SAC/PR.

3 DIAGNÓSTICO E LITERATURA

São várias as possíveis definições de Aviação Regional disponíveis na literatura. Nesse trabalho compreende-se como Aviação Regional aquela que emprega aeronaves adequadas a etapas curtas e que fazem a ligação de uma cidade de menor porte com capital de estado ou cidade de maior porte, com pelo menos 1 milhão de habitantes.

Esse estudo, inicialmente, envolveu o levantamento, por meio dos voos vigentes da HOTRAN, das aeronaves operadas na aviação regional brasileira que fundamentou a criação de um critério de classificação dos sítios aeroportuário destinados à aviação regional. Levando-se em consideração essa realidade, analisou-se os principais métodos encontrados na literatura para determinação de capacidade de sítios aeroportuários.

Tais métodos foram avaliados no que diz respeito a sua aplicabilidade no contexto da aviação regional brasileira, identificando-se o método mais adequado para cada componente ou propondo modificações ou simplificações dos métodos existentes.

3.1 Frota Brasileira de Aeronaves

A proposição de um método de determinação de capacidade de sítios aeroportuários destinados à aviação regional no Brasil deve considerar a realidade e a diversidade desse setor do transporte aéreo no país. As companhias aéreas com voos regulares domésticos e regionais em operação em outubro de 2013 são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Companhias Aéreas de Voos Regulares em Operação (ANAC, 2013)

Companhia Aérea	Cidade Sede
Azul Linhas Aéreas Brasileiras	Tamboré-SP
BRAVA Linhas Aéreas LTDA	Porto Alegre-RS
MAP transportes Aéreos LTDA	Manaus-AM
OCEANAIR Linhas Aéreas S/A	São Paulo-SP
PASSAREDO Transportes Aéreos LTDA	Ribeirão Preto-SP
SETE Linhas Aéreas	Goiânia-GO
SOL Linhas Aéreas LTDA	Curitiba-PR
TAM Linhas Aéreas S/A	São Paulo-SP
Trip Linhas Aéreas S/A	Campinas-SP
VRG Linhas Aéreas S/A	Rio de Janeiro-RJ

Para cada uma das companhias aéreas de voos regulares apresentadas, a Tabela 3 sintetiza os modelos de aeronaves que compõem sua frota, bem como a quantidade máxima de assentos disponíveis em cada modelo. Conhecer quais são as aeronaves que operam em determinado aeroporto constitui um dado fundamental para a determinação da capacidade do sistema de pista de pouso e decolagem e do pátio de aeronaves. Por sua vez, o número de passageiros é grandeza fundamental para a avaliação do componente TPS.

Tabela 3: Aeronaves que Compõe a Frota das Companhias Aéreas de Voos Regulares no Brasil

Companhia Aérea	Aeronaves	Assentos
AZUL Linhas Aéreas Brasileiras S/A	ATR-72	70
	EMB-190	118
BRAVA Linhas Aéreas LTDA.	Let L-410	19
MAP - Transportes Aéreos LTDA	ATR-43	45
	Fokker MK 28	100
OCEANAIR Linhas Aéreas S/A	A318	120
	A319	132
	A320	162
PASSAREDO Transportes Aéreos LTDA	ATR-72	70
	EMB-145	50
SETE Linhas Aéreas	Cessna 208	9
	EMB-120	30
SOL Linhas Aéreas LTDA	Let L-410	19
	A319	144
	A320	174
	A321	220
TAM Linhas Aéreas S/A	A325	156
	A330	223
	B763	221
	B773	365
TRIP - Linhas Aéreas S/A	ATR-72	70
	ATR-43	47
	EMB-170	86
	EMB-190	110
VRG Linhas Aéreas S/A	B738	183
	B737	154

Considerando a frota brasileira de aeronaves de aviação regular como um todo, e classificando a mesma em função da capacidade de passageiros, pode-se perceber a diversidade das aeronaves utilizadas na aviação regional brasileira, que operam desde aeronaves monomotor turboélice como o Cessna 208, com capacidade para 9 passageiros, até jatos como o EMB-190, que tem capacidade máxima de 118 passageiros.

3.2 Classificação dos Aeroportos Regionais

Devido à grande variabilidade no porte das aeronaves em operação na aviação regional brasileira, sentiu-se a necessidade de uma classificação dos aeroportos a fim de garantir que o método de avaliação de capacidade proposto pudesse moldar-se a realidade e singularidade de cada aeroporto.

3.2.1 Aeronave Crítica

Para a classificação dos aeroportos regionais brasileiros utilizou-se do conceito de aeronave crítica, que corresponde à aeronave que, para sua operação, impõe maiores restrições à infraestrutura aeroportuária. Tratando-se de aeroportos regionais, a aeronave crítica pode ser interpretada como aquela que possui um maior número de passageiros, uma vez que um dos principais limitantes de capacidade de um sítio aeroportuário destinado à aviação regional é o terminal de passageiros.

3.2.2 Classificação dos Aeroportos Regionais

3.2.2.1 Aeroporto Regional de Pequeno Porte

Adotou-se, assim, como aeroporto regional de pequeno porte aquele cuja aeronave crítica possui capacidade igual ou inferior 30 passageiros, que corresponde a um modelo EMB-120 (Brasília). Os aeroportos regionais de pequeno porte têm como características pequeno número de voos diários, e são em geral operados exclusivamente por companhias aéreas regionais como, por exemplo, a SETE Linhas Aéreas.

3.2.2.2 Aeroporto Regional de Médio Porte

Adotou-se como aeroporto regional de médio porte aquele cuja aeronave crítica possui capacidade igual ou inferior 70 passageiros, que corresponde a um modelo ATR-72. Os aeroportos regionais de médio porte possuem um maior número de voos diários comparados com os aeroportos regionais de pequeno porte e são operados por companhias aéreas que, além do mercado de aviação regional, podem atuar no mercado de aviação doméstica, como a AZUL Linhas Aéreas Brasileiras.

3.2.2.3 Aeroporto Regional de Grande Porte

Por sua vez, adotou-se como aeroporto regional de grande porte aqueles cuja aeronave crítica possui capacidade superior a 70 passageiros. Entre as aeronaves que operam nesses aeroportos pelas companhias aéreas brasileiras pode-se citar a família E-Jets da Embraer e o Fokker MK 28. Os aeroportos regionais de grande porte têm como características um maior volume de voos diários e podem ser operados por mais de uma companhia aérea nacional.

No entanto, a característica mais marcante dos aeroportos regionais de grande porte constitui o potencial dos mesmos para se tornarem importantes aeroportos no contexto da aviação nacional em função da diversidade de rotas e da demanda local. Ou seja, são aeroportos que podem evoluir para uma aviação de caráter doméstico, com maiores etapas de voo.

3.3 Estudo dos Métodos da Literatura

3.3.1 Sistema de Pista de Pouso e Decolagem

O sistema de pouso e decolagem engloba, além das pistas propriamente ditas, as pistas de taxi, os acessos da pista e a disposição dos itens citados. A capacidade desse componente é dada em termos de capacidade horária, isto é, número de operações que podem ser realizadas no intervalo de 60 minutos. O estudo dos métodos da literatura compreendeu uma metodologia internacionalmente reconhecida, proposta pela FAA, uma metodologia desenvolvida pela INFRAERO baseada no método da FAA e uma metodologia proposta pelo Comando da Aeronáutica.

3.3.1.1 FAA

O método de determinação de capacidade de pistas de pouso e decolagem publicado pela circular da AC 150/5060-5 da FAA fornece a capacidade máxima sustentável da pista representativa de um aeroporto americano típico, levando-se em consideração as seguintes premissas:

- Porcentagem iguais de pouso e decolagem;
- Presença de pista de taxi paralela ao longo de toda a pista de pouso e decolagem com múltiplas entradas e sem cruzamentos;
- Ausência de limitação do espaço aéreo; e
- Pelo menos uma pista equipada com ILS.

Para o cálculo da capacidade horária da pista pelo método do FAA são utilizados os seguintes parâmetros:

- MIX de aeronaves; e
- Número de pistas e posição relativa das mesmas.

O procedimento de cálculo do método envolve o cálculo do Índice-MIX de aeronaves, que exige a classificação das aeronaves operantes no aeródromo em categorias descritas pelo peso máximo de decolagem (PMD), descritas na Tabela 4.

Tabela 4: Categorias de Classificação das Aeronaves pela FAA

Classificação		PMD (kg)
Tipo A	Monomotores	Até 5.700
Tipo B	Multimotores	Até 5.700
Tipo C	Multimotores	Entre 5.700 e 136.000
Tipo D	Multimotores	Acima de 136.000

Classificadas as aeronaves, em termos de porcentagem por categoria, deve-se calcular o Índice-MIX por meio da expressão:

$$\text{Índice-MIX} = \%C + 3X\%D \quad (1)$$

Para determinação da capacidade deve-se então selecionar qual das configurações previstas na Figura 2.1 da AC 150/5060-5 da FAA é mais representativa do aeródromo em estudo. Dado o foco do presente trabalho em sítios aeroportuários de aviação regional, a configuração de pistas mais adequada consiste em uma pista única de pouso e decolagem, cuja capacidade horária é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5: Capacidade Horária para Sítios com uma única Pista

Índice Mix	VFR	IFR
0-20	98	59
21-50	74	57
51-80	63	56
81-120	55	53
121-180	51	50

3.3.1.2 Infraero

O método de determinação de capacidade do sistema de pistas proposto pela INFRAERO em 2002 é baseado no método da FAA e leva em consideração as seguintes premissas:

- Porcentagem iguais de pouso e decolagem; e
- Ausência de limitação do espaço aéreo.

No entanto, em oposição à metodologia proposta pela FAA, o método em questão não estabelece premissas a respeito das pistas de taxi, dos acessos a pista de pouso e decolagem e da instrumentação de auxílio à navegação existentes no aeródromo.

O cálculo da capacidade da pista leva em consideração os parâmetros listados:

- Mix de aeronaves;
- Número de pistas e posição relativa das mesmas;
- Presença de pistas de taxi;
- Número e posição dos acessos à pista; e
- Instrumentação de auxílios à navegação existentes.

Assim como no método da FAA, as aeronaves operantes devem ser classificadas em categorias em função do peso máximo de decolagem, possibilitando o cálculo do Índice-MIX. A capacidade horária da pista, de acordo com o manual da INFRAERO, pode ser calculada pelo produto da capacidade encontrada na circular da FAA de acordo com o índice-MIX por dois fatores de correção.

O primeiro deles corresponde ao fator de correção do croqui da pista, incorporando ao cálculo da capacidade a presença ou não de pista de taxi e número e posição de acessos à pista. A Tabela 6 apresenta os valores do fator de correção em função do croqui do sistema de pistas.

Tabela 6: Fator de Correção da Capacidade da Pista em Função do Croqui do Sistema de Pistas

Sistema de Pista de Pouso e Decolagem	Fator de Correção
Apenas uma saída localizada em qualquer posição ao longo da pista	0,30
Apenas uma saída e uma pista de taxi de acesso a uma das cabeceiras	0,50
Pista de taxi paralela com acesso a ambas as cabeceiras	0,70
Pista de Taxi paralela com acesso a ambas as cabeceiras e uma saída intermediária	0,88
Pista de Taxi paralela com acesso a ambas as cabeceiras e duas ou três saídas intermediárias	0,94
Pista de Taxi paralela com acesso a ambas as cabeceiras e quatro ou mais saídas intermediárias	1,00

O segundo fator de correção é relativo à instrumentação de auxílios à navegação aérea existentes na pista. A Tabela 7 apresenta os valores que tal fator de correção pode assumir em função das instalações da pista.

Tabela 7: Fator de Correção da Capacidade da Pista em Função das Instalações de Auxílio à Navegação Aérea

Instalações	Fator de Correção
Radar, ILS, ALS, VOR, DME, NDB(facultativo), PAPI ou VASIS	1,00
ILS, ALS (facultativo) ou Radar, VOR, DME, NDB (facultativo), PAPI ou VASIS	0,96
VOR, DME (facultativo) ou Radar, NDB, PAPI ou VASIS	0,90
VOR ou NDB, PAPI ou VASIS (facultativo)	0,87

A existência desses dois fatores de correção tem como finalidade fazer uma adaptação do método da FAA à realidade dos aeroportos brasileiros, uma vez que as premissas do método da FAA apresentado de que há pista de taxi paralela ao longo de toda a pista de pouso e decolagem com múltiplas entradas e sem cruzamentos e de que, pelo menos, uma pista é equipada com ILS não são condizentes com a infraestrutura aeroportuária nacional.

3.3.1.3 Manual do Comando da Aeronáutica

A MCA 100-14, publicada em 2009, foi criada com o objetivo de padronizar o método de cálculo de capacidade dos sistema de pistas, visando acompanhar a evolução de demanda e capacidade dos aeródromos de interesse e embasando recomendações aos mesmos para garantir a operacionalidade da infraestrutura aeroportuária nacional.

