



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

DAVID LINCOLN DE SOUSA MELO

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DO TERMINAL DE PASSAGEIROS DO AEROPORTO
INTERNACIONAL PINTO MARTINS EM FUNÇÃO DE MODIFICAÇÕES NA
GEOMETRIA DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM**

FORTALEZA

2017

DAVID LINCOLN DE SOUSA MELO

ANÁLISE DA CAPACIDADE DO TERMINAL DE PASSAGEIROS DO AEROPORTO
INTERNACIONAL PINTO MARTINS EM FUNÇÃO DE MODIFICAÇÕES NA
GEOMETRIA DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira.

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M485a Melo, David Lincoln de Sousa.
Análise da Capacidade do Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional Pinto Martins em
Função de Modificações na Geometria da Pista de Pouso e Decolagem / David Lincoln de Sousa Melo. –
2017.
77 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira.

1. Aeroporto. Capacidade. Terminal de Passageiros. Pista de Pouso e Decolagem. I. Título.

CDD 620

DAVID LINCOLN DE SOUSA MELO

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DO TERMINAL DE PASSAGEIROS DO AEROPORTO
INTERNACIONAL PINTO MARTINS EM FUNÇÃO DE MODIFICAÇÕES NA
GEOMETRIA DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ms. Tiago Silveira de Andrade Aquino
Examinador Externo

A Deus.

À minha mãe e minhas irmãs.

AGRADECIMENTOS

A Deus, autor e consumidor da minha fé, pela vida, pela inteligência, capacidade e ajuda. Sem a permissão e grande poderosa ajuda d'Ele nada teria acontecido.

Ao Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda Oliveira, pela paciência, pela persistência, pela ajuda, pela disposição, pelos incansáveis puxões de orelha, pela confiança, pelo estímulo, pelas pertinentes, valiosas e indispensáveis contribuições para que este trabalho tornasse a forma mais excelente possível.

A Profa. Dra. Verônica Teixeira Franco Castelo Branco e sua equipe de monitores da disciplina de Projeto de Graduação II. Seu empenho, sua excelência e o modo como você conduziu a disciplina de Projeto de Graduação semestre influenciou de maneira extremamente positiva para a melhoria do andamento desse estudo.

Um especial e afetuoso agradecimento ao Doutorando Wellington Lorrان Gaia Ferreira (UFC) pelas incansáveis e valiosíssimas dicas, pelo tempo gasto nas leituras e nas correções. Aos participantes da banca examinadora Prof. Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior e Prof. Ms. Tiago Silveira de Andrade Aquino pelo tempo investido, pelas correções e também pelas valiosas e essenciais sugestões. Também um forte agradecimento à minha amiga Angie Alves, que fez a tradução do resumo.

Aos amigos e familiares que participaram da apresentação da minha monografia.

Aos meus amigos de graduação do *campus* de Juazeiro do Norte, Edenia Barros, Umbelina Moura, Ana Verônica, Ana Geórgia, Paulo Roberto e Maria. Também aos amigos Aildson Frasso, Diego Santos, Edilany Aguiar, Ian Cavalcante, Ricardo Mesquita, Victor Costa, Viviane Rodrigues e Yarinne Bezerra, do *campus* do Pici, que me acolheram tão bem e que por vezes foram essenciais nos grupos de estudo para meu estímulo.

À minha família pelo suporte, educação, estímulo, força, apoio e amor.

Um grandessíssimo agradecimento à Senhora Hawanny Malheiro, minha segunda mãe, que sempre ajudou minha família e que nos dois primeiros anos de curso, foi a grande responsável pelo meu sucesso, já que foi a ponte que possibilitou tudo isso acontecer! Nada do que eu possa fazer vai chegar perto do valor para quitar minha dívida com a senhora! Minha eterna gratidão!

E, por fim, mas não menos importante, um especial e grande agradecimento à minha mãe. Minha grande mentora, conselheira e amiga que me deu total força, suporte e apoio para que esse grande sonho pudesse se tornar possível.

“Se projetas alguma coisa, ela te sairá bem, e a luz brilhará em teus caminhos.”

Jó 22.28

RESUMO

É sabido que o Brasil possui algumas deficiências em se tratando de infraestrutura aeroportuária. As melhorias mais expressivas foram feitas na época da criação da INRAERO e, também, no final da década de 1990. Percebeu-se um expressivo aumento de demanda por serviço de transporte aéreo nos últimos 10 anos. Somente em 2015, 117 milhões de passageiros embarcaram e desembarcaram pelos aeroportos brasileiros. Fortaleza também acompanhou esse cenário nacional de aumento de demanda. Com base nisso, este trabalho objetiva analisar as alterações de configuração geométrica de saídas rápidas propostas por Melo (2014) e, a partir desse estudo, prever a demanda de aeronaves e sua influência no processamento de passageiros para a capacidade do terminal atual e para um horizonte futuro com base no Plano de Exploração Aeroportuária da concessão. Foi feita uma análise do mix de aeronaves do Aeroporto Internacional de Fortaleza através de dados históricos e métodos estatísticos. Logo após isso, identificou-se quais cenários, dentre aqueles propostos por Melo (2014) poderiam ser utilizados de forma a atender a demanda prevista. A análise foi feita seguindo critérios de capacidades declaradas pelo Poder Público, a saber: capacidade de processamento de passageiros na hora-pico e número máximo de movimentação de aeronaves. Obteve-se um perfil de utilização de aeronaves para o Aeroporto Internacional de Fortaleza, bem como uma previsão de demanda de passageiros. Os resultados encontrados indicam que a concessionária vencedora do leilão deve providenciar alterações na infraestrutura do Terminal de Passageiros (TPS), visando o aumento da capacidade de processamento de passageiros, haja visto que na presente situação este terminal não atende à demanda presente e, por conseguinte, não atenderá as demandas vindouras.

Palavras-chave: Aeroporto. Capacidade. Terminal de Passageiros. Pista de Pouso e Decolagem.

ABSTRACT

It is known that Brazil has some deficient structure when it comes to airport infrastructure. The most significant improvements were made at the time of INRAERO's creation and also in the late 1990's. There has been a significant increase in the demand for air transport services in the last 10 years. In 2015 alone, 117 million passengers boarded and disembarked at Brazilian airports. Fortaleza also followed this national scenario of increased demand. Based on these points, this work aims to analyze the changes in the geometric configuration of fast outputs proposed by Melo (2014), as well as, predict the demand of more aircrafts and its influence in the processing of passengers to the capacity of the current terminal and to a future horizon based on the concession's Airport Exploration Plan. An analysis of the Fortaleza International Airport aircraft mix was made using historical data and statistical methods. After that, it was identified which scenarios, among those proposed by Melo (2014), could be used in order to meet expected demand. The analysis was made according to criteria of capacity declared by the Public Authorities, namely: peak-hour passenger processing capacity and maximum number of aircraft movements. An aircraft utilization profile was obtained for the Fortaleza International Airport, as well as a forecast of passenger demand. The results indicate that the auctioned concessionaire must provide changes to the TPS infrastructure, aiming to increase the capacity of passenger processing, since in the present situation this terminal does not meet the current demand and therefore will not meet the demands to come.

Keywords: Airport Airport. Capacity. Passenger Terminal. Landing Runway. Takeoff Runway.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional de Munich | 23 |
| Figura 2 – Conceitos de distribuição física linear | 25 |
| Figura 3 – Conceito de distribuição física pier e satellite..... | 26 |
| Figura 4 – Conceito de distribuição física do tipo transporter | 26 |
| Figura 5 – Pista de Pouso e Decolagem (<i>layout</i>)..... | 29 |
| Figura 6 – Pista de Táxi e Pista de Táxi de Saída Rápida | 31 |
| Figura 7 – Localização do Aeroporto Internacional de Fortaleza no Perímetro Urbano..... | 39 |
| Figura 8 – Fachada do Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional de Fortaleza..... | 41 |
| Figura 9 – Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional de Fortaleza | 41 |
| Figura 10 – <i>Layout</i> do Aeroporto Internacional Pinto Martins | 43 |
| Figura 11 – Cenário 1 | 58 |
| Figura 12 – Cenário 3 | 59 |
| Figura 13 – Cenário 4 | 60 |
| Figura 14 – Cenário 5 | 61 |
| Figura 15 – Cenário 6 | 61 |
| Figura 16 – Cenário 7 | 62 |
| Figura 17 – Cenário 8 | 63 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 – Evolução da Frequência de Movimentação do A320-232 entre 2012 e 2016..... | 47 |
| Gráfico 2 – Evolução da Frequência de Movimentação do A320-232 entre 2007 e 2016..... | 48 |
| Gráfico 3 – Evolução da Frequência de Movimentação do A321-231 entre 2007 e 2016..... | 49 |
| Gráfico 4 – Evolução de Participação das Aeronaves-Representativas | 50 |
| Gráfico 5 – TOPP ponderado nos Cenários 1 a 8 | 64 |
| Gráfico 6 – TOPP ponderado versus Número Máximo de Operações | 69 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Componentes operacionais e não-operacionais | 28 |
| Tabela 2 – Terminal de Passageiros – Setorização | 42 |
| Tabela 3 – Destinação dos Pátios de Aeronaves | 44 |
| Tabela 4 – Capacidades do Sistema de Pistas Asseguradas pelo Poder Público | 44 |
| Tabela 5 – Capacidades Máximas e Mix de Aeronaves do Aeroporto Internacional de Fortaleza, segundo Melo (2014)..... | 45 |
| Tabela 6 – Mix de Aeronaves do Aeroporto Internacional de Fortaleza (ano de 2016) | 46 |
| Tabela 7 – Frequências de Operação das 7 Aeronaves Representativas escolhidas para o <i>Mix-Padrão</i> | 50 |
| Tabela 8 – Novo Percentual de Frequência de Movimentação para <i>Mix</i> de 2016..... | 51 |
| Tabela 9 – Novos Percentuais de Frequência de Movimentação das 7 Aeronaves Representativas entre 2012 e 2016 | 52 |
| Tabela 10 – Frequência de Movimentação do <i>Mix-Padrão</i> e Capacidades Máximas Ponderadas das Aeronaves Representativas | 52 |
| Tabela 11 – Capacidade de Processamento de Passageiros e Bagagens na Hora Pico para a Fase A do Contrato de Concessão do Aeroporto Internacional de Fortaleza | 53 |
| Tabela 12 – Capacidade de Processamento de Passageiros e Bagagens na Hora-Pico para a Fase B do Contrato de Concessão do Aeroporto Internacional de Fortaleza | 54 |
| Tabela 13 – Capacidade de Processamento de Passageiros e Bagagens na Hora-Pico para Fase A e B da Contrato de Concessão do Aeroporto Internacional de Fortaleza | 54 |
| Tabela 14 – Número Máximo de Movimentos segundo Aeronave-Padrão 2017 | 65 |
| Tabela 15 – Número Máximo de Movimentos segundo Aeronave-Média (AM-2014) | 66 |
| Tabela 16 – Número Máximo de Movimentos segundo Aeronave-Média (AM-2016) | 66 |
| Tabela 17 – Resultados da Análise da Situação Extrema de Demanda na SED-I..... | 67 |
| Tabela 18 – Número Máximo de Movimentação de Aeronaves devido à Alterações na Geometria de Pista do Aeroporto Internacional de Fortaleza, obtidos na SED-II..... | 68 |
| Tabela 19 – TOPP ponderado e Frequências de Saída pela Taxiway A | 69 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 | Contexto | 16 |
| 1.2 | Justificativa..... | 17 |
| 1.3 | Objetivo Geral | 18 |
| 1.3.1 | Objetivos Específicos | 18 |
| 1.4 | Métodos de pesquisa | 19 |
| 1.5 | Estrutura do Trabalho | 19 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 21 |
| 2.1 | Considerações Iniciais..... | 21 |
| 2.2 | Terminal de Passageiros | 22 |
| 2.2.1 | <i>Terminal de Passageiros em relação ao tipo de operação</i> | 24 |
| 2.2.2 | <i>Conceitos em relação à distribuição física</i> | 24 |
| 2.2.3 | <i>Conceitos de componentes de um Terminal de Passageiros</i> | 27 |
| 2.3 | <i>Capacidade de Pista de Pousos e Decolagens</i> | 28 |
| 2.3.1 | <i>Pistas de pouso e decolagem</i> | 29 |
| 2.3.2 | <i>Pistas de taxiamento (taxiways)</i> | 29 |
| 2.4 | Pátio de Aeronaves | 31 |
| 2.5 | Nível de Serviço e Capacidade | 31 |
| 2.5.1 | <i>Capacidade do terminal de passageiros</i> | 33 |
| 2.6 | Previsão de demanda | 33 |
| 2.6.1 | <i>Métodos de Previsão de Demanda</i> | 34 |
| 3 | ESTUDO DE CASO: AEROPORTO INTERNACIONAL DE FORTALEZA | 38 |
| 3.1 | Descrição do local..... | 38 |
| 3.1.1 | <i>Terminal de passageiros</i> | 40 |
| 3.1.2 | <i>Sistemas de pistas</i> | 42 |
| 3.1.3 | <i>Capacidade do sistema de pistas</i> | 44 |
| 3.2 | Mix de aeronaves..... | 45 |
| 3.2.1 | <i>Mix de aeronaves de Melo (2014)</i> | 45 |
| 3.2.2 | <i>Mix de aeronaves do ano de 2016</i> | 46 |
| 3.2.3 | <i>Mix-padrão de aeronaves para estudo</i> | 47 |
| 3.2.4 | <i>Aeronave-padrão</i> | 51 |
| 3.3 | Estudo do Plano de Exploração Aeroportuária (PEA)..... | 53 |
| 3.4 | Análise do estudo de Melo (2014) | 55 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.4.1 | <i>Cenário 1 – Utilização somente das taxiways C e D</i> | 57 |
| 3.4.2 | <i>Cenário 2 – Utilização da configuração existente visando à liberação mais rápida possível da pista de pouso e decolagem</i> | 58 |
| 3.4.3 | <i>Cenário 3 – Modificação do ângulo da taxiway D de 135° para 90°</i> | 58 |
| 3.4.4 | <i>Cenário 4 – Construção de uma nova taxiway entre as taxiways C e D, perpendicular à pista de pouso e decolagem</i> | 59 |
| 3.4.5 | <i>Cenário 5 – Construção de uma nova taxiway entre as taxiways C e D, perpendicular à pista de pouso e decolagem, e modificação do ângulo da taxiway D de 135° para 90°</i> | 60 |
| 3.4.6 | <i>Cenário 6 – Construção de uma saída rápida entre as taxiways C e D</i> | 61 |
| 3.4.7 | <i>Cenário 7 – Construção de uma saída rápida entre as taxiways C e D, e modificação do ângulo da taxiway D de 135° para 90°</i> | 62 |
| 3.4.8 | <i>Cenário 8 – Construção de duas saídas rápidas ligando a pista de pouso e decolagem à taxiway A</i> | 63 |
| 3.4.9 | <i>Resultados da Demanda Gerada a partir dos Cenários do Estudo de Melo (2014)</i> | 63 |
| 3.5 | Estudo Comparativo – Análise dos Dados e Discussão | 64 |
| 3.5.1 | <i>Resultados da Análise do PEA (2016) segundo a Aeronave-Padrão (2017)</i> | 65 |
| 3.5.2 | <i>Resultados do Estudo do Mix de Aeronaves do estudo de Melo (2014)</i> | 65 |
| 3.5.3 | <i>Resultados do Estudo do Mix de Aeronaves do ano de 2016</i> | 66 |
| 3.5.4 | <i>Resultados das Situações Extremas de Demanda observados através dos Cenários de Melo (2014)</i> | 67 |
| 4 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 70 |
| 4.1 | Conclusões | 70 |
| 4.2 | Proposições para Estudos Futuros | 72 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 74 |

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo encontram-se a justificativa e a motivação que fundamentam esta pesquisa, assim como a descrição de seus objetivos e a metodologia empregada.

1.1 Contexto

O transporte aéreo é um dos setores que mais cresce no mundo. A demanda por este meio de transporte é diretamente afetada pelo crescimento econômico mundial e está aumentando dia a dia. Essa constante expansão acarreta o aumento da demanda de serviços que apoiam essa modalidade de transporte, tanto no que se refere à Infraestrutura de Tráfego Aéreo, quanto no que se refere à Infraestrutura Aeroportuária.

Sabe-se que o transporte aéreo tem sua efetiva parcela de contribuição para o desenvolvimento de uma sociedade, seja pela troca de mercadorias e cultura, pelo estímulo de serviços prestados, ou pelo turismo em si. De qualquer forma, essa é uma das maneiras mais dinâmicas para uma nação se posicionar como uma potência nos dias atuais.

Com uma área territorial de 8,5 milhões km², o Brasil conta com a quinta maior superfície e a quinta maior população mundial. Um País de dimensões continentais necessita de um sistema de transportes eficiente para o escoamento de bens e a movimentação de pessoas, que permita a integração efetiva do território nacional em consonância com a atividade econômica do País. Nesse país continental constatou-se, nos últimos 15 anos, a sua demanda para a utilização de transporte aéreo aumentar significativamente. Embora a ANAC (2017) mostre um decréscimo de movimentação de passageiros de 6,69% entre o ano de 2015 e 2016, verificando as últimas estatísticas da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2016), é possível perceber que a demanda por transporte aéreo no país vem aumentando nos últimos 15 anos. Esse documento indicou que somente em 2015 mais de 117 milhões de passageiros embarcaram e desembarcaram pelos aeroportos brasileiros e apontou um acréscimo de 118% no número de passageiros transportados entre 2006 e 2015.

É também sabido que os investimentos do Governo Brasileiro, no setor de infraestrutura aeroportuária, não foram significativas e não acompanharam todo esse crescimento do setor no período citado. As melhorias mais expressivas foram feitas no final da década de 1990, e, somente após 2012, a partir de uma política de concessão de aeroportos do Governo Federal para a iniciativa privada, é que foram vistas melhorias mais expressivas. Os primeiros aeroportos a serem escolhidos para essa política foram São Gonçalo do

Amarante/RN, Campinas/SP, Guarulhos/SP e Brasília/DF. Mais recentemente, em Março de 2017, outras cidades foram acrescentadas ao programa de concessões: Fortaleza/CE, Florianópolis/SC, Porto Alegre/RS e Salvador/BA.

Segundo o relatório de McKinsey & Company (2010), a maioria dos terminais de passageiros dos aeroportos brasileiros já não opera dentro do nível de serviço recomendado pelas agências reguladoras nacional e internacional, como a ANAC e a ICAO (*International Civil Aviation Organization*). Ainda segundo o relatório, a maior lacuna de investimentos dos aeroportos brasileiros está exatamente em terminais de passageiros. Estes demandarão mais de 60% dos investimentos totais, se a procura por esse meio de transporte continuar crescendo na mesma proporção.

1.2 Justificativa

Nos aeroportos do Nordeste é perceptível uma defasagem da infraestrutura em relação aos outros aeroportos do país, pois os que foram aqui construídos tiveram uma razão inicial de atender os Estados Unidos e seus aliados, durante à Segunda Guerra Mundial. Somente após esse período, a aviação militar abriu espaço para o compartilhamento desses equipamentos com a aviação civil.

Dentro desse contexto, encontra-se o Aeroporto Internacional de Fortaleza, na capital cearense. Desde sua inauguração, o aeroporto passou por duas grandes modificações. A primeira foi na década de 1960, quando o aeroporto teve sua pista ampliada de 1.800 metros para os atuais 2.545 metros, e instalou-se o primeiro terminal de passageiros, que hoje é usado para a aviação geral. Já a segunda, foi a construção do atual terminal de passageiros em 1998.

É possível perceber que Fortaleza acompanhou o cenário nacional de crescimento de demanda. Segundo McKinsey & Company (2010), o setor aéreo brasileiro apresentou, entre 2006 e 2010, um crescimento médio anual de 10% na movimentação de passageiros. Da mesma forma, o Aeroporto Internacional de Fortaleza obteve um crescimento anual médio de 10,9% (ANAC, 2010), sendo o terceiro colocado em relação a movimentação de passageiros no Nordeste brasileiro, ficando atrás apenas dos aeroportos de Salvador e do Recife. Já no período compreendido entre 2011 e 2015, o Aeroporto Internacional de Fortaleza teve um aumento de mais de 25% de movimentação de passageiros e pelo cenário mencionado, tende a continuar aumentando sua demanda.

Segundo Horonjeff *et al* (2010), a capacidade de um aeroporto está diretamente ligada à capacidade de cada um de seus subsistemas e, limita-se por aquele que apresenta a menor capacidade, chamado de gargalo. A capacidade do lado ar (pistas e pátios) do Aeroporto Internacional de Fortaleza está na capacidade aceitável até o ano de 2030. Entretanto, a capacidade do terminal de passageiros já estava num nível saturado no ano de 2009 (MCKINSEY & COMPANY, 2010).

Como forma de melhoria da capacidade operacional do Aeroporto Internacional de Fortaleza, as saídas de pistas existentes foram o objeto de estudo de Melo (2014). Ele avaliou os ganhos operacionais obtidos com a modificação de alguns elementos da configuração geométrica de saídas de pista que possam ser considerados inadequados à movimentação das aeronaves. Essas pequenas alterações apresentaram benefícios imediatos às operações de taxiamento, após o pouso, das aeronaves, diminuindo o tempo de ocupação de pista de pouso (TOPP). Neste estudo propõe-se estudar as influências dessas modificações no Terminal de Passageiros, visto que no estudo de Melo (2014) não foi contemplado essa análise.

1.3 Objetivo Geral

Este estudo tem por finalidade analisar a capacidade de operação do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional de Fortaleza, em função de alterações propostas por Melo (2014) na geometria das saídas rápidas de pista de pousos e decolagens.

1.3.1 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos podem ser mencionados:

- a) Analisar a capacidade do Terminal de Passageiros, em termos das alterações de configuração geométrica de saídas rápidas propostas por Melo (2014);
- b) Estudar o Plano de Exploração Aeroportuária da concessão, analisando para tanto parâmetros que se referes à capacidade de processamento de passageiros;
- c) Analisar a demanda de aeronaves no terminal atual e a estimativa futura;

1.4 Métodos de pesquisa

A metodologia desta pesquisa baseia-se, inicialmente, em pesquisa bibliográfica em livros-texto, normas, manuais de planejamento de aeroportos, dissertações, artigos, teses, circulares e diretrizes normativas nacionais e internacionais e estudos acadêmicos e/ou técnicos. Fundamenta-se também em reunir informações suficientes para melhor entendimento dos assuntos, problemas e soluções aqui abordados. As principais fontes de pesquisa estão disponibilizadas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI).

Foi efetuada uma coleta de dados do ano anterior a publicação deste estudo, referentes a procedimentos e número de pouso e decolagem, *mix* de aeronaves, junto ao operador aeroportuário (Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária – INFRAERO).

Conforme ANAC (2017) declarou, as informações coletadas do transporte aéreo revelam-se de extrema importância para o bom desempenho das atividades de análise, planejamento e desenvolvimento de estudos, que têm contribuído substancialmente para a evolução e modernização do setor. Portanto, essas informações foram usadas como base de dados para avaliação de desempenho, nível de serviço do aeroporto e análise de capacidade do Terminal de Passageiros (doravante TPS).

Por fim, foram previstas demandas para o Aeroporto Internacional de Fortaleza para dois horizontes – 2017 e 2021 e junto com essa demanda, será feita uma análise da capacidade do Terminal de Passageiros e de utilização de pista, utilizando dois critérios. O primeiro critério são as modificações de geometria de pista propostas por Melo (2014) e o segundo são as exigências para a concessão do aeroporto.

1.5 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está estruturado da seguinte maneira: além deste Capítulo 1, são apresentados mais 4 capítulos. O Capítulo 2 compreende a revisão bibliográfica que proporcionará fundamentação teórica à pesquisa, apresentando conceitos importantes inerentes a conceitos em aeroportos: sistemas de pistas (pista de pousos e decolagens, pistas de taxiamento e pátio de aeronaves), estrutura e definição de terminal de passageiros bem como definição de nível de serviço e capacidade operacional. No Capítulo 3 é apresentado Estudo de Caso para o Aeroporto Internacional de Fortaleza, cujo Terminal de Passageiros será avaliado no que se refere a capacidade de processamento de passageiros na hora-pico. No

Capítulo 4 são apresentadas as conclusões e recomendações advindas deste estudo, bem como sugestões para possíveis desdobramentos futuros deste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo trata dos principais assuntos relacionados a infraestrutura atual do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional de Fortaleza, o Plano de Exploração Aeroportuária e, também, o Anuário Estatístico da Agência Nacional de Aviação Civil. Trata ainda de definições e níveis de serviço da pista de pouso e decolagem, pistas de taxiamento e do Terminal de Passageiros.

2.1 Considerações Iniciais

A Aviação Civil no mundo é regida e conduzida por uma entidade mundial, fundada em 1944 cujo nome é Organização de Aviação Civil Internacional (OACI), em inglês *International Civil Aviation Organization* (ICAO). Essa organização, além do desenvolvimento dos princípios e técnicas de navegação aérea internacional e o progresso dos transportes aéreos, de modo a favorecer a segurança, a eficiência, a economia e o desenvolvimento dos serviços aéreos, mantém uma agenda de coletar, processar e analisar dados estatísticos sobre a aviação desde 1947.

O Brasil faz parte dessa organização junto com outros 191 países, tendo como a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) seu órgão responsável pela regulação do setor aéreo e tendo a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO) como sendo o órgão que administra grande parte dos aeroportos do país.

ANAC (2017) apresenta dados dos últimos dez anos, provenientes das operações domésticas e internacionais das empresas aéreas brasileiras e estrangeiras que prestam serviços no Brasil, sendo esse documento de suma importância para o cálculo da previsão de demanda de aeroportos, dentre outros.

INFRAERO (2017) constitui importante acervo de dados estatísticos, que possibilita ao usuário o acesso a diversas informações dos movimentos operacionais nos 60 aeroportos administrados pela INFRAERO do ano de 2016. A elaboração e divulgação deste anuário têm por objetivo apresentar informações básicas que facilitem uma rápida análise de desempenho técnico-operacional por parte daqueles que desenvolvem estudos e executam atividades gerenciais na área aeroportuária.

O Estudo do Setor de Transporte Aéreo do Brasil é o resultado de uma avaliação independente que traz diagnósticos do setor e recomendações para os horizontes de 2014, 2020 e 2030, bem como uma previsão de demanda de passageiros e PIB (Produto Interno

Bruto) para esses três horizontes. O trabalho foi desenvolvido pela McKinsey & Company do Brasil com recursos do Fundo de Estruturação de Projetos (FEP) do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES). Esse estudo chega em um momento em que o setor de aviação civil tem diante de si o desafio de superar obstáculos decorrentes de seu vigoroso crescimento na última década.

No ano de 2016, a ANAC (2016) publicou o edital para concessão para ampliação, manutenção e exploração dos aeroportos de Porto Alegre, de Salvador, de Florianópolis e de Fortaleza. Para cumprir os objetivos desse estudo buscou-se estudar o Plano de Exploração Aeroportuária (ANAC, 2016). Esse plano, segundo o próprio documento, tem os seguintes objetivos:

- a) detalhar e especificar o objeto da concessão;
- b) delimitar o complexo aeroportuário;
- c) detalhar as atividades acessórias da concessão;
- d) prever as especificações mínimas requeridas para os terminais de passageiros;
- e) estabelecer investimentos iniciais para melhoria da infraestrutura, as obrigações relativas ao Plano de Gestão da Infraestrutura (PGI);
- f) estabelecer o nível de serviço por meio dos parâmetros mínimos de dimensionamento;
- g) delimitar os indicadores de qualidade do serviço;
- h) prever a metodologia de definição do Fator Q; e
- i) estabelecer os planos para a continuidade do funcionamento adequado do aeroporto em situações específicas.

2.2 Terminal de Passageiros

Este trabalho tem como foco central o Terminal de Passageiros, tendo este como primeira função a de servir de ponte do lado ar para o lado terra e vice-versa, proporcionando o bom fluxo de passageiros.

O terminal de passageiros é o principal meio de contato com o local de destino dos passageiros. Segundo Horonjeff *et al* (2010), o TPS é um sistema definido como sendo a principal conexão entre o sistema de acesso ao solo e a aeronave. O objetivo dele é fornecer a interface entre o modo de acesso ao aeroporto de passageiros, para processar o passageiro para origem, término ou continuação de uma viagem de transporte aéreo, e transferir o passageiro e a bagagem para a aeronave. Na Figura 1 é possível perceber a ligação do pátio de aeronaves com o terminal de passageiros do Aeroporto Internacional de *Munich*, bem como a

ligação do pátio com as pistas de pousos e decolagens (ao fundo da imagem).

Figura 1 – Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional de Munich



Fonte: Passageiro de Primeira (2017)

Ainda segundo Horonjeff *et al* (2010) a área do terminal é a principal ligação entre o aeródromo e o restante do aeroporto. Tudo que envolve processamento de passageiros e bagagem, manuseio de carga e atividades de manutenção, operações e administração do aeroporto é chamado de área do terminal.

No complexo aeroportuário, o terminal de passageiros é a edificação onde se dão os processos de transferência de passageiros entre os meios de transporte de superfície e os transportes aéreos, ou de um modo de transporte aéreo para outro. Seguindo este conceito, o terminal de passageiros tem três funções principais (FEITOSA, 2000):

- a) processar passageiros e bagagens;
- b) fornecer as condições necessárias para embarque e desembarque de passageiros;
- c) facilitar a transição de um modo para outro.

Devido aos diferentes perfis de clientes de um terminal aeroportuário, onde os principais são os passageiros, as companhias aéreas e os comerciantes, as concepções sobre conforto, conveniência, custos e ambiente variam em função das necessidades de cada um.

Percebe-se, portanto, que há compromissos inevitáveis a serem cumpridos entre o capital e o custo operacional, entre custo e nível de serviço, os quais influenciam a capacidade de um terminal para satisfazer as necessidades de todos os usuários (KAZDA E CAVES, 2007).

Horonjeff *et al* (2010) reconhece ainda o sistema terminal de passageiros sendo a composição de 3 grandes outros sistemas: Sistema de Acesso, Componente de Processamento e Interface de Voo. O sistema de acesso é onde o passageiro é transferido do transporte de superfície para o componente de processamento. Componente de processamento é onde o passageiro é processado para o início, término ou continuação de uma viagem de transporte aéreo. A interface de voo é onde o passageiro é transferido dos componentes de processamento até a aeronave.

Há diversas alternativas de se posicionar as facilidades (ou componentes do terminal de passageiros) para o tratamento dos passageiros. Os processamentos podem ser efetuados de forma centralizada ou descentralizada, entretanto há quatro conceitos básicos de distribuição horizontal e vários híbridos dentre estes básicos, cada qual variando o nível de centralização (HORONJEFF *et al.*, 2010). Nos próximos subitens serão descritos os conceitos em relação ao tipo de operação, em relação à distribuição física, de componentes de um terminal de passageiros.

2.2.1 TPS em relação ao tipo de operação

Os TPS podem ter operação centralizada ou descentralizada. Terminais centralizados são aqueles em que o processamento de passageiros e de bagagens é realizado em um único edifício, enquanto os terminais não centralizados são aqueles em que os processamentos de passageiros e de bagagens são efetuados em vários edifícios ou em diversos módulos de um mesmo edifício (HORONJEFF *et al.*, 1981).

É interessante ressaltar que ainda segundo Horonjeff *et al* (2010) os terminais centralizados apresentam ganhos em economia de escala, isto é, um mesmo componente pode ser utilizado por vários voos. Na prática, algumas operações podem ser centralizadas e outras não: por exemplo um módulo de segurança à entrada de uma área de embarque, enquanto os balcões de *check-in* podem estar distribuídos em vários setores de forma pulverizada (descentralizada).