No método em questão, há uma diferenciação entre capacidade física de pista e capacidade teórica de pista. A capacidade física da pista corresponde ao número máximo de operações possíveis que podem ser executadas no intervalo de sessenta minutos sendo calculada em função do tempo médio de ocupação da pista. Por sua vez, a capacidade teórica da pista corresponde ao número máximo de operações possíveis que podem ser executadas no intervalo de sessenta minutos levando-se em consideração não apenas o tempo médio de ocupação da pista, como ainda a legislação relativa à separação regulamentar entre aeronaves e normas e procedimentos específicos aplicáveis às operações aéreas locais.

A capacidade física da pista é uma forma simplificada de se obter uma estimativa da capacidade horária da pista, devendo ser aplicados em aeródromos que não apresentam demanda significativa, em que se enquadram os aeroportos de aviação regional.

Para o cálculo da capacidade física da pista são utilizados os parâmetros listados:

- MIX de aeronaves;
- Distribuição de operações por cabeceira; e
- Tempo médio de ocupação da pista.

O procedimento de cálculo deve ser realizado com base na coleta de dados, na torre de controle, do tempo de ocupação da pista na decolagem (TOPD) e tempo de ocupação da pista no pouso (TOPP) para cada uma das categorias de aeronaves que operam no aeródromo. Com base nos tempos de ocupação de pouso e decolagem, é calculado o tempo médio de ocupação de pista por categoria de aeronave (MATOP), como a média aritmética entre o TOPD e o TOPP.

O MIX de aeronaves corresponde à proporção de aeronaves em cada categoria descrita pelo DOC 8168 da ICAO, em que as aeronaves são classificadas em função da velocidade de cruzamento da cabeceira, que deve ser 30% maior que a velocidade de estol na configuração de pouso. A

Tabela 8 apresenta as categorias e velocidades de cruzamento de cabeceira correspondentes.

Tabela 8: Categorias de Classificação de Aeronaves pela ICAO

Categoria	Velocidade de Cruzamento da Cabeceira
A	$V_{cc} \leq 90 \text{ KT}$
B	$90 \text{ KT} < V_{cc} \leq 120 \text{ KT}$
C	$120 \text{ KT} < V_{cc} \leq 140 \text{ KT}$
D	$140 \text{ KT} < V_{cc} \leq 165 \text{ KT}$
E	$165 \text{ KT} < V_{cc} \leq 210 \text{ KT}$

Com base no MATOP de cada categoria e utilizando a porcentagem MIX de cada categoria como peso de ponderação, calcula-se o tempo médio ponderado de ocupação de pista (TMOP). Esse cálculo deve ser realizado para cada uma das cabeceiras do aeródromo, uma vez que diferentes acessos e configurações de pistas de taxi interferem no tempo de ocupação da pista.

A capacidade física da pista por cabeceira (CFP) pode ser calculada pela expressão:

$$CFP = \frac{3600}{TMOP} \quad (2)$$

Para aeródromos com mais de uma pista, a capacidade física do aeródromo é dada pela média ponderada entre a capacidade física das cabeceiras, utilizando-se o percentual de utilização das pistas como peso de ponderação.

O cálculo da capacidade teórica da pista, por sua vez, deve ser aplicado em aeródromos cujo tráfego indica uma tendência ao congestionamento do sistema de pista de pouso e decolagem. Para o cálculo da capacidade teórica da pista são utilizados os parâmetros listados:

- Distribuição das operações segundo as condições meteorológicas;
- Distribuição das operações por cabeceiras;
- MIX de aeronaves;
- Velocidade de aproximação;
- Comprimento dos diversos segmentos de aproximação;
- Separação mínima regulamentar de aeronaves;
- Tempos médios de ocupação de pista;
- Configuração das pistas de pouso e táxi;
- Probabilidade de interferência com aeródromos vizinhos; e
- Procedimentos de saída.

O modelo matemático para cálculo da capacidade teórica da pista envolve a coleta do tempo gasto pela aeronave entre o marcador externo e a cabeceira da pista, para cada categoria

de aeronave operante no aeródromo. Com posse do tempo de aproximação final, e conhecendo-se o comprimento do segmento, é calculada a velocidade de aproximação final por categoria. Utilizando-se os percentuais do MIX de aeronaves como peso de ponderação, calcula-se a velocidade média de aproximação final (VM) pela média ponderada das velocidades de cada categoria.

A ICA 100-12 estabelece no Brasil a separação mínima regulamentar (SMR) entre duas aeronaves operando numa mesma pista. No entanto, para viabilizar a decolagem de uma aeronave, logo após um pouso, sem comprometer a separação mínima regulamentar do pouso seguinte, o método de determinação de capacidade teórica da pista proposto pela MCA estabelece o cálculo de uma separação de segurança (SS) que pode ser calculada pelo produto entre a velocidade média de aproximação final pelo tempo médio de ocupação da pista de determinada cabeceira de um aeródromo.

Assim, a separação total proposta entre duas aeronaves é dada pelo somatório da separação mínima regulamentar com a separação de segurança. Com posse da velocidade de aproximação final e a separação total entre duas aeronaves, pode-se calcular o tempo médio ponderado entre dois pousos consecutivos (TMST), dado pela expressão:

$$TMST = \frac{ST}{VM} \quad (3)$$

Conhecendo-se o tempo médio ponderado entre dois pousos, pode-se determinar o número de pousos (P) no intervalo de 60 minutos:

$$P = \frac{3600}{TMST} \quad (4)$$

Intercalando uma decolagem entre dois pousos consecutivos, pode-se determinar o número de decolagens (D) no mesmo intervalo:

$$D = P - 1 \quad (5)$$

E, portanto, a capacidade teórica da pista, em operações por hora é dada pela soma de pousos e decolagens. Para aeródromos com mais de uma pista, a capacidade aeroportuária do conjunto de pistas pode ser calculada como a média ponderada entre o percentual de utilização das pistas e a capacidade teórica das pistas.

3.3.2 Pátio de Aeronaves

Assim como no sistema de pistas de pouso e decolagem, a capacidade do pátio de aeronaves é fornecida em termos de capacidade horária.

3.3.2.1 FAA

O método proposto pela FAA na AC 150-5060-5 para determinação da capacidade do pátio de aeronaves leva em consideração os seguintes parâmetros:

- Número total de posições e número de posições em cada categoria;
- Mix de aeronaves no pátio; e
- Tempo de ocupação das aeronaves.

Para o cálculo da capacidade horária é necessário determinar o mix de aeronaves no pátio, que corresponde ao percentual de aeronaves não wide-body que utilizam cada categoria de posição de estacionamento de aeronaves. Além disso, deve-se determinar ainda a razão de ocupação R dada pela expressão:

$$R = \frac{\text{Tempo médio de ocupação para aeronaves wide - body}}{\text{Tempo médio de ocupação para aeronaves não wide - body}} \quad (6)$$

Quando não houver operação de aeronaves wide-body, deve-se utilizar R igual a 1.0.

Determinadas as grandezas auxiliares, pode-se proceder ao cálculo da capacidade horária do pátio por meio da expressão:

$$\text{Capacidade Horária} = G \cdot S \cdot N \quad (7)$$

Em que:

- G : Operações por hora por posição;
- S : Fator do tamanho da posição;
- N : número total de posições.

A capacidade horária base por posição, G , é função do tempo de ocupação das aeronaves não wide-body, do percentual de aeronaves não wide-body e da razão R entre o tempo de ocupação de aeronaves wide-body e não wide-body. Os gráficos apresentados na Figura 1 a Figura 4 permitem a obtenção da capacidade horária por posição.

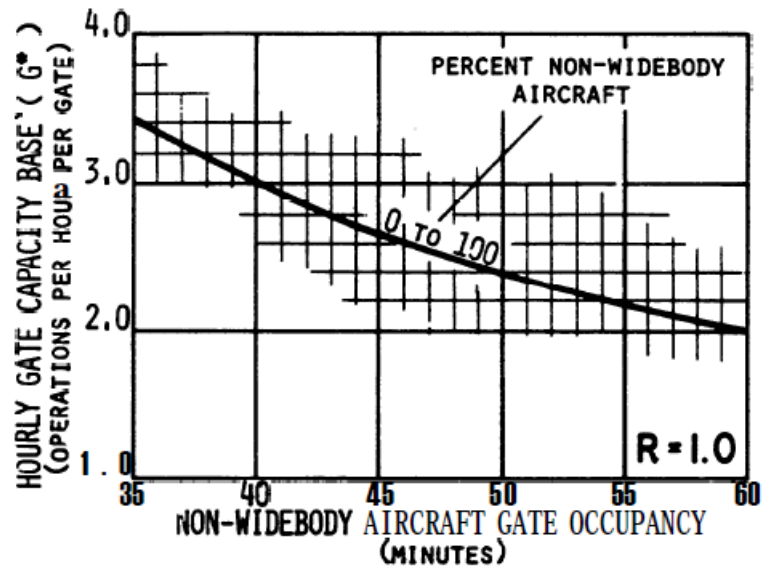


Figura 1: Capacidade horária por posição do pátio para $R=1.0$

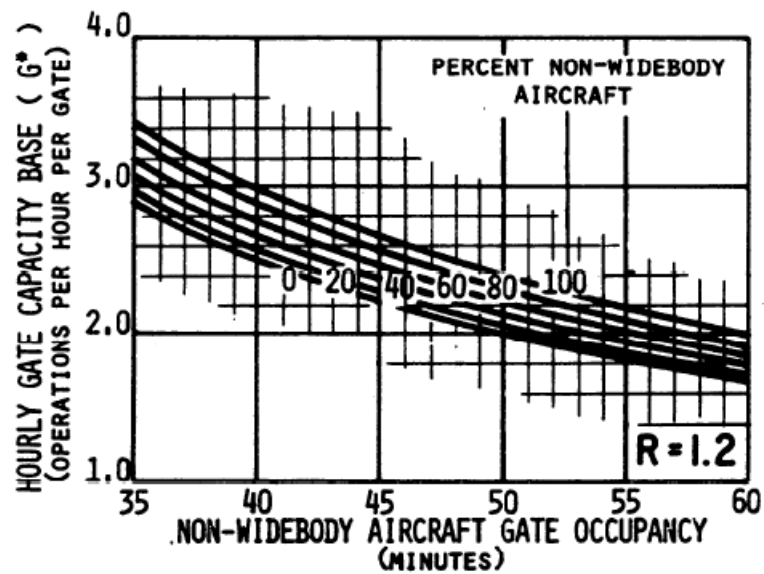


Figura 2: Capacidade horária por posição do pátio para $R=1.2$

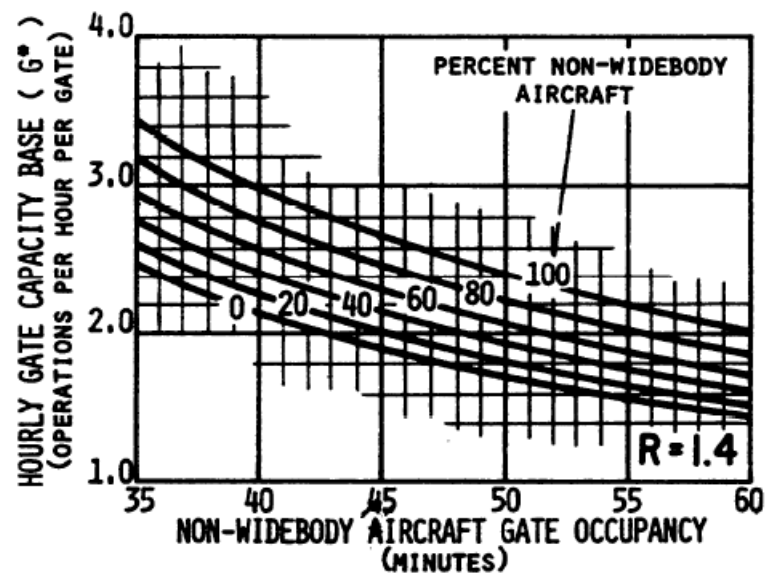


Figura 3: Capacidade horária por posição do pátio para $R=1.4$

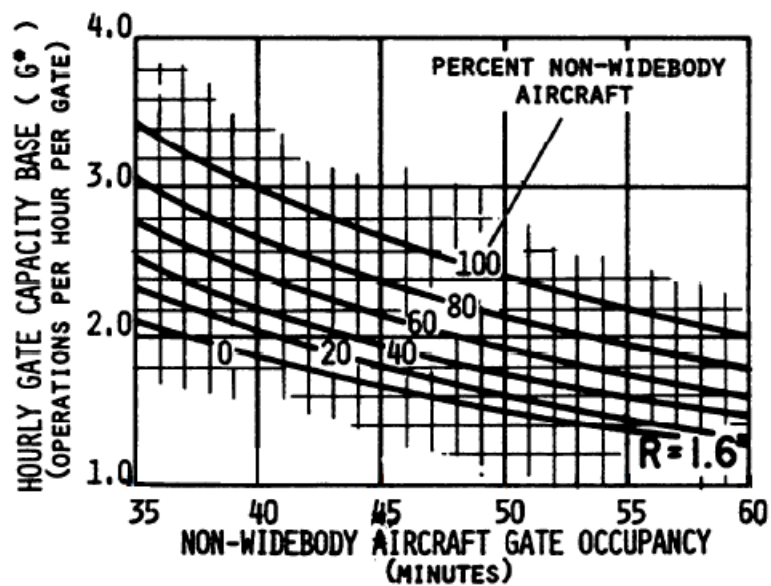


Figura 4: Capacidade horária por posição do pátio para $R=1.6$

O fator do tamanho da posição, S , é função do mix de aeronaves no pátio e do porcentual de posições que acomodam aeronaves wide-body. O gráfico apresentado na Figura 5 possibilita a determinação de S em função dos parâmetros citados.