2.2.2 Conceitos em relação à distribuição física

As salas onde há bagagens geralmente são munidas de equipamentos de esteiras

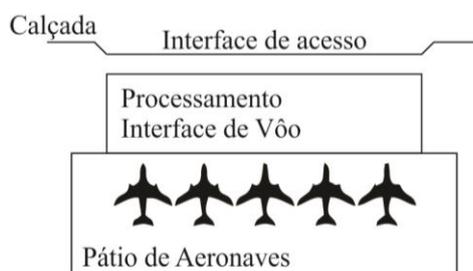
que fazem o transporte das bagagens até os passageiros. O que se observa, geralmente é a responsabilidade de operar e gerir essas áreas é dada às companhias aéreas. As companhias aéreas tentam evitar aglomerações e principalmente atrasos em função desta etapa de desembarque (TRB, 1987).

O saguão de restituição de bagagens, ou área para restituição de bagagens, é geralmente localizada nos arredores de onde geralmente há desembarque de pessoas ou de onde elas obrigatoriamente deverão passar no caso de desembarque. A área pode ser operada por uma ou mais companhias aéreas, ou pode ser operada pelo próprio aeroporto (TRB, 1987).

A distribuição física de um TPS influencia diretamente na qualidade e agilidade de processamento. Dentre os formatos de plantas-baixa mais conhecidos estão Linear, Pier ou *Finger*, Satélite, *Transporter* e Híbrido.

O fluxo de embarque ou desembarque no terminal linear tem percursos curtos a cumprir, tendendo portanto a ser de operação descentralizada. O terminal do tipo Pier (ou *Finger*) tem o conceito centralizado. Nos conectores podem-se encontrar facilidades (lanchonetes, livrarias, lojas, etc.) além das salas de pré-embarque e, nas suas raízes, atividades de filtragem como a vistoria antissequestro e a vistoria de passaportes nos casos de vos internacionais. Quanto à forma, podem ser em I, em Y ou em T (FAA, 1983). A Figura 2 apresenta um esquema de distribuição física do tipo linear.

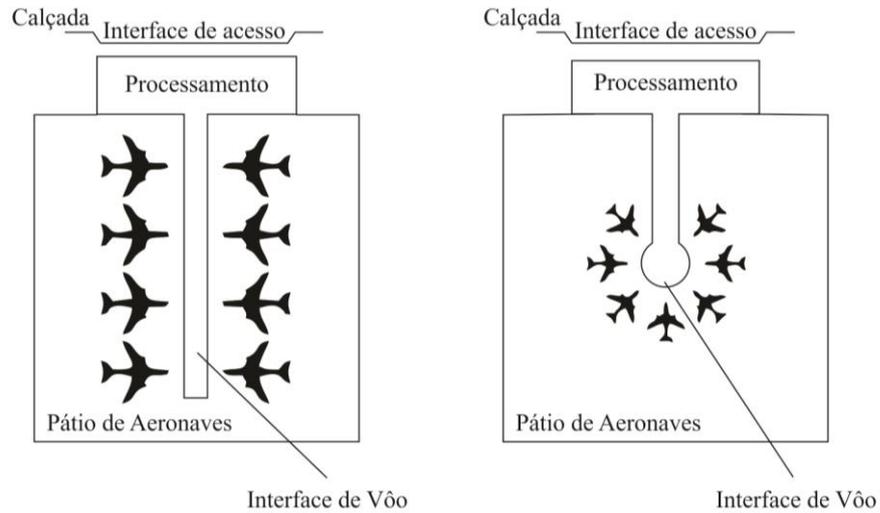
Figura 2 – Conceitos de distribuição física linear



Fonte: Adaptado de Horonjeff *et al* (2010)

O terminal tipo Satélite é uma evolução do Pier, sendo que nesse tipo as aeronaves não ficam estacionadas no nariz do Pier e sim ao longo de uma edificação afastada do edifício principal do TPS. O edifício afastado (satélite) também conta com componentes de espera e/ou de processamento. Ou seja, os passageiros desembarcados são transferidos da aeronave para um prédio secundário e só então conduzidos para o prédio principal. A Figura 3 apresenta o conceito de distribuição física do tipo pír (HORONJEFF *et al.*, 2010).

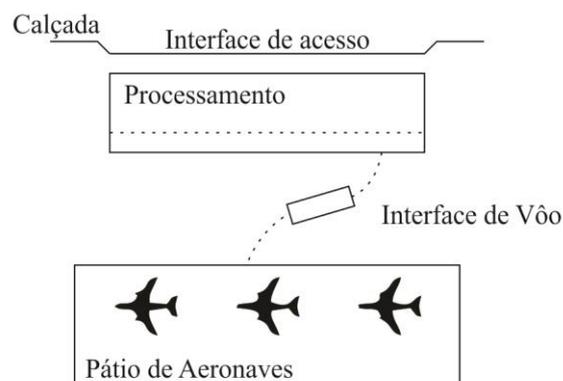
Figura 3 – Conceito de distribuição física pier e *satellite*



Fonte: Adaptado de Horonjeff *et al* (2010)

O conceito de *transporter* baseia-se no estacionamento das aeronaves em posições distantes ao edifício terminal e o acesso dos passageiros às aeronaves se dá através de ônibus ou salas de embarque móveis. Traz a desvantagem de um transporte intermediário onerando assim a operação do processo. Conta com uma sala de pré-embarque na edificação. Observa-se seu emprego de forma compartilhada com algum outro conceito. Operam-se, portanto, as posições remotas. Na Figura 4 é possível ver um desenho esquemático do conceito de distribuição física do tipo *transporter* (HORONJEFF *et al.*, 2010).

Figura 4 – Conceito de distribuição física do tipo *transporter*



Fonte: Adaptado de Horonjeff *et al* (2010)

A combinação de dois ou mais conceitos de terminal é conhecido como modelo híbrido. Pode-se portanto contar as desvantagens desse ou daquele e, portanto aumentar a percepção de vantagens para esse modelo.

2.2.3 Conceitos de componentes de um TPS

Segundo Alves (1981), os componentes do TPS são todas as partes do TPS que executam tarefas específicas dentro do aeroporto. Como exemplos de tarefas, podem-se citar: restituição de bagagens, a inspeção de segurança, etc. Basicamente dentro do TPS têm-se componentes de embarque e de desembarque.

Os componentes podem ser classificados também em: operacionais e não operacionais. Os componentes operacionais são aqueles que realizam atividades essenciais no processo de transferência intermodal entre os modais terrestre e aéreo, um exemplo destes é a vistoria antissequestro. Já os componentes não operacionais são aqueles que participam no processo como apoio, por exemplo, as lanchonetes e os sanitários (ALVES, 1981).

Área de *check-in* de um TPS é aquela destinada às companhias aéreas para que sejam efetuadas as verificações de segurança e de documentações necessárias por parte do passageiro ao voo. Também é de lá que são enviadas as bagagens dos passageiros para que sejam processadas dentro das aeronaves (MCKINSEY& COMPANY, 2010)

Segundo McKinsey& Company (2010), *check-in* é definido como sendo o registro que cada passageiro deve realizar no balcão da companhia aérea antes do embarque, quando a companhia despacha as bagagens e entrega o cartão de embarque ao passageiro. Atualmente, o passageiro pode realizar o *check-in* eletrônico pela internet ou em terminais de autoatendimento, dirigindo-se ao balcão da companhia apenas para despachar a bagagem. A área de *check-in* num terminal de passageiros é a área destinada para esse procedimento.

A Tabela 1 define os componentes operacionais segundo Alves (1981). Neste estudo abordaremos os componentes operacionais que serão analisados como parâmetro de capacidade do terminal de passageiros do aeroporto em questão.

Tabela 1 – Componentes operacionais e não-operacionais

| | Embarque | Desembarque |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Operacionais | Meio-fio de embarque | Portão de desembarque |
| | Saguão de embarque | Saúde dos portos |
| | Check-in | Inspeção fitossanitária |
| | Vistoria antissequestro | Controle de passaportes |
| | Controle de passaportes | Alfândega |
| | Sala de pré-embarque | Saguão de desembarque |
| | Portão de embarque | Meio-fio de desembarque |
| Não-Operacionais | Sanitários | <i>Free shops</i> |
| | Livraria | Sanitários |
| | Lanchonete/restaurante | Câmbio |
| | <i>Souvenirs</i> | <i>Rent a car</i> |
| | Bancos | Reservas de hotéis |
| | Lojas | Informações |
| | Correios | Telefones |
| | Telefones | |

Fonte: Alves, 1981

2.3 Capacidade de Pista de Pousos e Decolagens

“Uma área retangular definida num aeródromo terrestre preparada para o pouso e a decolagem de aeronaves.” Essa é a definição de pista segundo ICAO (2005).

Dentre os vários gargalos que existem para a operação de um aeroporto, a pista de pousos e decolagens oferece uma grande influência sobre a capacidade de um aeroporto. Para o Aeroporto Internacional de Fortaleza, a capacidade declarada segundo o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA, 2013) é de 26 operações por hora. Essa capacidade atende às necessidades do aeroporto em se tratando de presente.

De acordo com Melo (2014), dentre os principais fatores que afetam a capacidade de pista, encontram-se a separação de aeronaves em aproximação, o *mix* de aeronaves (distribuição percentual da frota de aeronaves em operação no aeródromo, conforme as categorias de aeronaves), o tipo e a localização das pistas de taxiamento no sistema de pistas. A existência de pistas de taxiamento (*taxiways*) em toda a extensão de uma pista de pousos e decolagem (*runway*), dando acesso direto às cabeceiras, bem como a disponibilidade de saídas para as pistas de taxiamento a 90° ou, particularmente, de saídas rápidas (em ângulos agudos), proporcionam uma minimização do tempo de ocupação de pista no pouso (TOPP), permitindo que o sistema de pistas atinja sua capacidade potencial máxima.

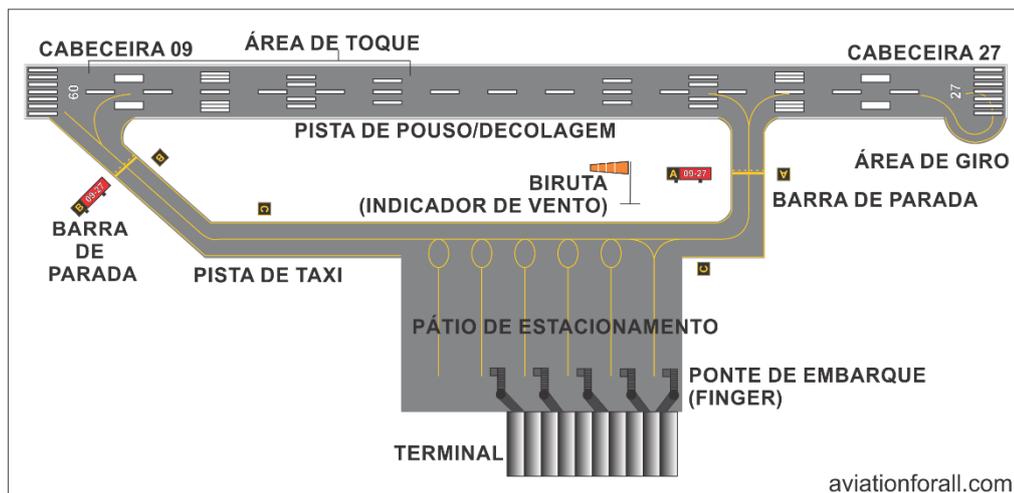
2.3.1 Pistas de pouso e decolagem

ANAC (2012) define pista de pouso e decolagem como sendo uma área retangular, definida em um aeródromo em terra, preparada para pousos e decolagens de aeronaves.

As pistas de pousos e decolagens são o ponto fundamental e mais essencial do aeroporto. De acordo com Harding (2004), primeiramente, em função de questões como vento dominante, áreas de aproximação, etc., define-se a direção das pistas e depois, em função do tipo de aeronaves que realizarão pousos e decolagens nelas, define-se o tamanho das pistas. Em função da direção das pistas a área do terminal de passageiros é definida.

Ainda segundo Harding (2004), uma pista permite a aterrissagem e a decolagem de aviões. Para muitos, ela é somente uma faixa pavimentada. Muitos aeroportos possuem mais de uma pista. As pistas de pouso e decolagem paralelas apresentam duas faixas de pistas dispostas na mesma direção para realizar operações quando a capacidade de uma pista de sinalização é excedida. Na Figura 5 é possível perceber o posicionamento da pista de pouso e decolagem em relação ao pátio de aeronaves e o terminal de passageiros, bem como sua ligação entre eles.

Figura 5 – Pista de Pouso e Decolagem (*layout*)



Fonte: Aviation for All (2017)

2.3.2 Pistas de taxiamento (taxiways)

De acordo com Horonjeff *et al* (2010), as *taxiways* são caminhos definidos na

superfície do aeródromo que são estabelecidos para a rodagem de aeronaves e destinam-se a fornecer uma ligação entre uma parte do aeródromo e outra. O termo "duas vias de rodagem paralelas" refere-se a duas vias de rodagem paralelas entre si nas quais os aviões podem taxiar em direções opostas. Uma *taxiway* de pátio é uma via de rodagem localizada geralmente na periferia do pátio, destinada a fornecer uma rota de táxi através dele. Uma *taxiway* é uma parte da área de estacionamento da aeronave usada para acesso entre as pistas de rodagem e as posições de estacionamento de aeronaves. A ICAO (2005) define a *taxiway* de suporte de aeronave como uma porção do avental destinado a fornecer acesso apenas aos *stands* da aeronave.

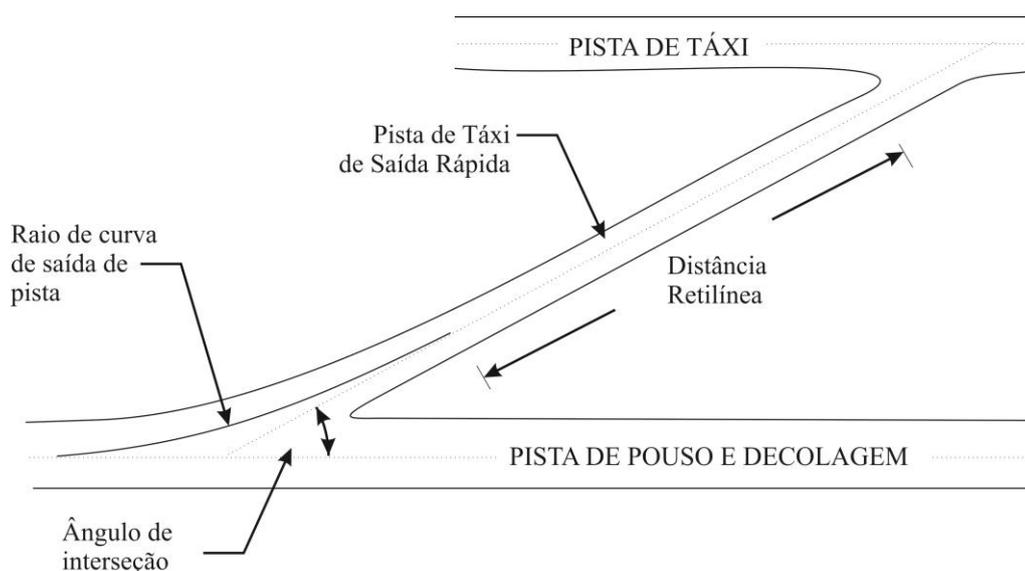
Segundo Harding (2004), *taxiways*, ou pistas de taxiamento, fornecem um meio conveniente para as embarcações aéreas entrarem e saírem de uma pista para outra. São geralmente tiras pavimentadas que conectam correntes entre si e com áreas de estacionamento de aeronaves.

Já segundo a ANAC (2012), pista de táxi é a trajetória definida em um aeródromo em terra, estabelecida para táxi de aeronaves e com a função de oferecer uma ligação entre as partes do aeródromo, incluindo:

- (a) pista de táxi de acesso ao estacionamento de aeronaves: Parcela de um pátio de aeronaves designada como uma pista de táxi e com o propósito único de oferecer acesso às posições de estacionamento de aeronaves;
- (b) pista de táxi de pátio: Parcela de um sistema de pistas de táxi localizada em um pátio de aeronaves com a função de oferecer uma circulação completa de táxi através do pátio de aeronaves;
- (c) pista de táxi de saída rápida: Pista de táxi conectada a uma pista de pouso e decolagem em um ângulo agudo e projetada para permitir que aeronaves em pouso saiam da pista em velocidades mais altas do que em outras pistas de táxi de saída e, dessa forma, minimizando o tempo de ocupação da pista de pouso e decolagem.

A Figura 6 apresenta um desenho esquemático de como se dá a interseção entre a pista de taxiamento de saída rápida e a pista de taxiamento. Também mostra como se dá a interseção entre a pista de decolagem e a pista de saída rápida.

Figura 6 – Pista de Táxi e Pista de Táxi de Saída Rápida



Fonte: Adaptado de ANAC (2012)

2.4 Pátio de Aeronaves

Segundo ICAO (2005), um pátio de aeronaves é uma área definida destinada a acomodar aeronaves para carregar e descarregar passageiros, correio ou carga, abastecimento e estacionamento ou manutenção. O pátio de aeronaves é geralmente pavimentado, mas pode ser não-pavimentado.

Já Harding (2004), define pátio de aeronaves como sendo áreas pavimentadas adjacentes a um edifício terminal que as aeronaves usam como uma abordagem ao prédio e também com o objetivo de parar a fim de permitir que passageiros e tripulantes entrem ou saiam da aeronave. O pátio também incorpore sistemas de combustível, fornecimento de energia elétrica e instalações para manutenção de aeronaves.

A ANAC (2012) estabelece que pátio de aeronaves é a área definida em um aeródromo em terra com o propósito de acomodar aeronaves para fins de embarque e desembarque de passageiros, carregamento ou descarregamento de cargas, correio, reabastecimento de combustível, estacionamento ou manutenção.

2.5 Nível de Serviço e Capacidade

O pleno funcionamento de um aeroporto exige adequados níveis de serviço para que haja um nível de satisfação por parte dos passageiros.

Os conceitos de nível de serviço e capacidade estão intrinsicamente relacionados. O nível de serviço está associado tanto a atributos mensuráveis, como número de pessoas por metro quadrado em um componente de espera, número de pessoas em fila para o *check-in* e tempo de espera na fila, como aqueles que dependem da percepção do usuário do aeroporto em relação ao atendimento recebido, nível de conforto, etc. (MÜLLER e GOSGLING, 1991).

O aeroporto é um sistema composto por vários subsistemas: pistas, pátios, terminais, acessos etc. Daí, qualquer medida que possa tornar mais eficiente a operação das instalações já existentes passa a ganhar relevância. Ainda que medidas que melhorem quaisquer um desses elos sejam importantes, é fundamental que o sistema seja analisado pelo seu conjunto.

A capacidade de um aeroporto depende da capacidade de cada um dos seus subsistemas. Capacidade, segundo Gualda (1995), pode ser entendida como o nível máximo de demanda que pode ser imposto a um subsistema, em um dado período de tempo, sem violar nenhum dos critérios de níveis de serviço estipulados.

Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000) *apud* Pereira *et al.* (2011) sugerem cinco dimensões para se estudar como os clientes avaliam a qualidade dos serviços, a saber: (i) confiabilidade (i.e., capacidade de prestar o serviço prometido com segurança e exatidão); (ii) responsabilidade (i.e., disposição em auxiliar os clientes e fornecer-lhes o serviço prontamente); (iii) segurança (i.e., competência para realizar o serviço, cortesia no atendimento e respeito ao cliente); (iv) empatia (i.e., demonstração – ou transmissão de sensação – de interesse pelos desejos e expectativas dos clientes); e (v) tangibilidade (i.e., aparência das instalações físicas, dos equipamentos, do pessoal e dos materiais para comunicação). A partir da comparação entre o que é recebido e o que é desejado pelos clientes nessas cinco dimensões, é possível medir a satisfação da qualidade do serviço, a qual pode transitar em um contínuo de bastante negativa a bastante positiva.

A capacidade de um componente depende diretamente do nível de serviço estipulado para o mesmo, uma vez que expressa o número de passageiros comportados, ou o número máximo de pessoas em fila, por exemplo, cujos valores aceitos derivam do nível de serviço esperado. (FEITOSA, 2000).

A análise de capacidade de aeroportos para promover um equilíbrio entre oferta e demanda é muito importante, pois atrasos em um aeroporto podem gerar atrasos e ineficiência em uma série de outros aeroportos (SWAROOP *et al.*, 2012). A análise de capacidade já foi medida a partir de indicadores como número de balcões de *check-in*, área de terminais, espaços de estacionamento para aeronaves, mas no Brasil, muitas vezes a infraestrutura não é

aproveitada da melhor forma possível, por isso é importante entender se as operações aeroportuárias são adequadas e processam o maior número de passageiros possível de acordo com a infraestrutura do aeroporto (RODRIGUES e CASTRO, 2012).

O Estudo do Setor do Transporte Aéreo do Brasil (McKinsey & Company, 2010) define que a capacidade de aeroportos depende de três fatores: área do pátio para aeronaves, número máximo de operações – pousos e decolagens – por hora nas pistas do aeroporto e a partir dos indicadores citados no parágrafo acima, relacionados às atividades de processamento de passageiros.

Fernandes *et al.* (2011) comparam a capacidade do terminal de um aeroporto com a quantidade de passageiros na hora pico, pois esta sim é a situação que o aeroporto tem que suportar se quer ser capaz de atender a capacidade em todos os momentos.

2.5.1 Capacidade do terminal de passageiros

Segundo McKinsey & Company (2010), o terminal de passageiros pode ser subdividido fisicamente em dois fluxos: embarque e desembarque. Ambos os fluxos são compostos por um conjunto de componentes dispostos em série e/ou em paralelo do ponto de vista de processamento de passageiros.

O Terminal de Passageiros é o sistema cuja análise é mais segmentada, dando visibilidade da capacidade de cada um de seus componentes. Para cada um deles obteve-se uma capacidade, que consiste na quantidade de passageiros por unidade de tempo que esse componente é capaz de processar com determinado nível de serviço, conforme metodologia recomendada pela *International Air Transport Association* (IATA).

2.6 Previsão de demanda

Uma previsão acurada é essencial uma vez que o dimensionamento e a determinação das fases de um projeto de aeroporto dependem destes dados. Se a previsão subdimensiona a demanda, as instalações serão construídas muito pequenas e o aeroporto sofrerá problemas de capacidade. Se, por outro lado, a previsão for superdimensionada, os componentes serão grandes demais e as companhias aéreas precisarão pagar desnecessariamente por instalações subutilizadas (IATA, 2004).

Ainda segundo IATA (2004) *apud* Rizzatti (2013), previsões de tráfego aeroportuário usam uma combinação de análises de tendência, extrapolação de dados, pesquisas de expectativa e análise profissional das estatísticas. Conhecimento operacional

extensivo e um entendimento abrangente do contexto local onde o aeroporto está situado são também requeridos. Além disso, um bom relacionamento com especialistas em planejamento e previsão de demanda das maiores companhias aéreas operando no aeroporto de estudo também pode ser necessário.

Horonjeff *et al* (2010) *apud* Rizzatti (2013) afirmam que o desenvolvimento de previsões de demanda precisas requer um tempo considerável, além de outros recursos, devido à complexa metodologia requerida e à extensiva quantidade de dados usualmente requeridos. Dentre os diversos fatores que afetam a demanda prevista, dados e características socioeconômicas, geográficas e demográficas do local e região devem sempre ser considerados, além de fatores externos, como parâmetros de qualidade dos serviços e custo de combustível. Além destes, fatores como o cenário político no período e mudanças tarifárias também podem afetar a demanda a ser suportada pelo aeródromo e seus componentes.

O dimensionamento dos vários componentes do sistema aeroportuário, especialmente o terminal de passageiros, depende em larga escala do nível de atividade previsto para o aeroporto no horizonte de planejamento. Para que o planejamento das instalações atenda à necessidade futura, é essencial prever o nível e a distribuição de demanda esperada nos diversos componentes do sistema aeroportuário. É impossível determinar realisticamente suas necessidades físicas e operacionais sem conhecimento confiável da variação esperada e a natureza da demanda a ser suprida pelo componente estudado (HORONJEFF *et al*, 2010 *apud* Rizzatti, 2013).

IATA (2004) aponta que as previsões de demanda de tráfego aéreo são frequentemente apresentadas usando os seguintes períodos de projeção:

- a) período curto: projeção de 1 a 5 anos;
- b) período longo: projeção de 5 a 10 anos;
- c) anual: projeção de 12 meses;
- d) período de pico: meses selecionados dentro de um ano operacional.

2.6.1 Métodos de Previsão de Demanda

De acordo com Horonjeff *et al* (2010), existem muitos métodos e técnicas de previsão de demanda disponíveis para planejadores de aeroportos. Eles vão desde simples análises de dados até métodos matemáticos sofisticados. A escolha de um em particular é função da previsão, da disponibilidade de dados de entrada, da complexidade e da sofisticação das técnicas utilizadas no método, dos recursos disponíveis, do tempo em que a previsão demandará e do grau de precisão desejado. Existem quatro metodologias principais:

- a) método de série temporal;
- b) método de *market share*;
- c) método econométrico;
- d) método de simulação.

A análise de séries temporais envolve essencialmente a extrapolação ou a projeção de dados históricos existentes para o futuro. Em previsões por *market share*, a atividade atual em um aeroporto é calculada como uma parcela de outra medida mais abrangente para a qual a previsão já foi feita, tipicamente uma previsão regional, estadual ou nacional de atividade. A abordagem deste tipo de análise é considerada uma abordagem *top-down*, ou seja, uma abordagem cujo horizonte de tempo é mais longo.

Já Breseghello (2005) *apud* Rizzatti (2013) afirma que as previsões de demanda são elaboradas utilizando-se três métodos:

- a) métodos quantitativos
- b) métodos qualitativos;
- c) combinação de métodos quantitativos e qualitativos.

Segundo o autor, os métodos quantitativos utilizam dados numéricos como séries temporais para elaborar a previsão de demanda. A partir destes dados, é feito um modelo matemático para prever a demanda futura. Existem várias técnicas de previsão de demanda feitas por esses métodos, e é comum a utilização de planilhas eletrônicas.

Já os métodos qualitativos, segundo Breseghello (2005) *apud* Rizzatti (2013), baseiam-se em opiniões de especialistas. Essas opiniões geralmente são baseadas no julgamento de executivos, expectativas de consumidores e opiniões do pessoal de vendas. Pela natureza dos dados, esse método fica susceptível a tendências, uma vez que existem diferenças de preferência entre indivíduos, o que pode comprometer a confiabilidade dos resultados.

Segundo Simões (2003), a maioria dos trabalhos relacionados a previsões para a evolução da demanda por aviação (e transportes, em geral, tanto no exterior como no Brasil), baseia-se, em sua grande maioria em métodos de previsão por Extrapolação de Tendências e em métodos de previsão quantitativa, mais precisamente modelos econométricos. Tais modelos analisam os dados fornecidos pela estatística, mediante aplicação de métodos matemáticos.

Simões (2003) ainda aponta alguns métodos utilizados para previsão da demanda por transportes e suas características principais. Esses métodos estão apresentados a seguir:

a) método das elasticidades: este método é caracterizado pela utilização das elasticidades na estimação das alterações do que é quantitativamente demandado para uma variação em seus atributos. O coeficiente de elasticidade avalia as flutuações relativas da demanda para variação relativa dos atributos. Tal coeficiente é obtido através de métodos estatísticos. O método das elasticidades é uma técnica de previsão incremental por considerar apenas modificações na variável dependente.

b) método das séries históricas: este método consiste na criteriosa observação de registros históricos e sequenciais de fatos relacionados à produção, que podem ser manipulados estatisticamente. Os produtos gerados por este método são previsões de natureza incondicional e de curto prazo. Para que o método das Séries Históricas possa captar efeitos sutis como os sazonais ou cíclicos, é indispensável a posse de um considerável número de observações.

c) métodos qualitativos: a utilização de tais métodos está voltada para a previsão tecnológica dos meios que são capazes de gerar bens ou serviços, para que as empresas possam se adequar ao processo de inovações tecnológicas, podendo então fundamentar mais coerentemente seus planejamentos táticos ou estratégicos. Dentre os métodos qualitativos, um dos mais empregados é a Técnica Delphi, que se baseia na opinião de especialistas sobre alterações na demanda, fundamentada em suas experiências acumuladas sobre determinado assunto. A aplicação da Técnica Delphi é um processo interativo, sendo as respostas, comumente obtidas através de formulários padronizados. Tais respostas são tabuladas criteriosamente para a obtenção de indicadores estatísticos da opinião do grupo. Objetiva-se assim, uma boa convergência de opiniões.

d) método da extrapolação de tendências: consiste em observar dados referentes a demandas anteriores e adequar o tipo de função que melhor se ajusta a essa realidade histórica. Assim, a função empregável pode ser exponencial, logarítmica, linear, etc. As previsões resultantes através da extrapolação de tendências, não consideram fatores exógenos, sendo o tipo de modelo utilizado uma função na qual a série observada é explicada unicamente pela variável tempo. É um dos métodos mais empregados na cenarização da demanda por transportes aéreos.

e) modelos explicativos: a aplicação deste método objetiva o estabelecimento de uma ou mais relações funcionais que permitam prever a variável dependente a

partir do comportamento das independentes. Para tanto, utiliza-se uma abordagem econométrica.

f) modelos comportamentais: consistem em tentativas de compreender as decisões tomadas pelos indivíduos quando existem diversas alternativas de escolha a serem tomadas, ou seja, são baseadas na teoria da escolha. A escolha pode ser representada pelos modelos que predizem a probabilidade de cada alternativa dentro do grupo de escolhas e que possa ser selecionada pelo usuário, com base na observação da utilidade de cada alternativa.

O autor deste presente trabalho propõe uma metodologia de análise de capacidade, através do método da Aeronave-Média e Aeronave-Padrão que será descrito na seção 3.2.

3 ESTUDO DE CASO: AEROPORTO INTERNACIONAL DE FORTALEZA

Este capítulo trata do estudo de caso e inicia-se com a descrição do Aeroporto Internacional de Fortaleza, seu Terminal de Passageiros (doravante TPS) e também seu sistema de pistas disponíveis para as operações de pouso, decolagem e taxiamento das aeronaves. Logo após, são definidos os *mixes* de aeronaves que servirão para a definição das aeronaves-médias e da aeronave-padrão. Estas aeronaves servirão como parâmetro gerador de demanda.

Em seguida, é feito por meio de ANAC (2016), uma análise que se deu através do cálculo do número máximo de movimentos que a pista de pousos e decolagens deve operar, tendo como fator limitador a demanda de passageiros no TPS.

Posteriormente, é feita a análise das modificações na geometria de saídas rápidas de pista de pouso e decolagens, bem como os impactos de demanda de passageiros sobre o TPS. Finalmente, são apresentados os resultados e o estudo comparativo dos vários cenários de Melo (2014), bem como a análise do Plano de Exploração Aeroportuária (PEA).

3.1 Descrição do local

O Aeroporto Internacional de Fortaleza, denominado Pinto Martins está localizado na cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará. Está distante 8 km do centro da cidade e o seu sítio aeroportuário, que soma 5.305 milhões de m², está imerso dentro do centro urbano da cidade, como mostra a Figura 7. A área destacada na Figura 7 é o sítio aeroportuário do Aeroporto Internacional de Fortaleza.

Seu Código de Referência de Aeródromo é 4E e sua aeronave crítica é o B747-400. É identificado pelas siglas SBFZ na nomenclatura da *International Civil Aviation Organization* (ICAO), e FOR na nomenclatura da IATA (*International Air Transport Association*). O Aeroporto Internacional de Fortaleza foi classificado como Internacional no ano de 1997 (INFRAERO, 2017).