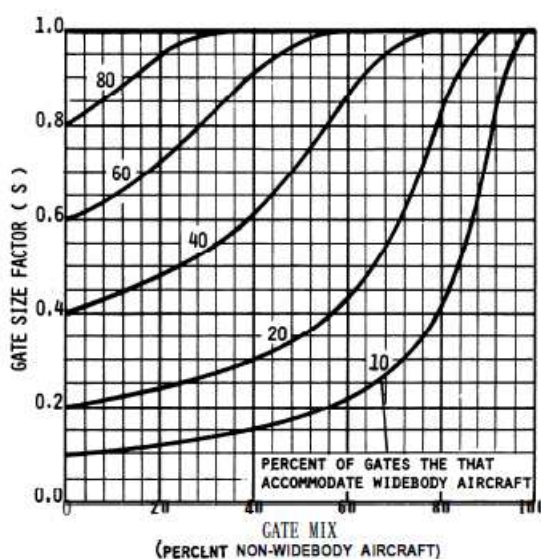


Figura 5: Fator do tamanho da posição

Obtidos, graficamente, os valores do número de operações por hora por posição e do fator do tamanho da posição pode-se proceder ao cálculo da capacidade do pátio por meio da equação (7) apresentada.

3.3.2.2 Infraero

A capacidade do pátio de aeronaves descrito pelo Manual de Critérios e Condicionantes de Planejamento Aeroportuário da INFRAERO, publicado em abril de 2002, faz distinção entre aviação de passageiros, aviação geral e aviação cargueira. O cálculo de capacidade do pátio de aeronaves para aviação de passageiros utiliza o conceito do tamanho médio de aeronaves (TAMAV), que é calculado pela média ponderada dos assentos oferecidos utilizando-se as frequências como peso de ponderação.

Calculando-se o TAMAV, é possível determinar pela Tabela 9 a movimentação anual de passageiros por posição no pátio.

Tabela 9: Determinação da Capacidade do Pátio de Aeronaves por Faixa de TAMAV

Categoria	Faixa de TAMAV	Pax/ano/posição
R1	12 a 25	70.000
R2	25 a 35	100.000

R3	35 a 60	130.000
A1	90 a 130	200.000
A2	130 a 170	250.000
A3	170 a 300	300.000
A4	300 a 450	400.000
A5	Acima de 450	500.000

Multiplicando-se o número de posições pela movimentação anual de passageiros por posição, obtém-se a capacidade total do pátio em termos de movimentação anual de passageiros.

3.3.2.3 Horonjeff

Em sua publicação “Planning & Design of *Airports*”, a capacidade do pátio de aeronaves é definida como o número máximo de aeronaves que um número fixo de posições pode atender em um intervalo de tempo específico com operação contínua. Os parâmetros que afetam a capacidade do pátio são:

- Número e categoria das posições;
- Mix de aeronaves no pátio;
- Tempo de ocupação por categoria de aeronave;
- Porcentual de posições que podem ser utilizadas.

O último parâmetro listado é reflexo do tempo consumido para manobras na aeronave e atrasos que restringem a ocupação das posições do pátio. Se o tempo de ocupação da aeronave na posição considerar o tempo de manobra, tempo para desembarque e embarque de passageiros, tempo para reabastecimento e tempo de despacho da aeronave, o porcentual de utilização do pátio pode se aproximar de 100%.

Considerando o modelo analítico para determinação da capacidade do pátio de aeronaves em que é considerada a possibilidade de uma aeronave ocupar outras posições do pátio que não foi projetada para aquela aeronave em específico, tem-se que a capacidade do pátio pode ser obtida pela expressão:

$$Capacidade = \frac{N \cdot \mu}{T} \quad (8)$$

Em que:

- N: número de posições;
- μ : Fator de utilização da posição;
- T: Tempo de ocupação esperado.

O fator de utilização μ corresponde ao porcentual de tempo em que a posição pode ser utilizada e o tempo de ocupação esperado T pode ser obtido por meio de:

$$T = \sum p_i T_i \quad (9)$$

- p_i : Percentual de aeronaves da categoria i ;
- T_i : Tempo médio de ocupação das aeronaves da categoria i ;

3.3.3 Terminal de Passageiros

A capacidade de um terminal de passageiros pode ser avaliada por meio de duas unidades temporais: capacidade horária e capacidade anual. A primeira delas permite uma avaliação de cada componente operacional isoladamente, permitindo identificar gargalos no sistema. A capacidade anual, por sua vez, possibilita uma análise a longo prazo permitindo identificar divergências entre a capacidade instalada e a projeção de demanda.

Para a avaliação da capacidade horária, utiliza-se a hora-pico de projeto, que não consiste na hora de maior movimentação do TPS no ano, mas sim numa movimentação em que o aeroporto opere numa parcela mais significativa do tempo.

Há diferentes definições da hora-pico a ser utilizada em projeto, sendo listadas:

- AMS: vigésima hora mais ocupada do ano;
- CDG: quadragésima hora mais ocupada do ano;
- DAC: hora mais ocupada do dia médio do mês pico;
- FAA: hora mais ocupada do dia mais ocupado da semana típica;
- IATA: segunda hora mais ocupada da semana média do mês pico;
- Typical Peak-Hour Passenger (TPHP): corresponde a uma porcentagem da movimentação diária - 20% do movimento diário (pequenos aeroportos), 11% (aeroporto com até 2 milhões de passageiros anuais) e 8,6% (grandes aeroportos).
- WANG, P.T.: hora cuja movimentação seja, numa ordenação decrescente, superior ou igual a 96,5% do movimento anual, garantindo que no máximo 3,5% do volume anual seja atendido abaixo do nível de serviço de projeto.

A movimentação da hora pico pode ser obtida ainda como um percentual da movimentação anual de passageiros para diferentes faixas de demanda aeroportuária. A Tabela 10 apresenta os percentuais do fluxo anual que determinam a movimentação da hora pico definidos pela FAA ao passo que a Tabela 11 apresenta os percentuais definidos pela ANAC.

Tabela 10: Determinação da Hora-Pico pelo Fluxo Anual (FAA)

Passageiros Anuais	TPHP como Porcentagem do Fluxo Anual
Acima de 30.000.000	0,035
20.000.000 a 29.999.999	0,040
10.000.000 a 19.999.999	0,045
1.000.000 a 9.999.999	0,050
500.000 a 999.999	0,080
100.000 a 499.999	0,130
Abaixo de 100.000	0,200

Tabela 11: Determinação da Hora-Pico por Faixa de Demanda (ANAC)

Faixa de Demanda Anual	Limite Inferior (%)
Acima de 8.000.000	0,027
3.000.000 a 7.999.999	0,038
1.000.000 a 2.999.999	0,051
400.000 a 999.999	0,070
100.000 a 399.999	0,118
Abaixo de 100.000	0,399

A determinação da movimentação de passageiros na hora-pico como uma porcentagem do movimento anual em faixas de demanda gera, no entanto, descontinuidades significativas entre duas faixas de demanda. Para um aeroporto pequeno com demanda anual de 99.999 passageiros, a movimentação da hora-pico fornecida pelos parâmetros da ANAC é de 399 passageiros, porém, com um passageiro a mais anualmente, a movimentação da hora pico cai para 118 passageiros.

Uma nova metodologia proposta por Dilson Filho em 2013, baseada nos aeroportos brasileiros, trata o movimento de passageiros como um fenômeno, permitindo o cálculo da movimentação de passageiros na hora-pico como função não apenas da movimentação anual de passageiros com também do equivalent peak hour (EPH) sem descontinuidades.

O eph, desenvolvido por Wang, consiste numa métrica que serve como proxy e é calculado com base no dia típico de um aeroporto, definido como o dia que, num conjunto de dados ordenados de movimentação diária, separa a metade superior e inferior do vetor ordenado, ou seja, para um ano não bissexto, corresponde ao 183º dia de maior movimento no ano. Considerando o dia típico formado pelos valores de movimentos horários medianos do ano, o eph é definido como a maior movimentação horária do dia típico. Pode-se entender como o nível em que a demanda está próxima das capacidade. Em GRU o eph em 2010 foi de 17,2

significa que o movimento diário equivale ao de 17,2 horas-pico, com uma ociosidade de 6,8 horas por dia.

A determinação da movimentação na hora pico pode ser calculada por meio da expressão:

$$hp = 33,13885 + 0,0002262ma + 44,3942eph \quad (10)$$

Em que:

- hp: movimentação na hora pico;
- ma: movimentação anual; e
- eph: equivalent peak hour.

3.3.3.1 INFRAERO

A metodologia de cálculo utilizada pela INFRAERO foi desenvolvida buscando resultados uniformes e coerentes para embasar o Estudo Preliminar das Diretrizes Gerais para o Plano Aeroviário Nacional (PAN) 2009-2013.

Assim como na determinação de capacidade de pátio de aeronaves, a INFRAERO utiliza o conceito do Tamanho Médio de Aeronave - TAMAV para avaliação da capacidade do TPS, classificando os aeroportos em três categorias de uso horário em função da faixa de TAMAV: uso horário alto, uso horário médio e uso horário baixo. No entanto, a metodologia não leva em consideração diferentes níveis de serviço na avaliação da capacidade do TPS, sendo considerado o nível de serviço “C” da IATA.

O método da INFRAERO faz avaliação de componentes operacionais isolados, contemplando em sua análise apenas os componentes mais restritivos e de maior sensibilidade:

- Quantidade de balcões de check-in;
- Área para formação de filas de check-in;
- Área da sala de embarque;
- Área da sala de desembarque.

A Tabela 12 apresenta os parâmetros de planejamento dos componentes operacionais citados.

Tabela 12: Parâmetros de Planejamento de Componentes Operacionais

PERFIS (TEMPO DE USO)	CHECK IN		AREA DE FILA		SALA DE EMBARQUE		SALA DE DESEMBARQUE	
	dom	int	dom	int	dom	int	dom	int
USO HORÁRIO ALTO TAMAV < 100 PAX	2 min/ pax	3 min/ pax	24 min/ pax	36 min/ pax	20 min/ pax	50 min/ pax	15 min/ voo	30 min/ voo
	30 ciclos/hora	20 ciclos/hora	2,5 ciclos/hora	1,7 ciclos/hora	3,0 ciclos/hora	1,2 ciclos/hora	4 ciclos/hora	2 ciclos/hora
USO HORÁRIO MÉDIO TAMAV >100 PAX < 150 PAX	2 min/ pax	3 min/ pax	24 min/ pax	36 min/ pax	30 min/ pax	60 min/ pax	25 min/ voo	45 min/ voo
	30 ciclos/hora	20 ciclos/hora	2,5 ciclos/hora	1,7 ciclos/hora	2,0 ciclos/hora	1 ciclos/hora	2,4 ciclos/hora	1,3 ciclos/hora
USO HORÁRIO BAIXO TAMAV > 150 PAX	2 min/ pax	3 min/ pax	24 min/ pax	36 min/ pax	40 min/ pax	70 min/ pax	35 min/ voo	60 min/ voo
	30 ciclos/hora	20 ciclos/hora	2,5 ciclos/hora	1,7 ciclos/hora	1,5 ciclos/hora	0,9 ciclos/hora	1,7 ciclos/hora	1 ciclos/hora

3.3.3.2 Medeiros

A metodologia proposta por Medeiros em 2004 foi elaborada com base na análise crítica de diversas metodologias existentes e teve como foco os aeroportos brasileiros. Em seu modelo, Medeiros faz distinção no dimensionamento em função do tipo de aviação de cada aeroporto entre internacional, doméstica e regional.

Além disso, a metodologia incorpora o nível de serviço na avaliação da capacidade do TPS, definindo parâmetros para três níveis de serviço distintos de acordo com o conforto oferecido aos usuários e fluxo dos mesmos, sendo:

- A – Alto: alto nível de conforto, fluxo livre, sem atrasos;
- B – Bom: bom nível de conforto, fluxo normal, componente em equilíbrio;
- C – Regular: nível de conforto aceitável, fluxo instável, atrasos toleráveis, condições aceitáveis por pequenos períodos, capacidade limite do sistema.

A avaliação se dá tanto pela área global do TPS, cujos parâmetros de dimensionamento são apresentados na Tabela 13, quanto por componentes isolados.

Tabela 13: Área Global do TPS (Medeiros)

Área total do TPS			
Nível de Serviço	Índices de dimensionamento (m ² /pax)		
	Tipo de aeroporto		
	Internacional	Doméstico	Regional
A - Alto	25,00	18,00	15,00
B - Bom	22,00	15,00	12,00
C - Regular	18,00	12,00	10,00

Dentre os componentes operacionais, é previsto a avaliação dos itens listados:

- Saguão de embarque;
- Sala de pré-embarque;
- Número de balcões de check-in;
- Área para balcões de check-in;
- Área para vendas e reserva de bilhetes;
- Área para triagem e despacho de bagagens;
- Área de vistoria de segurança;
- Área de vistoria de passaportes;
- Saguão de desembarque;
- Área de restituição de bagagens;
- Área de desembarque internacional;
- Meio-fio

3.3.3.3 BNDES

O método proposto pela McKinsey&Company em 2010 foi desenvolvida em parceria com o ITA com a finalidade de avaliar a capacidade dos 20 principais aeroportos do país.