O aeroporto conta com vários serviços de utilidade pública, como: balcão de informação, achados e perdidos, central de atendimento ao cliente, terminal de cargas, estacionamento com 848 vagas para carros e 78 para motos, balcões de informações turísticas. Além disso, há também: (i) serviços de transportes (empresas de táxi e de ônibus, tanto executivo como convencionais, além de locadoras de veículos); (ii) concessões (restaurantes e lanchonetes; lojas de conveniência, como farmácias e livrarias); e serviços bancários.

Figura 7 – Localização do Aeroporto Internacional de Fortaleza no Perímetro Urbano



Fonte: GOOGLE EARTH PRO (2017)

A movimentação diária entre passageiros e pessoal do próprio aeroporto atinge 19.383 pessoas. Em 2016 utilizaram o aeroporto 5.706.489 passageiros, em 53.133 voos e 40.165.472 kg de carga aérea foram processados pelo TECA, Terminal de Carga Aérea (INFRAERO, 2017).

O aeroporto também conta com a presença dos seguintes órgãos públicos: Juizado da Infância e da Adolescência, Agência Nacional de Aviação Civil, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Agricultura, Polícia Federal, Polícia Militar, Receita Federal, Secretaria de Justiça e Cidadania do Estado do Ceará, Secretaria de Turismo do Estado do Ceará e Secretaria da Fazenda do Estado do Ceará.

Atualmente operam em Fortaleza regularmente as empresas aéreas AZUL, AVIANCA, CONDOR, GOL, GSA MERIDIANA/AIR ITALY, LATAM, TACV – CABO VERDE e TAP. Elas atendem Guarulhos, Galeão, Recife, Brasília e São Luís como principais destinos.

Além das informações já apresentadas, foram consideradas relevantes para a finalidade deste estudo as seguintes características (INFRAERO, 2013):

- a) ponto de referência do aeródromo: 03° 46' 33" S – 038° 31' 56" W;
- b) localização no aeródromo: 102° / a 1.299 m da cab. 13;
- c) elevação do aeródromo: 25,0 m;
- d) temperatura de referência do aeródromo: 31° C;

- e) declividade magnética / variação Anual: 21° W (2009) / 0,2' E;
- f) tipos de tráfego: Internacional Regular e Não-Regular, Doméstico Regular e Não-Regular, Cargueiro, Aviação Geral e Militar.
- g) vento máximo verificado: 24 kt (vento soprando de 120°, 15 kt de velocidade média e apresentando rajadas de 28 kt, no dia 20/02/2010 às 1600 (UTC). 1 kt = 1,852 km/h. 15 kt = 7,72 m/s.

DECEA (2013) apresentou ainda as seguintes características do aeroporto:

- declividades longitudinais da pista de pouso e decolagem: 0.17% para o primeiro quarto da pista, mais próximo à cabeceira 13, 0.20% o segundo e o terceiro quarto da pista, e 0.23% para o último quarto da pista.
- distância entre a pista de pouso e decolagem e a *taxiway* paralela A = 162.08 m;
- distância entre a pista de pouso e decolagem e a *taxiway* paralela J = 169.04 m.

3.1.1 Terminal de passageiros

O primeiro terminal de passageiros e o pátio de aeronaves foram construídos em 1966. O atual terminal de passageiros, na área sul, foi inaugurado em fevereiro de 1998, foi construído, através de uma parceria entre a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária, Governo Federal e Governo Estadual.

Esse segundo terminal, cuja capacidade era, à época, de 3,8 milhões de passageiros ao ano, possui 14 posições operantes de estacionamento de aeronaves e conta com sistemas de automação (INFRAERO, 2017). Ainda de acordo com INFRAERO (2017), o terminal de passageiros possui 35.660 m² de área, tem uma capacidade de 6,2 milhões de passageiros por ano.

A fachada do Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional de Fortaleza pode ser vista na Figura 8.

Figura 8 – Fachada do Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional de Fortaleza



Fonte: O POVO (2017)

A Figura 9 traz uma visão do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional de Fortaleza, mostrando a entrada para o subsolo, uma vista do estacionamento, da via de acesso ao terminal.

Figura 9 – Vista Aérea do Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional de Fortaleza



Fonte: Portal da Copa (2017)

Segundo INFRAERO (2013), o Terminal de Passageiros é utilizado para o processamento de passageiros do tráfego comercial doméstico e internacional regular e não-

regular. As atividades desenvolvidas em cada pavimento estão descritas a seguir:

(a) subsolo: é onde estão localizadas as áreas de manutenção, de apoio às empresas auxiliares e contratadas, lojas, alojamentos, apoio aos órgãos públicos e estacionamento de viaturas operacionais.

(b) térreo: é onde se localizam o meio-fio único de embarque e desembarque, balcões de *check-in*, *back-office* e balcão de vendas e informações das companhias aéreas, saguão de embarque e desembarque, salas de restituição de bagagem, *duty free*, área de apoio operacional, área de embarque e desembarque remoto, controle de passaporte para passageiros desembarcados, alfândega e algumas lojas de comércio.

(c) 1º pavimento: é onde se encontram uma praça de alimentação para *fast food*, restaurante, bancos, agência de correios, lojas para comércio de oportunidade, área operacional, administração da INFRAERO, controle de Raios-X e de passaporte, salas de embarque doméstico e internacional, sala VIP, café e sanitários. O embarque nas aeronaves é feito por meio de cinco conectores de embarque.

(d) 2º pavimento: é onde se localizam um mirante e algumas áreas comerciais.

A discriminação de todas as áreas componentes (em m²) do TPS encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Terminal de Passageiros – Setorização

| Setor | Área Aproximada (m ²) |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Operacional | 21.151 |
| Comercial | 3.445 |
| Técnico/Manutenção | 6.917 (subsolo) |
| Administrativo | 2.425 |
| Outras áreas | 4.562 |

Fonte: Adaptado de INFRAERO (2013)

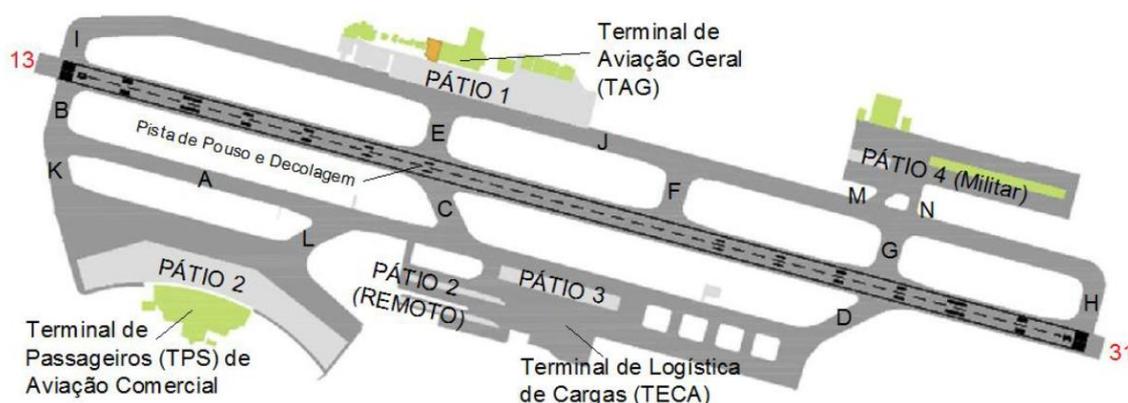
3.1.2 Sistemas de pistas

O sistema de pistas de um aeroporto pode ser entendido como um conjunto de 3 pistas. São elas: pista de pouso e decolagem, pistas de taxiamento (*taxiways*) e pátio de aeronaves.

Em sua infraestrutura, o Aeroporto Internacional de Fortaleza possui uma única pista de pouso e decolagem, de 2.545m de comprimento e 45m de largura, denominada RWY 13/31, além de 14 pistas de taxiamento e 4 pátios de estacionamento de aeronaves.

A Figura 10 mostra a pista de pouso e decolagem com todas as *taxiways*. O sistema de pista do Aeroporto Internacional de Fortaleza conta com duas *taxiways* paralelas à pista de pouso e decolagem, uma de cada lado, denominadas A e J. Essa mesma figura ilustra ainda o posicionamento dos quatro pátios de aeronaves dentro do sítio aeroportuário.

Figura 10 – Layout do Aeroporto Internacional Pinto Martins



Fonte: Melo (2014)

Verifica-se que a *taxiway* A está ligada a pista de pouso e decolagem por meio das *taxiways* B, C e D, com ângulos de 90° , 55° (aproximadamente) e 135° , respectivamente, em relação à pista de pouso e decolagem, considerando o sentido da cabeceira 13 para a 31.

Do lado oposto, encontram-se a *taxiway* J que está ligada a pista de pouso de decolagem por meio das *taxiways* I, E, F, G e H, todas de 90° , exceto a *taxiway* I que possui uma geometria curva. Já as *taxiways* M e N, ligam a *taxiway* J ao Pátio 4. Existem, ainda, as *taxiways* K e L, que ligam a *taxiway* A ao Pátio 2.

Ainda de acordo com o INFRAERO (2013), o Pátio 1 é reservado à aviação geral. O Pátio 2 destina-se às aeronaves comerciais, o Pátio 3 é utilizado pelas aeronaves cargueiras e também por algumas aeronaves militares, e o Pátio 4 é destinado somente a aeronaves militares. Existe ainda um pátio remoto complementar ao Pátio 2.

O Pátio 1 apresenta uma condição de acomodação simultânea para até 29 aeronaves. O Pátio 2 comporta a acomodação simultânea de 14 aeronaves, sendo 7 acopladas em Pontes de Embarque e Desembarque e as demais remotas. O Pátio 3 comporta a acomodação simultânea de 7 aeronaves. Os Equipamentos de Rampa estão localizados em

áreas próximas ao TPS, além das áreas implantadas no novo Pátio de Carga. A área principal que atende às aeronaves do TPS possui 5.805 m², enquanto que uma área com aproximadamente 5.680 m² foi disponibilizada próxima ao TerTECA.

Na Tabela 3 estão relacionadas as características e informações referentes à destinação dos pátios de aeronaves.

Tabela 3 – Destinação dos Pátios de Aeronaves

| Designação | Área (m²) | Destinação / Localização |
|-------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Pátio 1 | 26.800 | Aviação Geral |
| Pátio 2 | 118.500 | Aviação Comercial - TPS |
| Pátio 3 | 55.675 | Aviação Cargueira - TECA |

Fonte: Adaptado de INFRAERO (2013)

3.1.3 Capacidade do sistema de pistas

ANAC (2016) apresenta os valores de capacidade do sistema de pistas que serão assegurados pelo Poder Público, desde que sejam atendidas todas as condicionantes não relacionadas às atividades de competência do(s) órgão(s) público(s) prestador(es) de serviço de tráfego aéreo.

Esse documento assume que o número de operações na pista de pouso e decolagem é composto de duas parcelas iguais. Uma de 50% como sendo o número de operações para pousos e os outros 50% como sendo o número de operações para decolagens.

As capacidades apresentadas no mencionado documento consideram condições normais de operação. A capacidade do sistema de pistas assegurada pelo Poder Público, assumirá os seguintes valores, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Capacidades do Sistema de Pistas Asseguradas pelo Poder Público

| Ano | Configuração Operacional do Sistema de Pistas | Movimentos por hora |
|------------|--|----------------------------|
| 2017 | 01 pista (13/31) | 28 |
| 2021 | 01 pista (13/31) | 32 |

Fonte: Adaptado de ANAC (2016)

A capacidade assegurada para o ano de 2021 dependerá dos procedimentos coordenados e investimentos realizados pela Concessionária que favoreçam os fatores sobre

tempo de ocupação de pista e da configuração das pistas de pouso e taxiamento.

3.2 Mix de aeronaves

O *mix* de aeronaves de um aeroporto pode ser entendido como sendo a distribuição percentual da frota de aeronaves em operação no aeródromo. O *mix* de um aeroporto afeta diretamente a capacidade de pista, e consequentemente, a capacidade do Terminal de Passageiros.

Para fins deste estudo, o autor apresentará o *mix* de aeronaves usados por Melo (2014), bem como apresentará um *mix* de aeronaves para o ano de 2016 (INFRAERO, 2017). Este último, mostrando apenas aeronaves que, somadas suas frequências de movimentação, resultavam ou ultrapassavam o valor de 50%, e que também, apresentavam individualmente porcentagens acima de 2% de frequência.

3.2.1 Mix de aeronaves de Melo (2014)

Será feita uma análise de capacidade do Terminal de Passageiros através do *mix* de aeronaves usados por Melo (2014). Isso dar-se-á através dos parâmetros de capacidade de movimentação de pista de pousos e decolagens, apresentados na Tabela 4. O *mix* de aeronaves do Aeroporto Internacional de Fortaleza, utilizado à época por Melo (2014), bem como a frequência de movimentos de cada equipamento é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Capacidades Máximas e Mix de Aeronaves do Aeroporto Internacional de Fortaleza, segundo Melo (2014)

| <i>Mix de Aeronaves</i> | | |
|-------------------------|-----------------------------------|---|
| Aeronave | Frequência de Operação (%) | Capacidade Máxima de Passageiros |
| A320 - Airbus A320 | 23,83 | 150 |
| B738 - Boeing 737-800 | 22,74 | 189 |
| E190 - ERJ 190 | 9,53 | 116 |
| A321 - Airbus A321 | 6,81 | 185 |
| B737 - Boeing 737-700 | 5,99 | 149 |
| A318 - Airbus A318 | 5,79 | 107 |
| EMB 810 (Seneca) | 5,09 | 7 |
| Total (%) = | 79,78 | |
| | Média | 129 |

Fonte: Adaptado de Melo (2014)

Utilizando os dados de configuração máxima de capacidade de passageiros, dos respectivos fabricantes de aeronaves, apresentados na Tabela 5, foi possível calcular, o que aqui foi chamado, a aeronave média do estudo de Melo (2014), doravante AM-2014.

O resultado de média obtido dos valores da Tabela 5 foi de 129 passageiros. Ou seja, esse é o valor da capacidade máxima da aeronave AM-2014.

3.2.2 Mix de aeronaves do ano de 2016

Para que seja feito o procedimento de aeronave média para o ano de 2016, faz-se necessário compatibilizar os dados de frequência de operação advindos de INFRAERO (2017). É possível observar ainda, através de INFRAERO (2017), que foram operados no ano de 2016 mais de 200 tipos diferentes de aeronaves. Entretanto, torna-se inviável utilizar essa volumosa quantidade de aeronaves.

Devido a essa inviabilidade, adotou-se o mesmo procedimento feito por Melo (2014), que não considerou todas os equipamentos que apresentaram valores de frequência menores que 2%. Esse procedimento é explicado devido ao fato de que tais aeronaves não exercem influência significativa na composição do *mix*. As aeronaves que possuem tais características, bem como suas respectivas frequências de operações estão dispostas na Tabela 6.

Tabela 6 – Mix de Aeronaves do Aeroporto Internacional de Fortaleza (ano de 2016)

| Mix de Aeronaves | | | |
|-------------------------|-----------------|-----------------------------------|---|
| Aeronave | Modelo | Frequência de Operação (%) | Capacidade Máxima de Passageiros |
| A320 | A320-214 | 15,05 | 150 |
| B738 | 737-8EH | 20,63 | 189 |
| E195 | ERJ 190-200 IGW | 7,87 | 116 |
| A321 | A321-231 | 16,16 | 185 |
| A318 | A318-122 | 3,25 | 150 |
| AT72 | ATR-72-212A | 4,25 | 107 |
| A320 | A320-232 | 2,55 | 66 |
| Total (%) = | | 69,76 | 963 |

Fonte: Adaptado de INFRAERO (2017)

Utilizando os dados de configuração máxima de capacidade de passageiros, dos respectivos fabricantes de aeronaves, apresentados na Tabela 6, foi possível calcular, o que

aqui foi chamado, a aeronave média do *mix* do ano de 2016, doravante AM-2016.

O resultado de média obtido dos valores da Tabela 6 foi de 138 passageiros. Ou seja, esse é o valor da capacidade máxima da aeronave AM-2016. Isto significa que, em média, o *mix* de aeronaves de 2016 representa o *mix* de Melo (2014) com uma diferença de 7%.

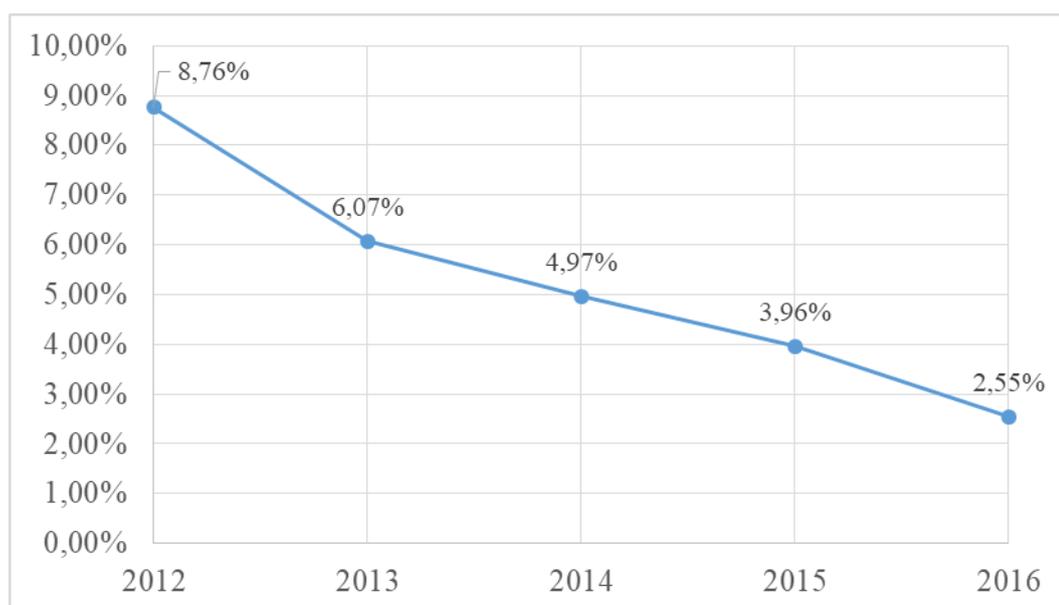
3.2.3 *Mix-padrão de aeronaves para estudo*

Um modelo de *mix* de aeronaves é proposto para este estudo nesta seção. Primeiramente, verificou-se as diferenças de frequências de movimentação dos últimos 2 anos. Logo em seguida, as diferenças dos últimos 5 anos. E, por fim, dos últimos 10 anos.

Percebeu-se que, como já mencionado anteriormente, a diferença dos *mixes* dos dois últimos anos não foi tão significativa. Entretanto, se for feita uma análise dos últimos 5 anos, o *mix* de aeronaves do Aeroporto Internacional de Fortaleza apresenta mudanças pontuais.

A exemplo disso pode-se citar a aeronave A320-232, que em 2012 tinha 8,76% de participação na frequência de movimentação e em 2016, apresentou 2,55%. Ou seja, uma diferença de 71% (INFRAERO, 2017). A evolução de frequência de movimentação dessa aeronave, pode ser visualizada na Gráfico 1.

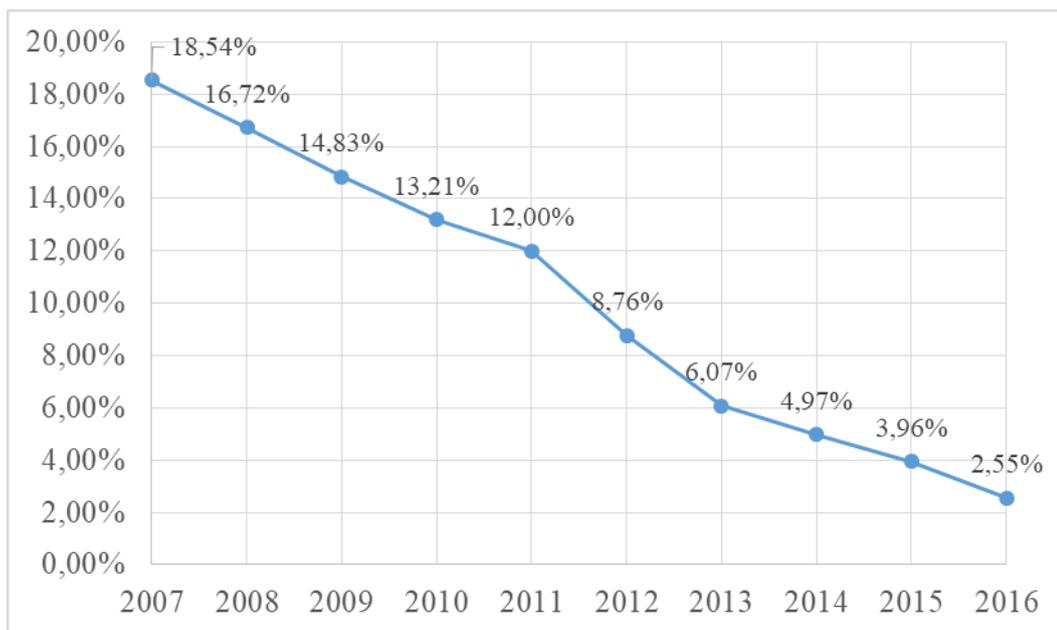
Gráfico 1 – Evolução da Frequência de Movimentação do A320-232 entre 2012 e 2016



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Entretanto, se a análise for feita utilizando uma amplitude de 10 anos, as mudanças passam a ser bem mais significativas. A exemplo disso pode-se citar a mesma aeronave A320-232, que estava com 18,54% de participação dos movimentos no ano de 2007. Já em 2016, ela estava apenas com 2,55% de participação. Portanto, houve uma queda de 86,25%, como pode ser visto no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Evolução da Frequência de Movimentação do A320-232 entre 2007 e 2016

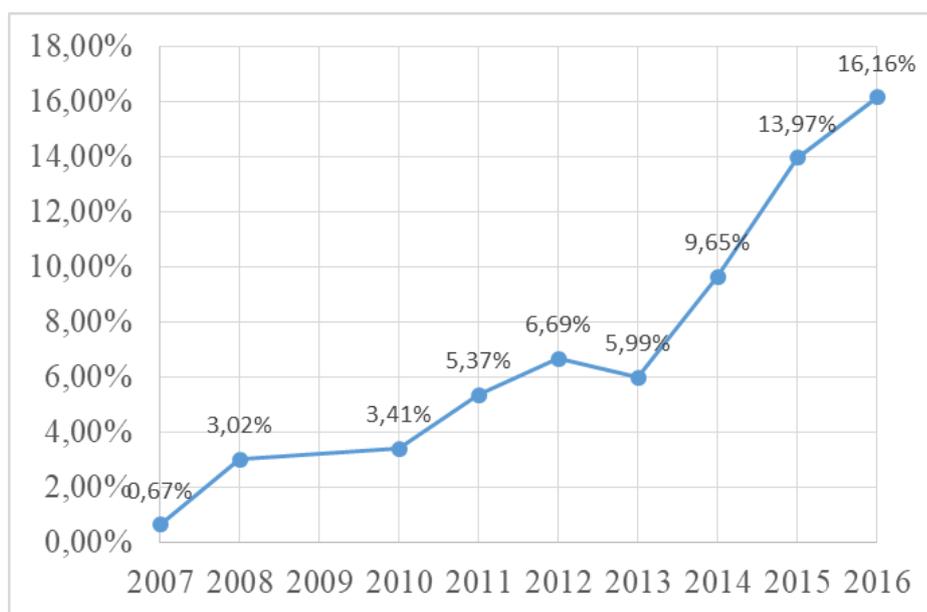


Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Outro exemplo é a aeronave A321-231 que, em 2007, tinha 0,67% de participação e, em 2016, teve 16,16%. Ou seja, um acréscimo de 2.311,84%. O Gráfico 3 apresenta a evolução da frequência de participação dessa aeronave.

Chega-se à conclusão de que, se fosse feita, uma média das porcentagens de participações por equipamento entre todos os 10 anos, esses valores não iriam representar bem o *mix* do aeroporto estudado. Se for feita, entretanto, essa mesma média, utilizando os percentuais dos últimos 5 anos, os valores tendem a representar de forma mais adequada e aproximada os valores das frequências de movimentação do *mix* de aeronaves do ano de 2016.

Gráfico 3 – Evolução da Frequência de Movimentação do A321-231 entre 2007 e 2016

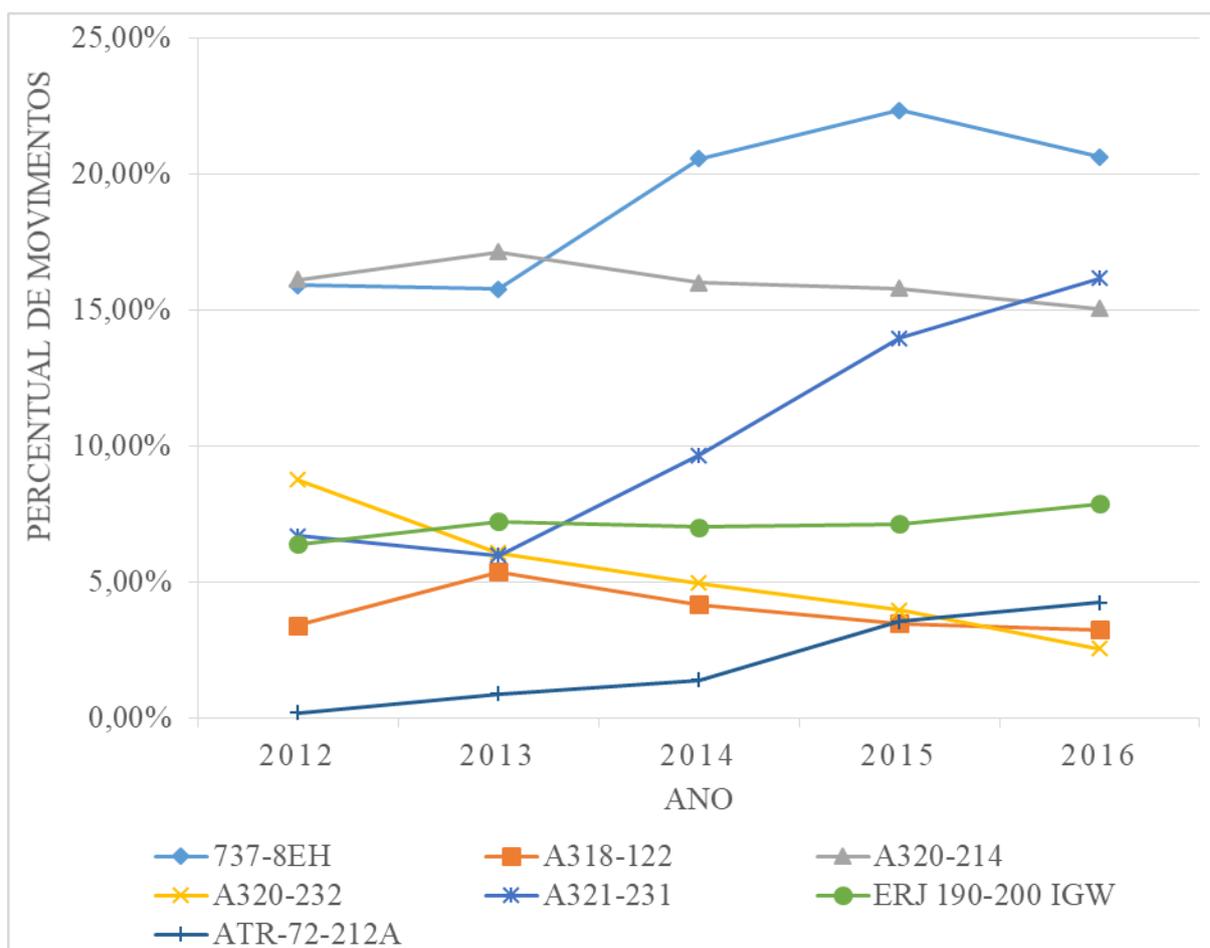


Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Esta conclusão resultou no que, aqui, decidiu-se definir como *mix*-padrão. A proposta é criar um *mix*, que contenha apenas uma pequena quantidade de aeronaves, mas que representem de maneira adequada a totalidade de movimentos de aeronaves no período de 5 anos. Isso se dará através de, basicamente, dois passos: o primeiro passo é estabelecer quais aeronaves não serão consideradas para o cálculo do *mix*-padrão. Optou-se neste estudo por não considerar as aeronaves que não alcançaram o percentual de 2% (MELO, 2014).

O segundo passo consiste em escolher as 7 aeronaves que não apresentaram diferenças significativas entre os percentuais de frequência de operação dos últimos 5 anos. Estas aeronaves serão denominadas aqui de aeronaves-representativas (doravante AR) e possuem em comum o fato de que, somados os seus percentuais de movimentação, ultrapassam os 50% do total de movimentação de todo o período de um ano. Possuem em comum ainda o fato de que caminham para uma estabilização, como pode ser visto no Gráfico 4. Este gráfico também mostra a variação da frequência de operação, isto é, a participação de cada uma dessas 7 aeronaves-representativas escolhidas para o *mix*-padrão.

Gráfico 4 – Evolução de Participação das Aeronaves-Representativas



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Os valores das frequências de operações, entre os anos de 2012 e 2016, das 7 AR's escolhidas, estão dispostas na Tabela 7.

Tabela 7 – Frequências de Operação das 7 AR's escolhidas para o Mix-Padrão

| Aeronave-Representativa | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| AR 01 737-8EH | 15,9 | 15,77 | 20,56 | 22,33 | 20,63 |
| AR 02 A318-122 | 3,41 | 5,37 | 4,18 | 3,49 | 3,25 |
| AR 03 A320-214 | 16,1 | 17,13 | 15,99 | 15,78 | 15,05 |
| AR 04 A320-232 | 8,76 | 6,07 | 4,97 | 3,96 | 2,55 |
| AR 05 A321-231 | 6,69 | 5,99 | 9,65 | 13,97 | 16,16 |
| AR 06 ERJ 190-200 IGW | 6,4 | 7,23 | 7,01 | 7,13 | 7,87 |
| AR 07 ATR-72-212A | 0,21 | 0,89 | 1,4 | 3,55 | 4,25 |
| Total | 57,47 | 58,45 | 63,76 | 70,21 | 69,76 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

3.2.4 Aeronave-padrão

A aeronave-padrão (doravante AP-2017) será utilizada como parâmetro para previsão de demanda de passageiros para os dois períodos mencionados em ANAC (2016). Utilizar-se-á seu valor de capacidade máxima de passageiros para o cálculo de demanda. Esse valor de capacidade será calculado através de dois procedimentos.

O primeiro passo consiste em assumir que esse número reduzido de aeronaves do *mix*-padrão transporte 100% dos passageiros no ano em questão. Este procedimento é feito considerando a soma dos percentuais de movimentação como a nova totalidade de movimentação para cada ano.

Uma maneira de ilustrar como isso ocorrerá, é tomar como exemplo o *mix* do ano de 2016, tendo sido consideradas apenas as 7 aeronaves-representativas, e os percentuais de movimentação dessas respectivas aeronaves. A Tabela 8 mostra as AR's com seus respectivos percentuais de participação, bem como seus percentuais ponderados, apenas do ano 2016.

O valor de 69,76% da Tabela 8, significa que apenas 7 AR's transportaram todo esse percentual de movimentos. Isso é um número bastante expressivo, já que o ano de 2016 passaram pelo aeroporto em questão 220 tipos de aeronaves distintas (INFRAERO, 2017).

O novo percentual 29,57% da AR 01 é obtido através da divisão do valor 20,63% por 69,76%. O novo percentual 4,66% da AR 02 é obtido através da divisão 3,25% por 69,76%. Esse procedimento é repetido para todas as 7 AR's dentro de cada ano, considerando 5 anos ao total.