No método proposto é considerada tanto a avaliação da capacidade global do TPS quanto a capacidade por componentes operacionais isolados. A avaliação da capacidade global do TPS adotada consiste no método da FAA que sugere uma área de 18 a 24 m² por passageiro na hora-pico. Para a determinação da movimentação de passageiros na hora-pico utilizou-se os percentuais da movimentação anual definidos pela FAA, já apresentados na Tabela 10.

Por sua vez, a avaliação dos componentes operacionais utilizou a metodologia da IATA com um nível de serviço “B” definido pela mesma entidade. O método contemplou avaliação dos componentes listados:

- Área do saguão de embarque;
- Área do saguão de desembarque;
- Número de balcões de check-in;
- Número de balcões de imigração;
- Número de módulos de inspeção de segurança;
- Área da sala de embarque;
- Área útil das esteiras de restituição de bagagens.

3.4 Critérios de Avaliação

Para a proposição do método de determinação da capacidade de sítios aeroportuários de aviação regional, analisou-se os métodos da literatura selecionados levando-se em consideração os critérios:

- Volume de dados necessários para aplicação do método: uma vez que os aeroportos a serem analisados são administrados por diferentes entidades, e não há centralização de tais informações;
- Praticidade do método, dada que a infraestrutura aeroportuária de aviação regional no país é composta por mais de 200 aeroportos;
- Adequação a realidade dos aeroportos analisados, já que os métodos existentes na literatura são, em sua maioria, elaborados para aeroportos de aviação doméstica e internacional e nem sempre são condizentes com a realidade de aeroportos de menor porte.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Sistema de Pistas de Pouso e Decolagem

4.1.1 Comparativo dos Métodos Estudados

Analisando o critério de praticidade dos métodos estudados, tem-se que o método proposto pela FAA exige pouco equacionamento, sendo a capacidade tabelada em função do Índice-Mix de aeronaves. O método da INFRAERO, baseado no método da FAA, também é bastante prático, acrescentando ao método anterior apenas dois fatores multiplicativos tabelados, que não comprometem a praticidade do método. O método proposto pelo MCA, no entanto, exige uma extensa coleta de dados e um equacionamento que compromete a praticidade do método comparativamente com as demais metodologias apresentadas.

Do ponto de vista da quantidade de dados necessários, tanto a FAA quanto a INFRAERO, exigem, em sua metodologia, dados de fácil obtenção como categorias de aeronaves operantes, croqui da pista e instrumentação de auxílio à navegação disponíveis. No entanto, a metodologia proposta pelo MCA exige, para sua aplicação, uma extensa coleta de dados, penalizando a aplicabilidade do método.

Quanto ao critério de aplicabilidade das metodologias estudadas para a aviação regional, tem-se que todos os métodos são adequados.

No entanto, apesar de tanto o método da FAA quanto o método da INFRAERO constituírem metodologias práticas e adequadas à aviação regional e exigirem pouca quantidade de dados para sua aplicação, o método da INFRAERO possui como diferencial o fato de levar em consideração no cálculo da capacidade do sistema de pistas de pouso e decolagem o croqui da pista e a instrumentação da mesma, e absorvendo portanto as singularidades da infraestrutura de aviação regional brasileira.

A Tabela 14 sumariza os critérios avaliados.

Tabela 14: Comparativo dos Métodos de Determinação da Capacidade dos Sistemas de Pistas

	FAA	Infraero	MCA
Praticidade	✓	✓	
Dados	✓	✓	
Adequação	✓	✓	✓
Croqui da Pista		✓	
Instrumentos de Navegação		✓	

4.1.2 Método Proposto

Por constituir um método prático e adequado a aviação regional brasileira e por exigir um volume de dados de obtenção viável, o método da INFRAERO para determinação da capacidade do sistema de pistas de pouso e decolagem é o mais indicado para a avaliação da capacidade atual dos sítios aeroportuários destinados à aviação regional.

Além de atender aos três critérios avaliados, a metodologia proposta engloba fatores relativos ao croqui da pista e a instrumentação de auxílio a navegação no cálculo da capacidade do sistema de pistas de pouso e decolagem, absorvendo as singularidades da infraestrutura de aviação regional brasileira, sem comprometer a aplicabilidade do método.

A metodologia proposta é exatamente a mesma para as três categorias de aeroportos regionais, e o procedimento de cálculo segue a descrição apresentada no item 3.3.1.2

4.2 Pátio de Aeronaves

4.2.1 Comparativo dos Métodos Estudados

Tendo em vista o critério de praticidade dos métodos estudados, o método proposto pela FAA para determinação da capacidade horária do pátio de aeronaves exige o cálculo da razão R do tempo de ocupação entre aeronaves e a extração dos fatores de cálculo por meio de análise gráfica, constituindo, dentre os métodos estudados, o de menor praticidade. O método da INFRAERO, por sua vez, exige o cálculo da grandeza TAMAV para determinação da capacidade do pátio. Já o método de Horonjeff é o de maior praticidade, utilizando um simples equacionamento para a determinação da capacidade do pátio em função do número de posições, do tempo de ocupação e de um fator de utilização da posição.

No quesito relativo a quantidade de dados necessários, o método da FAA, assim como o de Horonjeff, exige apenas o número de posições de estacionamento do pátio e o tempo médio de ocupação por categoria. Já o método da INFRAERO necessita do conhecimento de dados mais detalhados como a quantidade de assentos de cada aeronave operada bem com a frequência de operação de tais aeronaves.

Analisando-se a adequação das metodologias de avaliação de capacidade de pátio de aeronaves aos sítios aeroportuários de aviação regional, tem-se que os equacionamentos e cálculos apresentados são aplicáveis para aeroportos com uma movimentação diária significativa de aeronaves, o que nem sempre corresponde à realidade de aeroportos regionais.

A Tabela 15 sumariza os critérios avaliados.

Tabela 15: Comparativo dos Métodos de Determinação de Capacidade de Pátio de Aeronaves			
	FAA	Infraero	Horonjeff
Praticidade			✓
Dados	✓		✓
Adequação			

4.2.2 Método Proposto

Um vez que os métodos estudados para avaliação da capacidade do pátio de aeronaves não são sempre aplicáveis a sítios aeroportuários destinados à aviação regional, o método

proposto consiste num dimensionamento mínimo necessário em função da categoria do aeroporto.

4.2.2.1 Aeroportos Regionais de Pequeno Porte

Para aeroportos regionais de pequeno porte o dimensionamento mínimo proposto para o pátio de aeronaves consiste em duas posições de estacionamento para a aeronave crítica EMB 120. As dimensões da aeronave crítica são apresentadas na Figura 6.

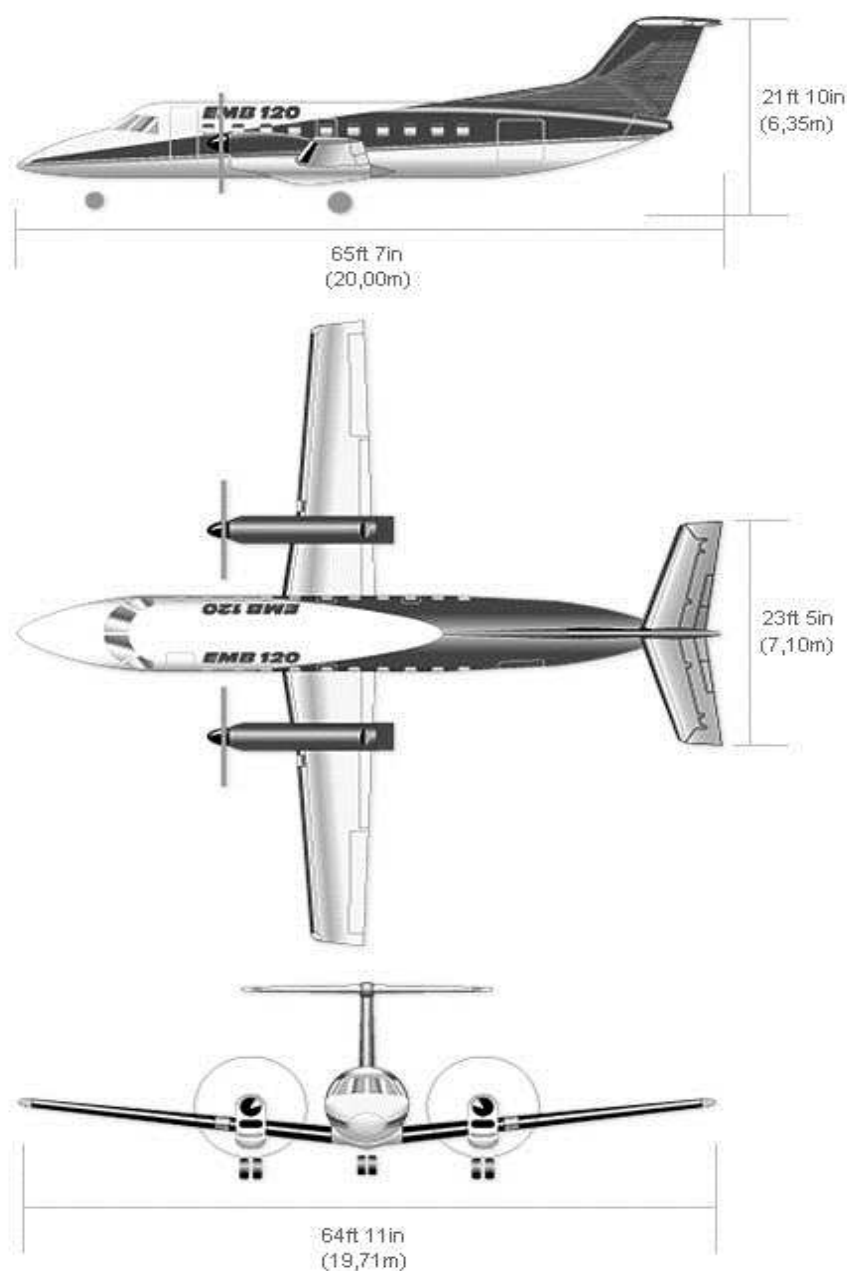


Figura 6: Dimensões da Aeronave EMB-120

O Estudo de Infraestrutura Aeronáutica no Brasil publicado em 1980 pelo Ministério da Aeronáutica prevê o espaçamento entre aeronaves e entre aeronave e edificações apresentados na Tabela 16, que devem ser considerados no dimensionamento das posições de estacionamento do pátio.

Tabela 16: Separação entre Aeronaves e Objetos Fixos ou Móveis

Envergadura (m)	Separação (m)
<15	3,0
15 a 23	4,5
23 a 30	6,0
>30	7,5

Supondo que a saída da aeronave da posição do pátio será rebocada, as dimensões da posição de estacionamento do pátio que devem atender a aeronave crítica EMB-120 são de 20 m de comprimento por 20 m de largura, com um afastamento de 4,5 m ao longo do perímetro da posição.

No entanto, se for considerado que a aeronave terá saída apenas por meios próprios, sem auxílio de reboque, o dimensionamento da posição de estacionamento deve prever a necessidade de espaço para realização das manobras dentro da posição de estacionamento, com dimensões de 31 m de comprimento por 20 m de largura para estacionamento paralelo a borda do pátio, com um afastamento de 4,5 m ao longo do perímetro, como mostra a Figura 7.