Tabela 8 – Novo Percentual de Frequência de Movimentação para Mix de 2016

| Mix-Padrão | | | 2016 | |
|------------|------|-----------------|--------------|------------------------|
| | | | INFRAERO | Percentuais Ponderados |
| AR 01 | B738 | 737-8EH | 20,63 | 29,57% |
| AR 02 | A318 | A318-122 | 3,25 | 4,66% |
| AR 03 | A320 | A320-214 | 15,05 | 21,57% |
| AR 04 | A320 | A320-232 | 2,55 | 3,66% |
| AR 05 | A321 | A321-231 | 16,16 | 23,17% |
| AR 06 | E195 | ERJ 190-200 IGW | 7,87 | 11,28% |
| AR 07 | AT72 | ATR-72-212A | 4,25 | 6,09% |
| | | | 69,76 | 100,00% |

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Os novos percentuais de frequência de operação das 7 AR's, para cada ano, estão

dispostos na Tabela 9.

Tabela 9 – Novos Percentuais de Frequência de Movimentação das 7 AR's entre 2012 e 2016

| Mix-Padrão de Aeronaves | | | | | |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| AR | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| AR 01 | 27,67% | 26,98% | 32,25% | 31,80% | 29,57% |
| AR 02 | 5,93% | 9,19% | 6,56% | 4,97% | 4,66% |
| AR 03 | 28,01% | 29,31% | 25,08% | 22,48% | 21,57% |
| AR 04 | 15,24% | 10,38% | 7,79% | 5,64% | 3,66% |
| AR 05 | 11,64% | 10,25% | 15,13% | 19,90% | 23,17% |
| AR 06 | 11,14% | 12,37% | 10,99% | 10,16% | 11,28% |
| AR 07 | 0,37% | 1,52% | 2,20% | 5,06% | 6,09% |
| Total | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

O segundo passo consiste em calcular a média de frequência de operação de cada aeronave utilizando os dados da Tabela 9. O resultado obtido das médias de frequência de operação para cada equipamento está disposto na Tabela 10.

Tabela 10 – Frequência de Movimentação do Mix-Padrão e Capacidades Máximas Ponderadas das AR's

| Mix-Padrão | | | | |
|-------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| AR | Modelo | Capacidade Máxima | Frequência de Operação (%) | Capacidade Máxima Ponderada |
| AR 01 | 737-8EH | 189 | 29,65% | 56,05 |
| AR 02 | A318-122 | 107 | 6,26% | 6,70 |
| AR 03 | A320-214 | 150 | 25,29% | 37,93 |
| AR 04 | A320-232 | 150 | 8,54% | 12,82 |
| AR 05 | A321-231 | 185 | 16,02% | 29,63 |
| AR 06 | ERJ 190-200 IGW | 116 | 11,19% | 12,98 |
| AR 07 | ATR-72-212A | 66 | 3,05% | 2,01 |
| | | | 100,00% | 158,12 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Por fim, multiplicar-se-á os percentuais de frequência de movimentação das aeronaves da Tabela 10 pelos valores de capacidade máxima obtidos junto aos respectivos fabricantes. O somatório desses resultados é a média ponderada das capacidades máximas das 7 AR's do *mix* em questão. Esse valor será a capacidade máxima de passageiros da aeronave-padrão (AP-2017) que pode também ser visualizado na Tabela 10. O valor adotado para

capacidade da máxima da aeronave AP-2017, será 159 passageiros.

3.3 Estudo do Plano de Exploração Aeroportuária (PEA)

De acordo com o Plano de Exploração Aeroportuária (ANAC, 2016), devem haver melhorias na infraestrutura aeroportuária no objeto da concessão. O documento delimita fases para cada melhoria a ser concluída. Para a Fase A do Contrato, com prazo máximo de duração de 26 (vinte e seis) meses a partir de Janeiro de 2017, a Concessionária deverá realizar os investimentos necessários para melhorar os sistemas permanentes de modo que possibilitem a prestação de serviço adequado aos usuários. Entretanto, como o objetivo deste estudo é analisar o processamento de passageiros, se fará menção apenas às alterações concernentes a este item.

As alterações são: ampliar a capacidade de processamento de passageiros e bagagens no Aeroporto, incluindo Terminal de Passageiros, estacionamento de veículos e vias terrestres associadas, com área e equipamentos equivalentes aos adequados para processar, simultaneamente no Aeroporto, em hora pico, o número de passageiros conforme Tabela 11.

Tabela 11 – Capacidade de Processamento de Passageiros e Bagagens na Hora Pico para a Fase A (24 meses) do Contrato de Concessão do Aeroporto Internacional de Fortaleza

| Doméstico | | Internacional | | Total |
|------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------|
| Embarque | Desembarque | Embarque | Desembarque | |
| 1300 | 1380 | 340 | 340 | 3360 |

Fonte: Adaptado de PEA (2016)

Para efeitos desse trabalho, utilizar-se-á a soma dos valores de capacidade de embarque e desembarque, tanto para voo doméstico quanto internacional. Ou seja, 3360 será a capacidade de processamento de passageiros e bagagens na hora-pico a ser realizada. Isso se deve ao fato de que os dados de movimentação por aeronave, não fazem distinção entre voos domésticos e internacionais. Outra razão disso é que os valores de embarque e desembarque se aproximam de cinquenta por cento (50%) cada um e como já descrito nesse trabalho, essa é uma consideração que a própria agência reguladora faz (ANAC, 2016), portanto, uma consideração plausível.

Já para a Fase B do Contrato, no prazo máximo de 24 meses, contados após o término da Fase A, a Concessionária deverá realizar os investimentos necessários para o

atendimento da demanda prevista, com o nível de serviço estabelecido pelos Parâmetros Mínimos de Dimensionamento, para todas as instalações do Aeroporto. Destaca-se aqui, entretanto, somente os que se referem a processamento de passageiros.

As alterações são: ampliar a capacidade de processamento de passageiros e bagagens no aeroporto, incluindo terminal de passageiros organizado em dois ou mais níveis operacionais, estacionamento de veículos e vias terrestres associadas, com área e equipamentos equivalentes aos adequados para processar, simultaneamente no aeroporto, em hora-pico, o número de passageiros conforme Tabela 12.

Tabela 12 – Capacidade de Processamento de Passageiros e Bagagens na Hora-Pico para a Fase B (50 meses) do Contrato de Concessão do Aeroporto Internacional de Fortaleza

| Doméstico | | Internacional | | Total |
|-----------|-------------|---------------|-------------|-------|
| Embarque | Desembarque | Embarque | Desembarque | |
| 1580 | 1680 | 410 | 420 | 4090 |

Fonte: Adaptado de PEA (2016)

O valor de capacidade na hora-pico a ser considerado neste estudo para Fase B, calculado da mesma forma que para a Fase A, será de 4.090 passageiros. É apresentado na Tabela 13 os valores que serão utilizados como parâmetros para este estudo.

Tabela 13 – Capacidade de Processamento de Passageiros e Bagagens na Hora-Pico para Fase A e B da Contrato de Concessão do Aeroporto Internacional de Fortaleza

| Fase | Capacidade Total de Processamento (embarques e desembarques domésticos e internacionais) |
|------|--|
| A | 3360 |
| B | 4090 |

Fonte: adaptado de ANAC (2016)

A partir desses dois valores de capacidade serão feitas quatro análises. Essas análises, descritas a seguir, levaram em consideração o número máximo de movimentos de aeronaves que o aeroporto conseguiria atender, segundo a Tabela 6, bem como as capacidades de processamento do aeroporto, segundo ANAC (2016), especificados na Tabela 11 e na Tabela 12, que podem ser resumidamente encontrados, para efeitos desse estudo, na Tabela 13.

Portanto, a partir da divisão da capacidade total de processamento de cada fase

pela capacidade máxima de cada aeronave a ser estudada (AM-2014, AM-2016 e AP-2017), obteve-se um número, que servirá como parâmetro de análise de cada aeronave.

A primeira análise será através do resultado do cálculo do número máximo de movimento de aeronaves, considerando a aeronave-padrão AP-2017. Ou seja, se dará através da divisão de cada capacidade total de processamento por 159. Esse valor será o número máximo de movimentos de aeronaves que o aeroporto em questão poderá operar na hora-pico.

Em seguida, através do cálculo do número máximo de movimentos de aeronaves, considerando a aeronave-média (AM-2014), obtida a partir do *mix* estudado por Melo (2014). A divisão neste caso será por 129. Após isso, através do cálculo do número máximo de movimentos de aeronaves, considerando a aeronave-média (AM-2016), obtida a partir do *mix* do ano de 2016. Aqui, o valor do denominador é 138.

Propõe-se ainda, a partir do *mix* aeronaves do estudo de Melo (2014), a análise de duas Situações Extremas de Demanda (SED), aquela que gera uma demanda máxima teórica de utilização de pátio, pista e terminal de passageiros, ou seja, sem quaisquer restrições operacionais. Na seção 3.4.9 encontra-se a explanação detalhada de como esta análise se dará.

O estudo sobre mudanças configuração de saída de pista de pouso e decolagem será detalhado na seção a seguir. Já os resultados das análises podem ser encontrados na seção 3.5.

3.4 Análise do estudo de Melo (2014)

Melo (2014) propôs 8 possibilidades de modificação de alguns elementos da configuração geométrica de saídas de pista no Aeroporto Internacional de Fortaleza. Suas alterações visavam diminuir o tempo em que uma aeronave precisa para concluir seu processo de pouso e tão logo sair da pista de pouso e decolagem. Ou seja diminuir o tempo de ocupação de pista de pouso (TOPP). Entretanto, o resultado final é o TOPP ponderado, que nada mais é que uma correção, ou média para ajustar o valor de TOPP para condições de utilização de pista – pista seca e pista molhada.

Melo (2014) identificou os fatores decisivos na escolha das *taxiways* como saídas de pistas, na configuração geométrica atual neste aeroporto, bem como os principais elementos dessa configuração que diminuem a eficiência da movimentação de aeronaves nas operações de pouso. Cada melhoria proposta gerou um novo cenário, totalizando 8 cenários, os quais foram analisados, através de *software* chamado REDIM, sob critérios de eficiência na liberação da pista de pouso e decolagem, nas operações de pouso.

O REDIM (*Runway Exit Design Interactive Model*) é um *software* que foi desenvolvido pelo Centro de Pesquisas em Transportes da Virginia Tech University em 1995, cuja finalidade é determinar a localização ótima e o projeto geométrico ideal para saídas de pista de pouso e decolagem em aeroportos em situações reais, isto é, com múltiplas aeronaves e condições atmosféricas variadas.

É importante ressaltar que, para todos os cenários simulados no estudo, através do REDIM, o autor utilizou:

- a) o *mix* de aeronaves apresentado na Tabela 5;
- b) os dados geométricos e atmosféricos apresentados na seção 3.1 deste capítulo;
- c) o módulo de “Avaliação de uma Pista de Pouso e Decolagem Existente” do REDIM;
- d) apenas o sentido de pouso da cabeceira 13 para a 31;
- e) a *taxiway* A como sendo a única *taxiway* paralela à pista de pouso e decolagem;
- f) o Tipo 45° para a definição do tipo da *taxiway* C;
- g) o Tipo 90° para a definição do tipo da *taxiway* D.

Segundo Melo (2014), o item ‘d’ se justifica pelo fato de que, segundo Oliveira (2009), o sentido da cabeceira 13 para a 31 da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Pinto Martins é utilizado em cerca de 97% das operações realizadas neste aeroporto. E o item ‘e’ foi adotado por uma questão de limitação do REDIM, que analisa as saídas das aeronaves de uma pista de pouso e decolagem para apenas uma *taxiway* paralela, o que levou à necessidade de escolher entre as *taxiways* A e J para realizar as simulações. O autor optou, portanto, pela *taxiway* A, por esta ser a limitante das duas opções, uma vez que sua distância à pista de pouso e decolagem é menor do que a distância da *taxiway* J à pista de pouso e decolagem.

Já os itens ‘f’ e ‘g’ foram assim considerados por Melo (2014), por serem os tipos pré-definidos existentes na biblioteca do REDIM que mais se assemelham à forma real das *taxiways* C e D. Na realidade, o ângulo da *taxiway* C é de aproximadamente 55°, e o da *taxiway* D, de 135°. Pelo fato de esses tipos não constarem entre os tipos de saída de pista pré-definidos do REDIM, seria preciso informar ao *software* os valores dos raios e comprimentos das curvas de saída reais destas duas *taxiways*, dados constantes no projeto geométrico detalhado das pistas do Aeroporto Internacional Pinto Martins. Pela impossibilidade de acesso a este documento na ocasião deste estudo, ele optou por considerar os tipos 45° e 90°, do REDIM, para as *taxiways* C e D, respectivamente.

Melo (2014) ressaltou, entretanto, que a consideração da *taxiway* C por uma saída

rápida de 45° leva a tempos de ocupação de pista no pouso menores do que os reais, embora esta diferença, que já se espera ser pequena, devido à pequena diferença entre os ângulos aproximado e real, deva provocar variações ainda menores nos resultados de tempo de ocupação de pouso (TOPP) ponderado, devido à baixa frequência de utilização desta *taxiway* pelas aeronaves do *mix* considerado.

E no caso da *taxiway* D, apesar de a manobra de giro das aeronaves, ao saírem da pista de pouso pela *taxiway* D, diferir bastante entre as situações aproximada e real, Melo (2014) manteve a mesma dificuldade em realizá-la na simulação, na situação aproximada, ao estabelecer para esta *taxiway* uma velocidade de saída de 1 m/s, próxima da velocidade de saída desta *taxiway* na situação real.

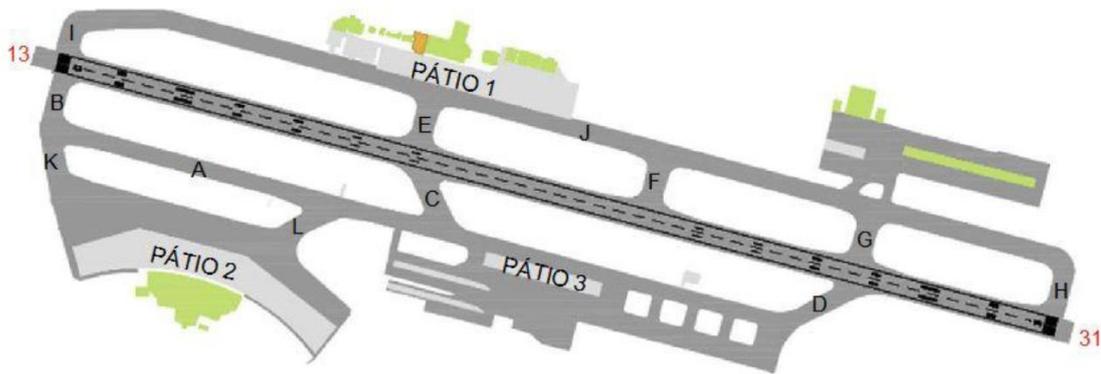
Esclarecidas as etapas preliminares, as seções a seguir detalham os cenários analisados, de 1 a 8.

3.4.1 Cenário 1 – Utilização somente das *taxiways* C e D

O autor resolveu não fazer a simulação apenas desse cenário. O motivo disso é que já são conhecidos os tempos de ocupação de pista no pouso na configuração atual. Como dito anteriormente, a configuração existente, considerando sua forma de utilização atual, foi chamada, para os fins deste estudo, de Cenário 1, o qual é mostrado na Figura 11. Nele, são utilizadas apenas as *taxiways* C e D como saídas de pista pelas aeronaves do *mix* considerado neste estudo.

O TOPP das aeronaves que saem da pista de pouso e decolagem pela *taxiway* D é, em média, 72s. Embora não tenha sido possível obter dados do TOPP das aeronaves que saem pela *taxiway* C, sabe-se que a frequência de utilização desta *taxiway* é muito pequena, comparada à frequência de utilização da *taxiway* D. Por esse motivo, o valor de 72s foi adotado, no estudo dele, para o TOPP ponderado.

Figura 11 – Cenário 1



Fonte: Melo (2014)

3.4.2 Cenário 2 – Utilização da configuração existente visando à liberação mais rápida possível da pista de pouso e decolagem

Neste cenário, o autor procurou verificar qual seria a forma de utilização das saídas de pista na configuração atual que levariam à mais rápida liberação da pista de pouso e decolagem. Sua configuração é, portanto, a mesma da existente, como mostra a Figura 11. Apenas deve ser modificada a sua forma de utilizar as saídas de pista, a qual foi determinada através das simulações com o REDIM.