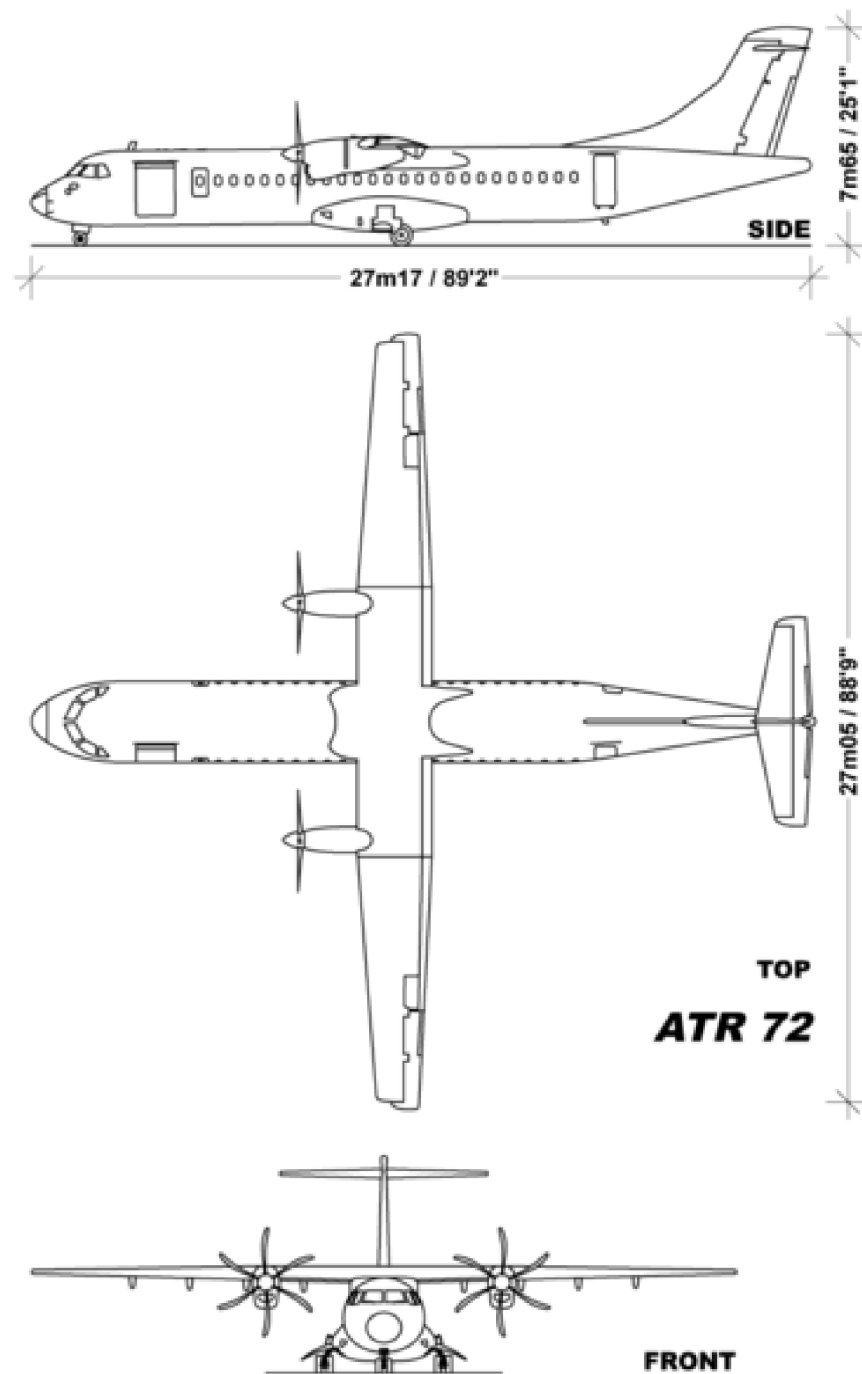


Figura 8: Dimensões da Aeronave ATR-72

Supondo que a saída da aeronave da posição do pátio será rebocada, as dimensões da posição de estacionamento do pátio que devem atender a aeronave crítica ATR-72 são de 27,5 m de comprimento por 27,5 m de largura, com um afastamento de 6,0 m ao longo do perímetro da posição.

4.2.2.3 Aeroportos Regionais de Grande Porte

Para aeroportos regionais de grande porte, isso é, aqueles que operam com uma aeronave crítica superior ao ATR-72, a movimentação diária de aeronaves assume maior variabilidade entre os aeroportos dessa categoria, de modo que não é possível estabelecer um dimensionamento mínimo.

Sendo assim, para a avaliação da capacidade do pátio de aeronaves de aeroportos destinados à aviação regional, recomenda-se a utilização da metodologia de Horonjeff, por constituir um método prático e requerer um volume de dados de fácil obtenção.

O procedimento de cálculo segue o apresentado no item 3.3.2.3.

4.3 Terminal de Passageiros

4.3.1 Comparativo dos Métodos Estudados

Analisando-se o critério da praticidade dos métodos estudados, todos envolvem um longo procedimento de cálculo, dado que a análise da capacidade do terminal de passageiros é realizada por componentes operacionais.

Em relação aos dados necessários, os três métodos estudados exigem um grande volume de dados para sua aplicação. Para aplicação do método da INFRAERO, há necessidade de grande volume de dados para o cálculo da grandeza TAMAV. Já para os métodos da Infraero e do BNDES, o volume de dados necessários é atribuído à avaliação do TPS por componentes operacionais.

Os métodos estudados, no entanto, não se adequam à aviação regional brasileira na medida em que a avaliação do TPS é realizada por componentes operacionais, contrastando com a realidade da infraestrutura aeroportuária brasileira, em que muitos aeroportos regionais possuem um único ambiente que exerce as funções de saguão de embarque, sala de embarque e saguão de desembarque.

A avaliação da capacidade total do TPS é realizada nos métodos Medeiros e BNDES, correspondendo a uma análise menos detalhada e de maior praticidade, sendo mais adequada a avaliação de aeroportos regionais de pequeno e médio porte. O método Medeiros incorpora ainda à avaliação da capacidade total o nível de serviço oferecido.

A Tabela 17 sumariza os critérios avaliados.

Tabela 17: Comparativo dos Métodos de Determinação da Capacidade do TPS

	Infraero	Medeiros	BNDES
Praticidade			
Dados			
Adequação		✓	
Capacidade Total		✓	✓
Nível de Serviço		✓	

4.3.2 Método Proposto

4.3.2.1 Aeroporto Regional de Pequeno Porte

Para aeroportos regionais de pequeno porte é proposta a avaliação do terminal de passageiros apenas em função da área total da edificação, uma vez que em aeroportos dessa natureza o TPS muitas vezes é composto de um único ambiente.

O dimensionamento total proposto é de 12 m² por passageiro na hora pico, que corresponde ao dimensionamento proposto por Medeiros para aeroportos regionais com nível de serviço bom.

No método proposto não é prevista a área do TPS por componentes, no entanto, recomenda-se o dimensionamento mínimo no que diz respeito ao número de balcões de check-in pelo fato de tal componente constituir um dos principais gargalos no que diz respeito ao processamento de passageiros aéreos. O dimensionamento mínimo proposto é de dois balcões de check-in.

4.3.2.2 Aeroporto Regional de Médio Porte

Assim como os aeroportos regionais de pequeno porte, é proposta a avaliação dos aeroportos regionais de médio porte apenas em função da área total da edificação. O dimensionamento total proposto é de 15 m² por passageiro na hora pico, correspondente ao método Medeiros para aeroportos regionais com nível de serviço alto.

O dimensionamento mínimo do número de balcões de check-in é de quatro unidades. Considerando que a aeronave crítica dessa categoria possui capacidade para 70 passageiros, e supondo um load factor de 80%, e assumindo ainda, que, em aeroportos desse porte, não há operações simultâneas, cada um dos balcões de check-in será responsável pelo processamento de 14 passageiros.

4.3.2.3 Aeroporto Regional de Grande Porte

Para aeroportos regionais de grande porte é proposta a avaliação da área total, com um dimensionamento de 18 m² por passageiro na hora pico, correspondente ao método Medeiros para aeroportos domésticos com nível de serviço alto.

Como aeroportos do porte em questão possuem um maior processamento de passageiros em relação aos demais aeroportos regionais, propõem-se a avaliação do TPS também em função

dos componentes operacionais relativos às áreas de saguão de embarque e desembarque, além do número de balcões de check-in.

A avaliação dos três componentes operacionais propostos segue a metodologia do BNDES.

O dimensionamento da área do saguão de embarque é dada pela seguinte expressão:

$$A = s \cdot \frac{y}{60} \cdot \frac{3[a(1+o) + b]}{2} \quad (11)$$

em que os parâmetros utilizados são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18: Dimensionamento da Área do Saguão de Embarque

Área do Saguão Embarque			
Símbolo	Parâmetro	Valor	Fonte
a	Número de passageiros embarcando na hora-pico*	Assumido	Calculado em função da movimentação anual
b	Número de passageiros em conexão processados no saguão de embarque	Assumido	Infraero
y	Tempo médio de ocupação por passageiro/visitante	20 minutos	Assumido conforme IATA
s	Espaço necessário por pessoa	1,5 m ²	Assumido conforme IATA
o	Número de acompanhantes por passageiro	1,5	STBA (1983)

O dimensionamento da área do saguão de desembarque pode ser obtido pelo equacionamento:

$$A = s \cdot \left(\frac{w(d+b)}{60} + \frac{zdo}{60} \right) + (10\%) \quad (12)$$

cujos parâmetros utilizados são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19: Dimensionamento da Área do Saguão de Desembarque

Área do Saguão de Desembarque			
Símbolo	Parâmetro	Valor	Fonte
d	Número de passageiros desembarcando na hora-pico	Assumido	Calculado em função da movimentação anual
b	Número de passageiros em conexão processados no saguão de desembarque*	Assumido	INFRAERO
w	Tempo médio de ocupação por passageiro	15 minutos	Assumido conforme IATA
z	Tempo médio de permanência - acompanhante	30 minutos	Assumido conforme IATA
s	Espaço necessário por pessoa	1,5 m ²	Assumido conforme IATA
o	Número de acompanhantes por passageiro	1,5	STBA (1983)

Finalmente, a quantificação do número de balcões pode ser obtida pela expressão:

$$N = \frac{(a + b)}{60} \cdot t_1 + (10\%) \quad (13)$$

em que os parâmetros utilizados são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20: Quantificação de Balcões de check-in

Quantidade de Balcões de check-in			
Código	Variável	Valor	Fonte
a	Número de passageiros embarcando na hora-pico	Assumido	Calculado em função da movimentação anual
b	Número de passageiros em conexão processados no check-in	Assumido	INFRAERO
t ₁	Tempo médio de processamento por pax	2 min	Autora

5 Estudo de Caso

5.1 Aeroporto Regional de Pequeno Porte

A escolha do aeroporto regional pequeno porte envolveu a seleção de um aeroporto dentre os selecionados pela SAC/PR pelo interesse dos mesmos para a rede aeroviária nacional. Além disso, buscou-se um aeroporto que fosse operado por companhias aéreas regionais com voos regulares. Assim, o Aeroporto de Redenção, localizado no estado do Pará, foi selecionado para o estudo de caso.

5.1.1 Aeroporto de Redenção

O Aeroporto de Redenção possui administração municipal e é operado pela SETE linhas aéreas com voos diários para Marabá e Palmas. A aeronave crítica do aeroporto em questão é o Cessna 208, com capacidade para 9 passageiros.

5.1.2 Sistema de Pistas de Pouso e Decolagem

O sistema de pistas de pouso e decolagem do aeroporto de Redenção é composto de uma única pista com designação de cabeceiras 05 e 23, e com dimensões de 1350 m de comprimento por 30 m de largura. A Figura 9 apresenta a vista de satélite do sistema em estudo.



Figura 9: Pista de Pouso e Decolagem do Aeroporto de Redenção

A avaliação da capacidade do sistema de pistas de pouso e decolagem do aeroporto de Redenção segue o procedimento de cálculo:

- Determinação do Índice MIX:

Como a aeronave crítica do aeroporto de Redenção é o Cessna 208, com peso máximo de decolagem inferior a 4 toneladas, tem-se que todas as aeronaves operantes são classificadas entre as categorias A e B, de forma que:

$$\text{Índice-MIX} = \%C + 3X\%D$$

$$\text{Índice-MIX} = 0\%$$

Uma vez que o sistema de pouso e decolagem do aeroporto em questão é constituído de uma única pista, pode-se extrair da Tabela 5 que a capacidade horária da pista de pouso e decolagem é de 98 operações, com operação por VFR apenas diurna.

- Fator Multiplicativo Relativo ao Croqui da Pista:

Da Figura 9, pode se constatar que o sistema de pistas de pouso e decolagem do aeroporto em estudo possui uma única saída ao longo da pista e não há pista de taxi. Assim, da Tabela 6, o fator multiplicativo relativo ao croqui da pista é de 0,30.

- Fator Multiplicativo Relativo à Instrumentação da Pista:

Dado que o sistema de pista de pouso e decolagem possui apenas operação VFR diurna, tem-se, da Tabela 7, que o fator multiplicativo relativo à instrumentação da pista é de 0,87.

- Cálculo da capacidade horária:

Finalmente, a capacidade horária do sistema de pista de pouso e decolagem é dada pelo produto entre a capacidade horária fornecida pela Tabela 5 em função do Índice-MIX pelos fatores multiplicativos. Assim:

$$\text{Capacidade Horária} = 98 \cdot 0,30 \cdot 0,87$$

$$\text{Capacidade Horária} = 25 \text{ operações}$$

5.1.3 Pátio de Aeronaves

A avaliação do pátio de aeronaves para aeroportos regionais de pequeno porte envolve um dimensionamento mínimo para aeroportos dessa categoria, correspondendo a duas posições de estacionamento que comportem a aeronave crítica da categoria, o EMB-120.

5.1.4 Terminal de Passageiros

A avaliação do terminal de passageiros de aeroportos regionais de pequeno porte envolve o cálculo da área total de edificação com base na movimentação da hora pico.

Em 2012, a movimentação anual do aeroporto em estudo foi de 4.572 passageiros. Considerando o método da FAA para determinação da movimentação da hora-pico em função da movimentação anual, a movimentação da hora pico corresponde a 0,2 % da movimentação anual de passageiros, conforme Tabela 10, o equivalente a 9 passageiros na hora pico.

- Área total do TPS:

$$\text{Área Total} = 12 \cdot 9 = 108 \text{ m}^2$$

Além disso, deve-se garantir o dimensionamento mínimo de balcões de check-in, que para aeroportos regionais de pequeno porte corresponde a duas unidades.

5.2 Aeroporto Regional de Médio Porte

A escolha do aeroporto regional de médio porte para o desenvolvimento do estudo de caso envolveu a seleção de um aeroporto entre os selecionados pela SAC/PR pelo interesse dos mesmos para a rede aeroviária nacional. Além disso, buscou-se um aeroporto que houvesse disponibilidades de dados para aplicação do método proposto de avaliação da capacidade instalada do sítio aeroportuário.

Assim, o Aeroporto Frank Miloye Milenkovich, localizado no município de Marília - SP, foi selecionado para o estudo de caso, constituindo o aeroporto de maior movimentação de passageiros da categoria em questão em 2012 dentre os aeroportos administrados pelo Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo (DAESP).

5.2.1 Aeroporto Frank Miloye Milenkovich

O Aeroporto Frank Miloye Milenkovich, localizado no município de Marília - SP, possui administração estadual sendo operado pela companhia aérea Azul com voos destinados a Viracopos e Bauru.

Em 2012, o aeroporto atingiu uma movimentação de 92.437 passageiros e 11.943 aeronaves.

5.2.2 Sistema de Pistas de Pouso e Decolagem

O sistema de Pistas de Pouso e Decolagem do Aeroporto Frank Miloye Milenkovich é composto de uma única pista com designação de cabeceiras 02 e 20, e com dimensões de 1700 m de comprimento por 35 m de largura. A Figura 10 apresenta a vista de satélite do sistema de pistas de pouso e decolagem em estudo.



Figura 10: Pistas de Pouso e Decolagem do Aeroporto Frank Miloye Milenkovich

A avaliação da capacidade do sistema de pistas de pouso e decolagem do aeroporto de Marília segue o procedimento de cálculo:

- Determinação do Índice MIX:

Considerando que em 2012, 28,6% da movimentação de aeronaves foi destinada a aviação regular, com aeronaves da categoria C e que os 71,4% restantes da movimentação de aeronaves foi destinada a aviação não regular, com aeronaves na categoria A e B, tem-se que o Índice-Mix é dado por:

$$\text{Índice-MIX} = \%C + 3X\%D$$

$$\text{Índice-MIX} = 28,6\%$$

Uma vez que os sistema de pouso e decolagem do aeroporto em questão é constituído de uma única pista, pode-se extrair da Tabela 5 que a capacidade horária da pista de pouso e decolagem é de 57 operações, com operação VFR e IFR diurna e noturna.

- Fator Multiplicativo Relativo ao Croqui da Pista:

Da Figura 10, pode se constatar que o sistema de pistas de pouso e decolagem do aeroporto em estudo possui uma única saída ao longo da pista e não há pista de taxi. Assim, da Tabela 6, o fator multiplicativo relativo ao croqui da pista é de 0,30.

- Fator Multiplicativo Relativo à Instrumentação da Pista:

Dado que o sistema de pista de pouso e decolagem possui instrumentação IFR diurna e noturna, tem-se, da Tabela 7, que o fator multiplicativo relativo à instrumentação da pista é de 0,90, uma vez que a instrumentação é de não precisão.

- Cálculo da capacidade horária:

Finalmente, a capacidade horária do sistema de pista de pouso e decolagem é dada pelo produto entre a capacidade horária fornecida pela Tabela 5 em função do Índice-MIX pelos fatores multiplicativos. Assim:

$$\text{Capacidade Horária} = 57 \cdot 0,30 \cdot 0,90$$

$$\text{Capacidade Horária} = 15 \text{ operações}$$

Do cálculo apresentado, pode-se perceber que a capacidade horária do sistema de pistas de pouso e decolagem é bastante penalizada pela falta de pista de taxiamento e pelo único acesso a pista existente. No entanto, a capacidade horário do item avaliado é suficiente para atender a demanda atual, que corresponde a 4 operações na hora pico.

5.2.3 Pátio de Aeronaves

A avaliação do pátio de aeronaves para aeroportos regionais de médio porte envolve um dimensionamento mínimo para aeroportos dessa categoria, correspondendo a duas posições que comportem a aeronave crítica da categoria, o ATR-72, além de duas posições menores no pátio destinadas a aeronaves de menor porte e que acomodem até a aeronave EMB-120.

Com o dimensionamento mínimo proposto de 4 posições, a infraestrutura seria suficiente para atender a demanda na hora pico, que para a movimentação de 2012, corresponde a 4 operações.

5.2.4 Terminal de Passageiros

Para a avaliação do terminal de passageiros de aeroportos regionais de médio porte deve-se calcular a infraestrutura total do TPS necessária para atender a demanda. O cálculo da área total é realizada em função da movimentação na hora pico.

Em 2012, a movimentação anual do aeroporto em estudo foi de 92.437 passageiros. Considerando o método da FAA para determinação da movimentação da hora-pico em função da movimentação anual, a movimentação da hora pico corresponde a 0,2 % da movimentação anual de passageiros, conforme Tabela 10, o equivalente a 185 passageiros na hora pico.

Com base nesse dado, pode-se calcular a infraestrutura necessária:

- Área total do TPS:

$$\text{Área Total} = 15 \cdot 185 = 2775 \text{ m}^2$$

Além disso, deve-se garantir o dimensionamento mínimo de balcões de check-in, que para aeroportos regionais de médio porte corresponde a quatro unidades.

O dimensionamento proposto enfatiza a deficiência da infraestrutura do TPS do aeroporto em estudo, que atende a atual demanda com uma área construída de 572 m², o equivalente a 20% da área necessária, calculada em 2775 m².

5.3 Aeroporto Regional de Grande Porte

A determinação do aeroporto regional de grande porte a ser estudado envolveu a seleção de um aeroporto entre os selecionados pela SAC/PR pelo interesse dos mesmos para a rede aeroviária nacional. Além disso, buscou-se um aeroporto que houvesse disponibilidades de dados para aplicação do método proposto de avaliação da capacidade instalada do sítio aeroportuário.

Assim, o aeroporto Dr. Leite Lopes, localizado em Ribeirão Preto – SP, foi selecionado para o estudo de caso, sendo o aeroporto de maior movimentação de passageiros em 2012 dentre os aeroportos administrados pelo Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo (DAESP).

5.3.1 Aeroporto Dr. Leite Lopes

O aeroporto de Ribeirão Preto - SP, possui administração estadual e é operado pelas companhias aéreas Azul, Passaredo e TAM, que juntas somas 12 destinos partindo do aeroporto em estudo.

A movimentação anual de passageiros em 2012 atingiu 1.077.010 passageiros ao passo que a movimentação de aeronaves foi de 60.538.

5.3.2 Sistema de Pistas de Pouso e Decolagem

O sistema de Pistas de Pouso e Decolagem do Aeroporto Dr. Leite Lopes é composto de uma única pista com designação de cabeceiras 18 e 36, e com dimensões de 2100 m de comprimento por 45 m de largura. A Figura 11 apresenta a vista de satélite do sistema de pistas de pouso e decolagem e estudo.

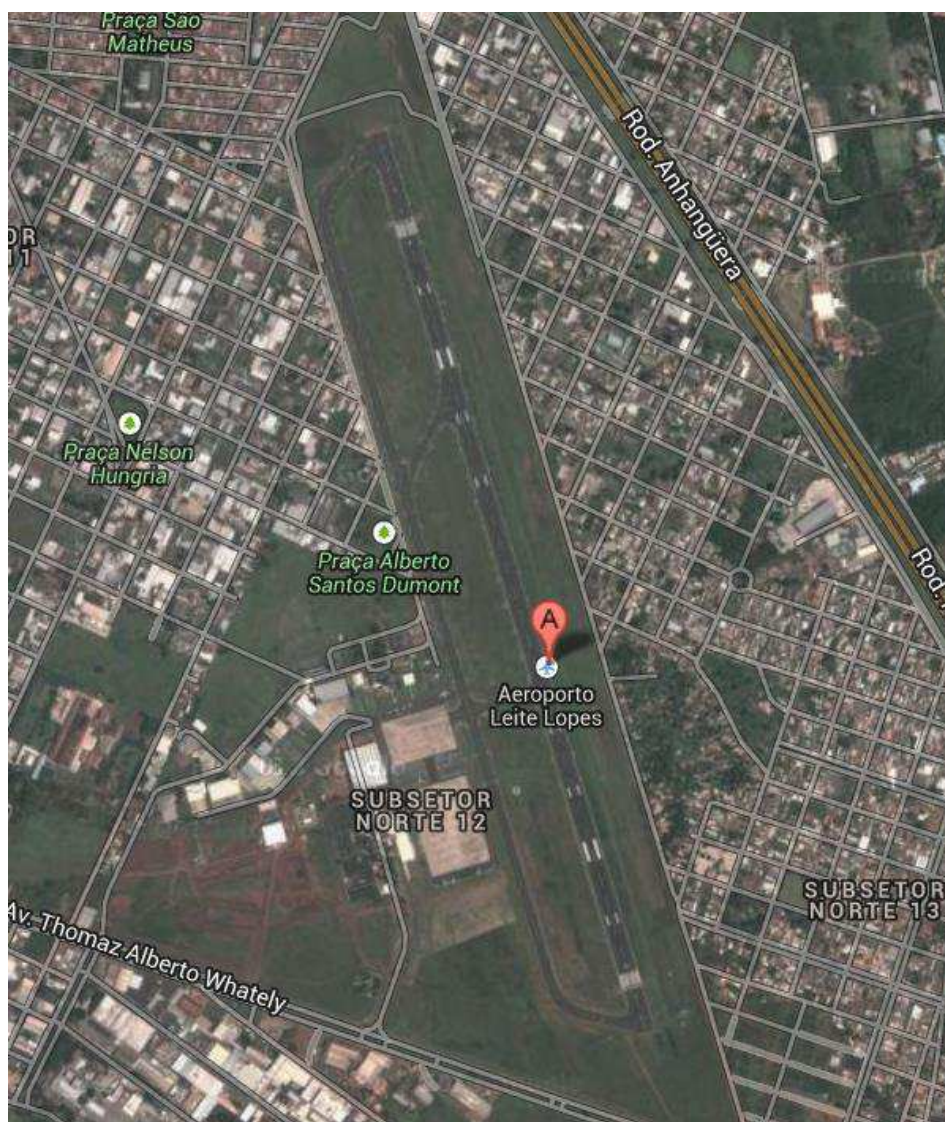


Figura 11: Pista de Pouso e Decolagem do Aeroporto Dr. Leite Lopes

Para a avaliação da capacidade do sistema de pistas de pouso e decolagem do aeroporto Dr. Leite Lopes, será realizado o procedimento de cálculo:

- Determinação do Índice MIX:

Considerando que em 2012, 40,4% da movimentação de aeronaves foi destinada a aviação regular, com aeronaves da categoria C e que os 59,6% restantes da movimentação de aeronaves foi destinada a aviação não regular, com aeronaves na categoria A e B, tem-se que o Índice-Mix é dado por:

$$\text{Índice-MIX} = \%C + 3X\%D$$

$$\text{Índice-MIX} = 40,4\%$$

Uma vez que o sistema de pouso e decolagem do aeroporto em questão é constituído de uma única pista, pode-se extrair da Tabela 5 que a capacidade horária da pista de pouso e decolagem é de 57 operações, uma vez que a pista possui instrumentação IFR diurna e noturna.

- Fator Multiplicativo Relativo ao Croqui da Pista:

Da Figura 11, pode se constatar que o sistema de pistas de pouso e decolagem do aeroporto em estudo possui pista de taxi paralela a pista em toda sua extensão, com saídas em ambas as cabeceiras além de duas saídas intermediárias. Assim, da Tabela 6, o fator multiplicativo relativo ao croqui da pista é de 0,94.

- Fator Multiplicativo Relativo à Instrumentação da Pista:

Dado que o sistema de pista de pouso e decolagem possui instrumentação IFR diurna e noturna, tem-se, da Tabela 7, que o fator multiplicativo relativo à instrumentação da pista é de 0,90, uma vez que a instrumentação é de não precisão.

- Cálculo da capacidade horária:

Finalmente, a capacidade horária do sistema de pista de pouso e decolagem é dada pelo produto entre a capacidade horária fornecida pela Tabela 5 em função do Índice-MIX pelos fatores multiplicativos. Assim:

$$\text{Capacidade Horária} = 57 \cdot 0,94 \cdot 0,90$$

$$\text{Capacidade Horária} = 48 \text{ operações}$$

5.3.3 Pátio de Aeronaves

O pátio de aeronaves do aeroporto de Ribeirão Preto é dividido em uma área para estacionamento de aeronaves de maior porte, que acomoda até 8 aeronaves Fokker F100 além de uma área que acomoda até 4 aeronaves de menor porte. Essas áreas podem ser visualizadas na Figura 12 abaixo.



Figura 12: Pátio de Aeronaves do Aeroporto Dr. Leite Lopes

Assim, o número de posições de estacionamento do pátio é de 12 posições, e o cálculo da capacidade se dá pela expressão:

$$Capacidade = \frac{N \cdot \mu}{T}$$

$$Capacidade = \frac{12 \cdot 0,8}{30/60} = 19,2$$

Em que:

- N : número de posições: 12;
- μ : Fator de utilização da posição: 80% do tempo;
- T : Tempo de ocupação esperado: 30 minutos.

5.3.4 Terminal de Passageiros

A avaliação do terminal de passageiros para aeroportos regionais de grande porte engloba tanto a avaliação da capacidade global da edificação quanto a avaliação dos componentes operacionais referentes à área de saguão de embarque, à área dos saguão de desembarque e à quantidade de balcões de check-in.

A determinação da infraestrutura necessária para atender a demanda é realizada em função da movimentação anual de passageiros. No ano de 2012, o aeroporto em questão movimentou 1.077.010 passageiros.

Considerando o método da FAA para determinação da movimentação da hora-pico em função da movimentação anual, para o volume movimentado no Aeroporto Dr. Leite Lopes em 2012, a movimentação da hora pico corresponde a 0,05% da movimentação anual de passageiros, conforme Tabela 10, o equivalente a 539 passageiros na hora pico.

Com base nesse dado, pode-se calcular a infraestrutura necessária:

- Área total do TPS:

$$Área Total = 18 \cdot 539 = 9702 m^2$$

O cálculo da área total para o terminal de passageiros revela que o Aeroporto Dr. Leite Lopes está operando bem acima de sua capacidade, com uma infraestrutura correspondente a 40% da área calculada, o equivalente a 3.850 m².

- Saguão de Embarque:

$$A = s \frac{y}{60} \cdot \frac{3 \cdot [a \cdot (1 + o) + b]}{2}$$

Considerando uma divisão igualitária dos passageiros na hora-pico entre embarque e desembarque, e considerando ainda que aeroportos regionais possuem pouca infraestrutura no que diz respeito a áreas comerciais e de entretenimento, considera-se que 40% dos passageiros na hora-pico estão no saguão de embarque, e ainda que 10% dos passageiros estão embarcando em conexões, tem-se que as variáveis assumem os seguintes valores:

- $s=1,5 \text{ m}^2/\text{pax}$;
- $y= 20 \text{ min}$;
- $o=1,5 \text{ acompanhantes/pax}$;
- $a=0,4 \times 539=216 \text{ pax}$;
- $b=22 \text{ pax}$;

Desse modo, pode-se calcular:

$$A = s \frac{y}{60} \cdot \frac{3 \cdot [a \cdot (1 + o) + b]}{2}$$

$$A = 1,5 \frac{20}{60} \cdot \frac{3 \cdot [216 \cdot (1 + 1,5) + 22]}{2}$$

$$A = 421,5 \text{ m}^2$$

- Saguão de Desembarque:

$$A = s \cdot \left(\frac{w(d + b)}{60} + \frac{zdo}{60} \right) + (10\%)$$

Considerando a divisão igualitária dos passageiros na hora-pico entre embarque e desembarque e que apenas 20% dos passageiros no desembarque seguem diretamente para o

meio fio de desembarque, considera-se que 40% dos passageiros na hora-pico estão no saguão de desembarque, e ainda que 10% dos passageiros estão embarcando em conexões, tem-se que as variáveis assumem os seguintes valores:

- $s=1,5 \text{ m}^2/\text{pax}$;
- $w= 15 \text{ min}$;
- $o=1,5 \text{ acompanhantes/pax}$;
- $d=0,4 \times 539=216 \text{ pax}$;
- $b=22 \text{ pax}$;
- $z=30 \text{ min}$;

Desse modo, pode-se calcular:

$$A = s. \left(\frac{w(d + b)}{60} + \frac{zdo}{60} \right) + (10\%)$$

$$A = 1,5. \left(\frac{15(216 + 22)}{60} + \frac{30.216.1,5}{60} \right) + (10\%)$$

$$A = 365,5 \text{ m}^2$$

- Número de balcões de check-in:

$$N = 1,1. t. \frac{(a + b)}{60} = 9$$

- $t=2 \text{ min/pax}$;
- $a=0,4 \times 539=216$,
- $b=22$;

6 Conclusão

O método proposto de avaliação de capacidade de sítios aeroportuários destinados a aviação regional englobou tanto a aplicação de métodos consagrados da literatura no dimensionamento da infraestrutura aeroportuária quanto simplificações de métodos existentes e propostas de dimensionamento mínimo, buscando uma metodologia prática e adequada à aviação regional e à infraestrutura aeroportuária brasileira.

A classificação dos aeroportos regionais em função da aeronave crítica contribuiu na proposição de um método prático e que levasse em consideração as diferentes realidades da infraestrutura de transporte aéreo no país.

Com os estudos de caso realizados, pode-se perceber que, mesmo com a ausência de pistas de taxiamento e instrumentação de auxílio às operações, as pistas de pouso e decolagem de aeroportos destinados à aviação regional possuem capacidade bastante elevada quando comparada com a demanda atual.

Já na avaliação dos terminais de passageiros, os casos estudados revelam que a infraestrutura dos aeroportos regionais nem sempre acompanhou o crescimento da demanda e os TPS estão operando acima da capacidade. Dentre os componentes avaliados pelo método proposto, o terminal de passageiros é o que mais interfere na percepção do usuário e como a determinação da área total desejável para esse componente está intimamente relacionada à demanda, o TPS constitui o item que exige a avaliação mais criteriosa nos sítios aeroportuários destinados à aviação regional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEAR: Dados e Fatos. **ABEAR**. Disponível em: <<http://www.abear.com.br/dados-e-fatos>>. Acesso em: Outubro 2013.

BNDES. **Estudo do Setor de Transporte Aéreo do Brasil**. Rio de Janeiro. 2010.

CARVALHO, B. G. D. **Uma Metodologia para Obtenção de um Diagnóstico dos Principais Aeroportos no Brasil Através da Avaliação da Relação Demanda e Capacidade**. ITA. São José dos Campos, p. 162. 2006.

CIA, World Factbook. **CIA**. Disponível em: <www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/br.html>. Acesso em: Agosto 2013.

DAESP: Aeroportos. **DAESP**, 2013. Disponível em: <<http://www.daesp.sp.gov.br/aeroportos-consulta/>>. Acesso em: Novembro 2013.

DAESP: Estatísticas. **DAESP**, 2013. Disponível em: <<http://www.daesp.sp.gov.br/estatistica-consulta/>>. Acesso em: Novembro 2013.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO, COMANDO DA AERONÁUTICA. **Capacidade do Sistema de Pistas**. [S.l.]. 2009.

FAA. **Advisory Circular 150/5060-5**. [S.l.], p. 153. 1983.

FILHO, D. P. P. **Metodologia para Determinação do Movimento de Passageiros na Hora Pico nos Aeroportos Brasileiros**. ITA. São José dos Campos, p. 109. 2013.

HORONJEFF, R. et al. **Planning & Design of Airports**. Fifth Edition. ed. [S.l.]: Mc Graw Hill, 2010.

HOTRAN. **ANAC**. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/hotran/>>. Acesso em: 14 Outubro 2013.

INFRAERO. **Manual de Critérios e Condicionantes de Planejamento Aeroportuário**. [S.l.], p. 59. 2002.

MEDEIROS, A. G. M. D. **Um Método para Dimensionamento de Terminais de Passageiros em aeroportos Brasileiros**. ITA. São José dos Campos, p. 470. 2004.

SILVA, A. O. D. **Dimensionamento da Capacidade de Terminais de Passageiros em Aeroportos: uma Abordagem Prática**. ITA. São José dos Campos. 2012.

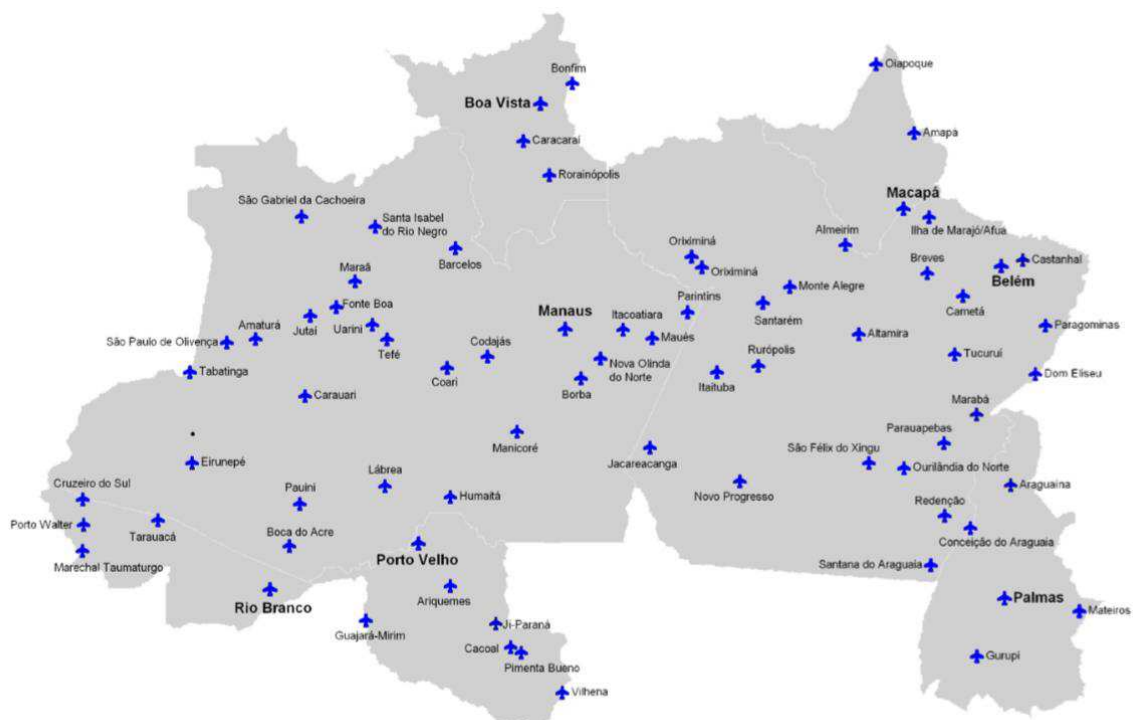
ANEXO A

DESTINOS NACIONAIS OPERADOS PELA ABEAR

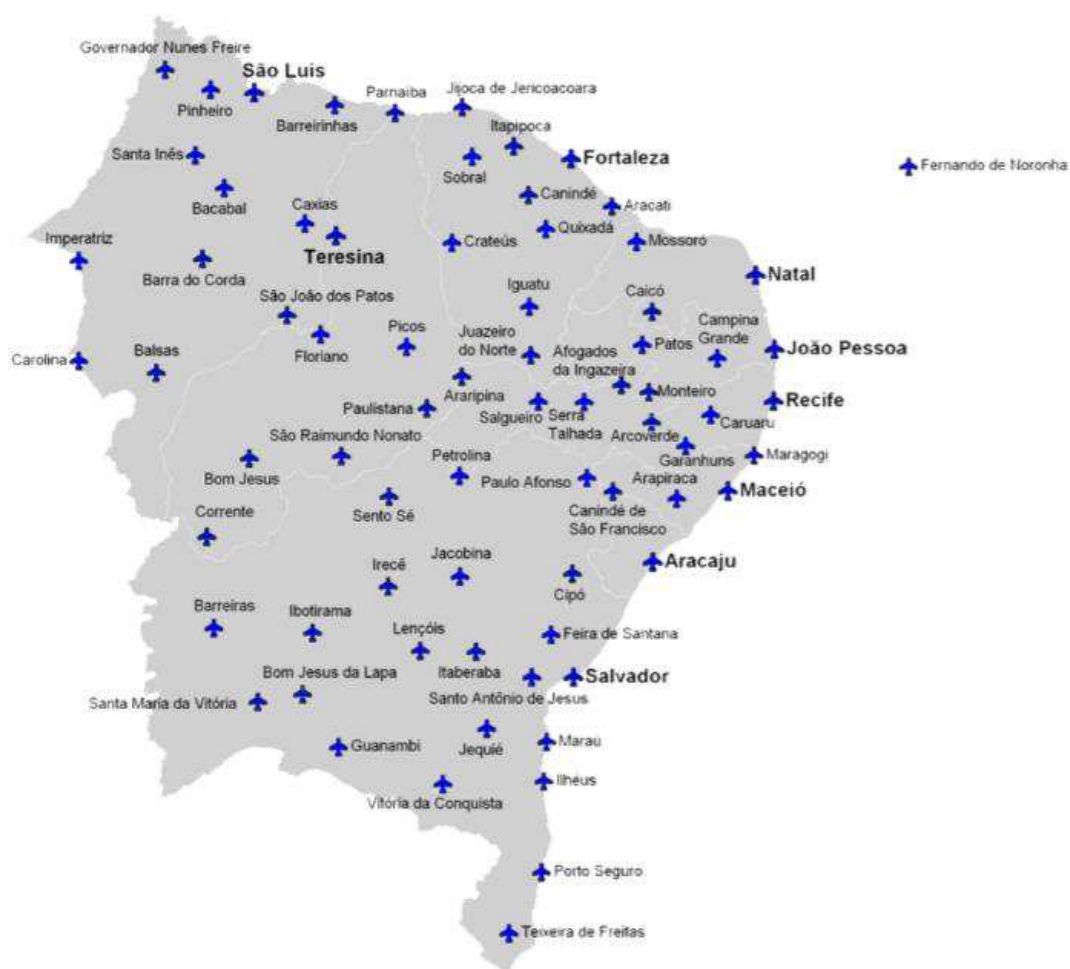
Alta Floresta	Fernando de Noronha	Porto de Trombetas
Altamira	Florianópolis	Porto Seguro
Aracaju	Fortaleza	Porto Velho
Araçatuba	Foz do Iguaçu	Presidente Prudente
Araguaína	Goiânia	Recife
Araxá	Governador Valadares	Resende
Balneário Camboriú	Humaitá	Ribeirão Preto
Barcelos	Ilhéus	Rio Branco
Barreiras	Imperatriz	Rio de Janeiro - Galeão
Bauru	Ipatinga	Rio de Janeiro - Santos Dumont
Belém	Itaituba	Rio Verde
Belo Horizonte - Confins	Ji-Paraná	Rondonópolis
Belo Horizonte - Pampulha	João Pessoa	Salvador
Boa Vista	Joinville	Santa Isabel do Rio Negro
Bonito	Juazeiro do Norte	Santa Maria
Brasília	Juiz de Fora	Santarém
Cabo Frio	Lençóis - Chapada Diamantina	São Gabriel da Cachoeira
Cacoal	Londrina	São João del-Rei
Caldas Novas	Macaé	São José do Rio Preto
Campina Grande	Macapá	São José dos Campos
Campinas Viracopos	Maceió	São Luís
Campo Grande	Manaus	São Paulo - Congonhas
Campos dos Goytacazes	Marabá	São Paulo - Guarulhos
Carajás	Marília	São Paulo de Olivença
Cascavel	Maringá	Sinop
Caxias do Sul	Montes Claros	Tabatinga
Chapecó	Natal	Tefé
Coari	Navegantes	Teresina
Corumbá	Palmas	Tucuruí
Criciúma	Parintins	Uberaba
Cruzeiro do Sul	Passo Fundo	Uberlândia
Cuiabá	Patos de Minas	Varginha
Curitiba	Pelotas	Vilhena
Dourados	Petrolina	Vitória
Eirunepé	Porto Alegre	Vitória da Conquista

ANEXO B

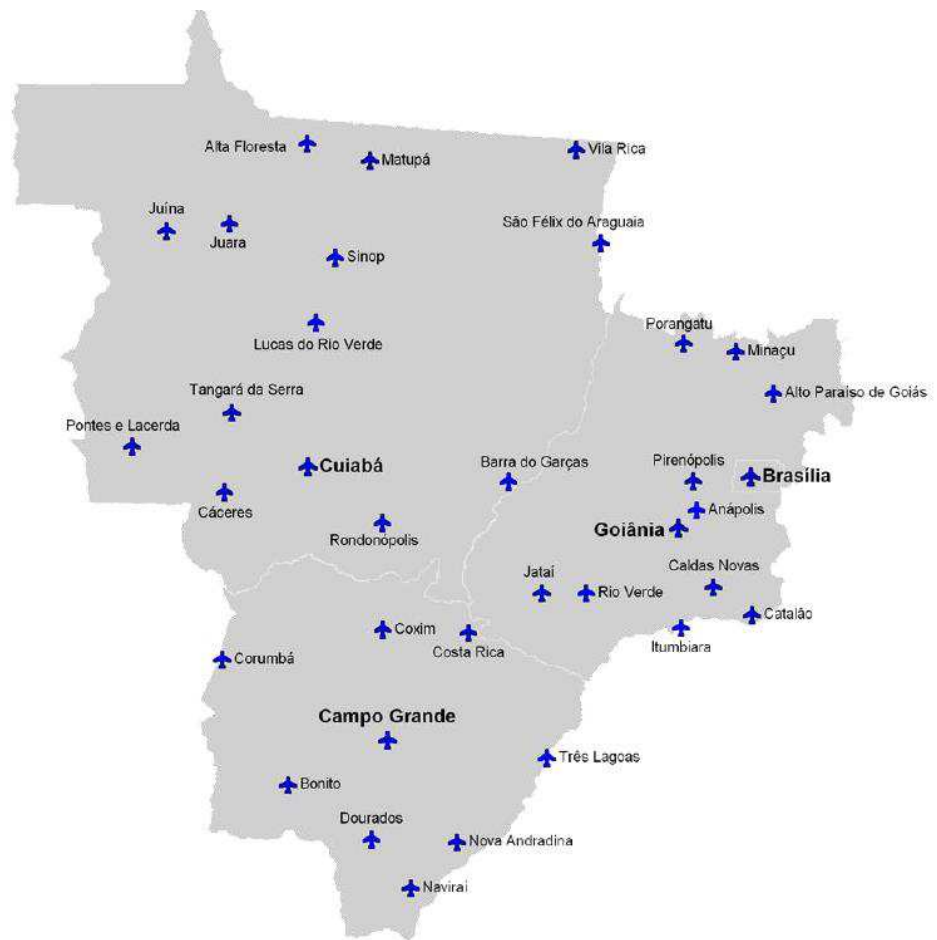
Aeroportos de interesse para a SAC/PR: Região Norte



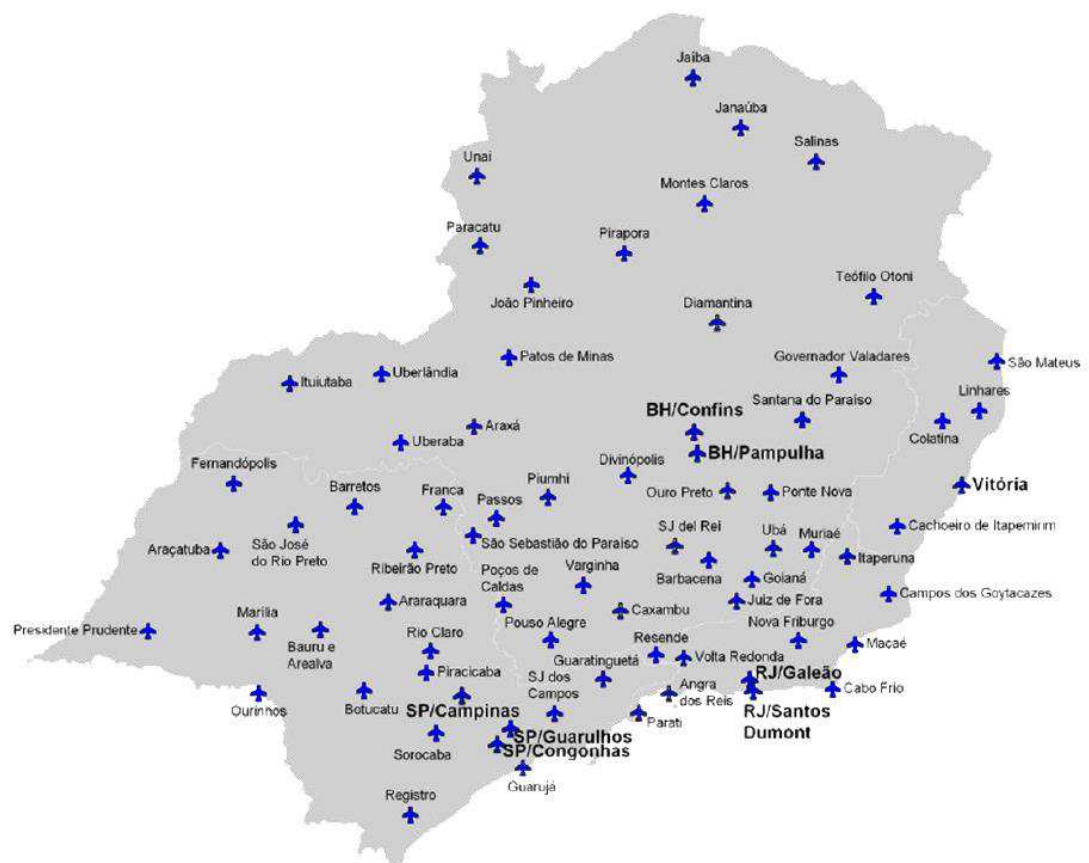
Aeroportos de interesse para a SAC/PR: Região Nordeste



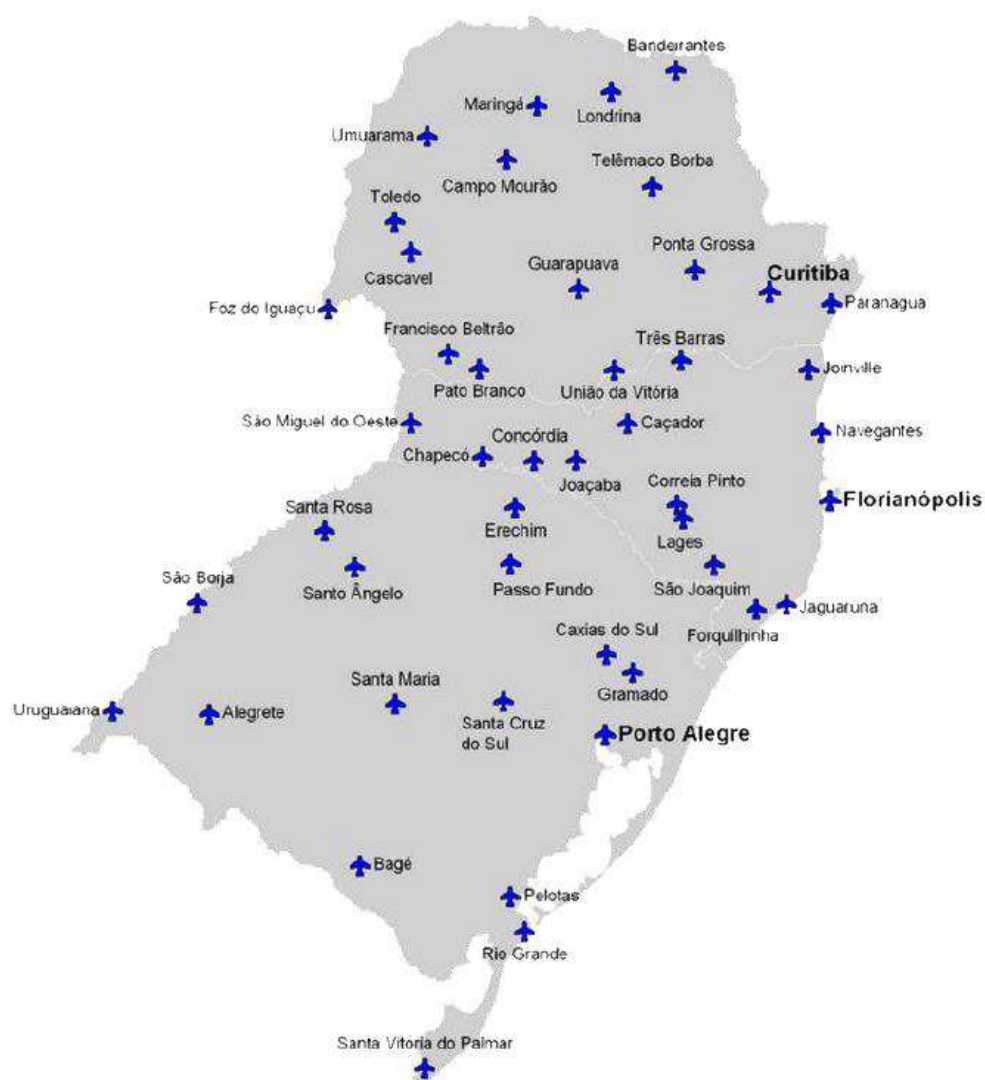
Aeroportos de interesse para a SAC/PR: Região Centro-Oeste



Aeroportos de interesse para a SAC/PR: Região Sudeste



Aeroportos de interesse para a SAC/PR: Região Sul



FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO			
1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 28 de novembro de 2013	3. REGISTRO N° DCTA/ITA/TC-109/2013	4. N° DE PÁGINAS 76
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Avaliação de capacidade atual de sítio aeroportuário destinado à aviação regional.			
6. AUTOR(ES): Priscilla Yugue			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Infraestrutura Aeroportuária, Capacidade Sítio Aeroportuária, Aviação Regional.			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Aeroportos; Infraestrutura (transporte); Planejamento de aeroportos; Aviação civil; Transporte aéreo; Transportes.			
10. APRESENTAÇÃO: X Nacional Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Cláudio Jorge Pinto Alves. Publicado em 2013.			
11. RESUMO: Com uma infraestrutura de transporte aéreo composta de mais de 4000 aeroportos, 90% da movimentação de passageiros aéreos no Brasil se concentra em apenas 20 aeroportos, evidenciando a significância da infraestrutura de aviação regional no Brasil. No entanto, os aeroportos regionais brasileiros possuem uma infraestrutura e um volume de operação contrastante com os aeroportos de caráter doméstico e internacional. Dessa forma, o presente trabalho visa propor uma metodologia de avaliação de capacidade compatível com a realidade da aviação regional brasileira, englobando, no método proposto, a avaliação do sistema de pistas de pouso e decolagem, do pátio de aeronaves e do terminal de passageiros.			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			