O TOPP ponderado seria de 63s, 9s inferior ao TOPP ponderado de 72s do cenário 1, o que representaria uma redução de aproximadamente 12%. Apesar disso, 93.6% dos procedimentos de pouso utilizariam saídas em direção à *taxiway* J e somente 6.4% em direção à *taxiway* A.

Esta proporção é desfavorável às operações de taxiamento, pois além de o trajeto percorrido pelas *taxiways* J, I e B até o pátio 2 ser maior do que o caminho pela *taxiway* A, haveria a necessidade de cruzar a pista de pouso e decolagem pela cabeceira 13, o que poderia demandar um tempo ainda maior, sobretudo em horários de picos, quando ocorre uma maior demanda de operações, haja vista a prioridade dada a essas operações.

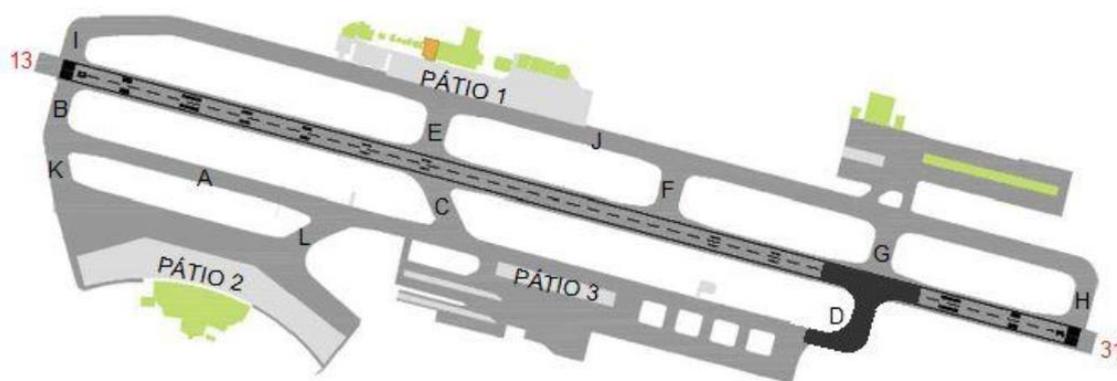
3.4.3 Cenário 3 – Modificação do ângulo da taxiway D de 135° para 90°

O Cenário 3, mostrado na Figura 12, é o primeiro a incluir uma modificação nas *taxiways*. Nele, propõe-se a modificação da *taxiway* D (destacada com uma cor cinza escura),

tornando-a uma saída de pista a 90°, semelhante às *taxiways* E, F, G e H.

Em consequência dessa modificação, as aeronaves que utilizassem a *taxiway* D para sair da pista de pouso e decolagem teriam menos dificuldade para executar a manobra de giro na curva de saída, em comparação com a configuração atual. Seriam permitidas, ao invés de apenas velocidades de saída próximas de zero, velocidades de saída de 6m/s.

Figura 12 – Cenário 3



Fonte: Melo (2014)

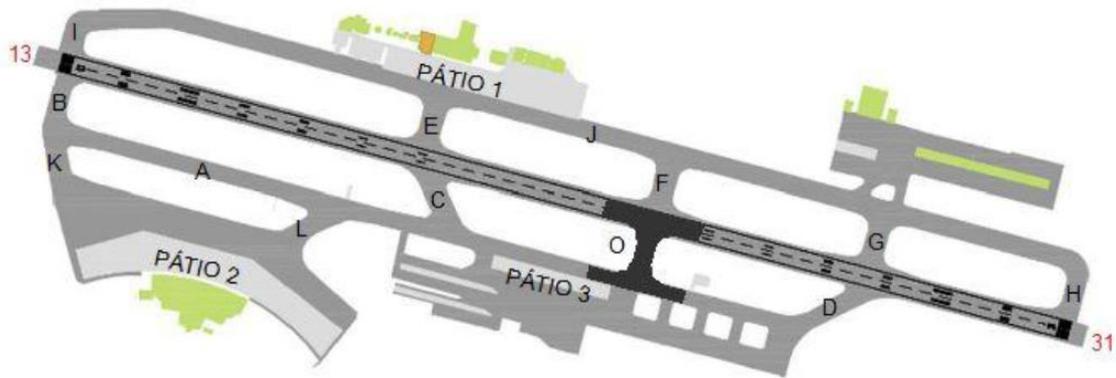
Os TOPP seriam os mesmos do cenário 2, gerando o mesmo TOPP ponderado de 63s. Apesar de não haver redução de TOPP em relação ao cenário 2, a porcentagem de pousos com saída em direção à *taxiway* A aumentaria de 6.4% para 77.2%, o que é bastante favorável às operações de taxiamento, pelos motivos explicados anteriormente.

3.4.4 Cenário 4 – Construção de uma nova taxiway entre as taxiways C e D, perpendicular à pista de pouso e decolagem

No Cenário 4, propõe-se a construção de uma nova *taxiway* entre as *taxiways* C e D, denominada neste estudo pela letra “O”. Essa nova *taxiway* estaria localizada a 1.500m da cabeceira 13, alinhada à *taxiway* F, e possuiria 90° em relação à pista de pouso e decolagem, como mostra a Figura 13.

Esta modificação permitiria não só a saída das aeronaves da pista de pouso e decolagem em direção à *taxiway* A, por um trajeto mais curto do que pela *taxiway* D, como também a ligação entre as *taxiways* J e A, em linha reta, pela *taxiway* F.

Figura 13 – Cenário 4



Fonte: Melo (2014)

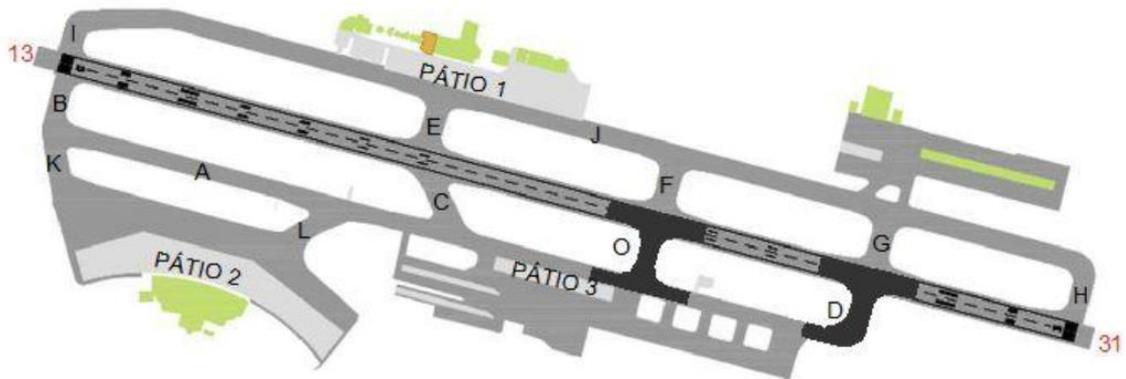
De maneira semelhante às *taxiways* E, F, G e H, a velocidade de saída pela nova *taxiway* O seria de 6m/s.

O TOPP ponderado continuaria 63s, com redução dos mesmos 9s em relação ao cenário 1, e a porcentagem de pousos com saída em direção à *taxiway* A seria de 29.2%, 48.0% a menos do que no cenário 3. Tal fato deve-se à utilização da *taxiway* G em substituição à *taxiway* D, uma vez que do cenário 3 para o cenário 4 retorna-se à configuração da *taxiway* D de 135°, a qual seria evitada pelo elevado tempo necessário para realizar a manobra de giro na saída da pista de pouso e decolagem.

3.4.5 Cenário 5 – Construção de uma nova taxiway entre as taxiways C e D, perpendicular à pista de pouso e decolagem, e modificação do ângulo da taxiway D de 135° para 90°

Melo (2014) propôs o Cenário 5 combinando as duas modificações propostas nos Cenários 3 e 4, ou seja, seria corrigido o ângulo da *taxiway* D de 135° para 90° e construída uma nova *taxiway* O entre as *taxiways* C e D, perpendicular à pista de pouso e decolagem e a 1.500m da cabeceira 13, como mostra a Figura 14.

Figura 14 – Cenário 5



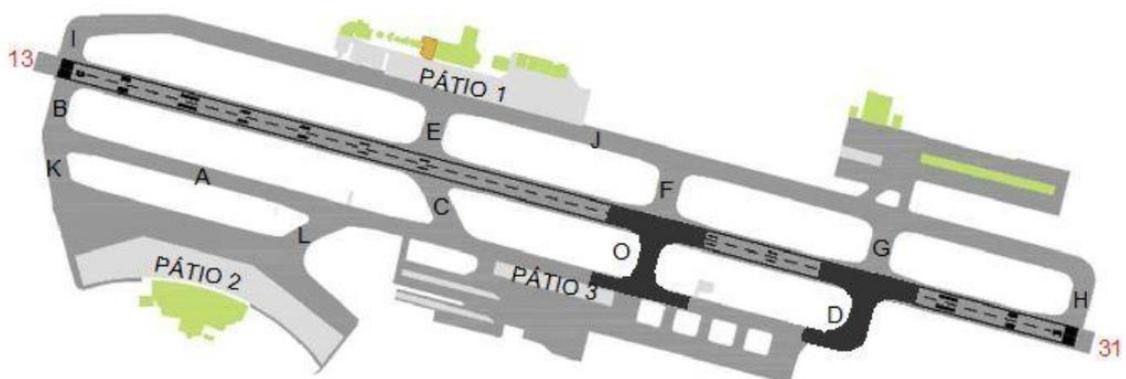
Fonte: Melo (2014)

O TOPP ponderado ainda continuaria 63s, com redução de 9s em relação ao cenário 1. A porcentagem de pousos com saída em direção à *taxiway* A, por sua vez, aumentaria significativamente em relação aos cenários 2, 3 e 4, chegando a 99.8%, valor extremamente favorável às operações de taxiamento.

3.4.6 Cenário 6 – Construção de uma saída rápida entre as *taxiways* C e D

No Cenário 6, Melo (2014) propôs a construção de uma saída rápida entre as *taxiways* C e D, a 1.500m da cabeceira 13, com ângulo de 30° em relação à pista de pouso e decolagem, mantendo-se a configuração atual das demais *taxiways*. A inclusão desta nova *taxiway*, denominada neste cenário pela letra “O”, à configuração atual do Aeroporto Internacional Pinto Martins, permitiria não só a liberação mais rápida da pista de pouso e decolagem pelas aeronaves que pousam no sentido da cabeceira 13 para a 31, como também a ligação entre as *taxiways* J e A pela *taxiway* F, como mostra a Figura 15.

Figura 15 – Cenário 6



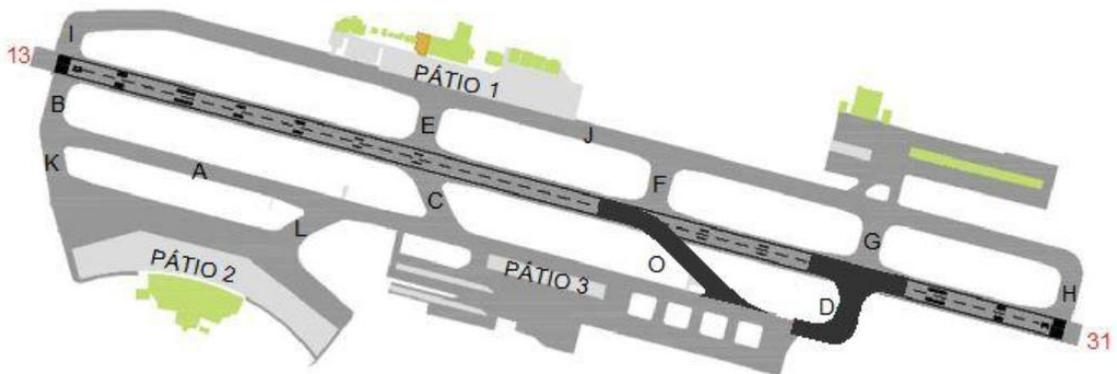
Fonte: Melo (2014)

O TOPP ponderado seria de 53s, 19s abaixo do TOPP ponderado no cenário 1 e 10s abaixo do TOPP ponderado nos cenários 2 a 5, representando reduções de 26% e 16%, respectivamente. As porcentagens de pousos saindo em direção às *taxiways* A e J seriam de 9.6% e 40.4%, respectivamente.

3.4.7 Cenário 7 – Construção de uma saída rápida entre as *taxiways* C e D, e modificação do ângulo da *taxiway* D de 135° para 90°

O Cenário 7, proposto por Melo (2014), possui a mesma modificação do Cenário 6, porém corrigindo o ângulo da *taxiway* D de 135° para 90°, como proposto no Cenário 3. Estas modificações trariam combinadas as vantagens já discutidas nos Cenários 3 e 6. O *layout* do Aeroporto Internacional Pinto Martins teria a configuração mostrada na Figura 16.

Figura 16 – Cenário 7



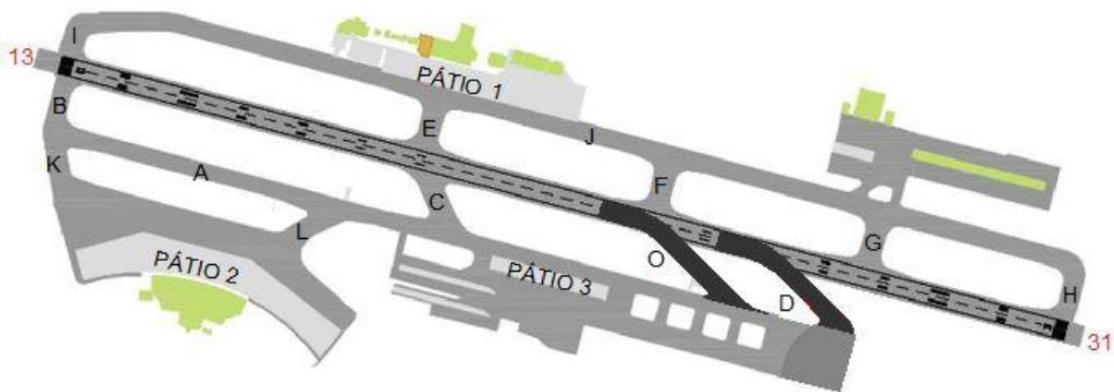
Fonte: Melo (2014)

Neste cenário, os tempos de ocupação de pista e frequências de utilização manter-se-iam iguais aos do cenário 6, obtidos pelas simulações do REDIM. Apenas a utilização da *taxiway* G seria inteiramente substituída pela *taxiway* D, por conta da maior proximidade desta última com o pátio 2. O TOPP ponderado permaneceria 53s, ou seja, 26% menor do que o cenário 1 e 16% menor que os cenários 2 a 5, respectivamente. Contudo, neste cenário, a utilização de saídas direcionadas para a *taxiway* A aumentaria significativamente para 99.8%, proporção extremamente favorável às operações de taxiamento no Aeroporto Internacional Pinto Martins.

3.4.8 Cenário 8 – Construção de duas saídas rápidas ligando a pista de pouso e decolagem à taxiway A

Neste último cenário idealizado para a configuração do Aeroporto Internacional Pinto Martins, mostrado na Figura 17, o autor propôs a construção de duas saídas rápidas ligando a pista de pouso e decolagem à *taxiway* A. A primeira seria uma nova *taxiway*, denominada neste estudo pela letra “O”, e teria 30° em relação à pista de pouso e decolagem. Estaria localizada a 1500m da cabeceira 13, permitindo não só a liberação rápida da pista de pouso e decolagem, como também a ligação entre as *taxiways* J e A pela *taxiway* F. A segunda seria uma modificação da atual *taxiway* D, que seria realocada para 1800m da cabeceira 13 e teria um ângulo de 30° em relação à pista de pouso e decolagem.

Figura 17 – Cenário 8



Fonte: Melo (2014)

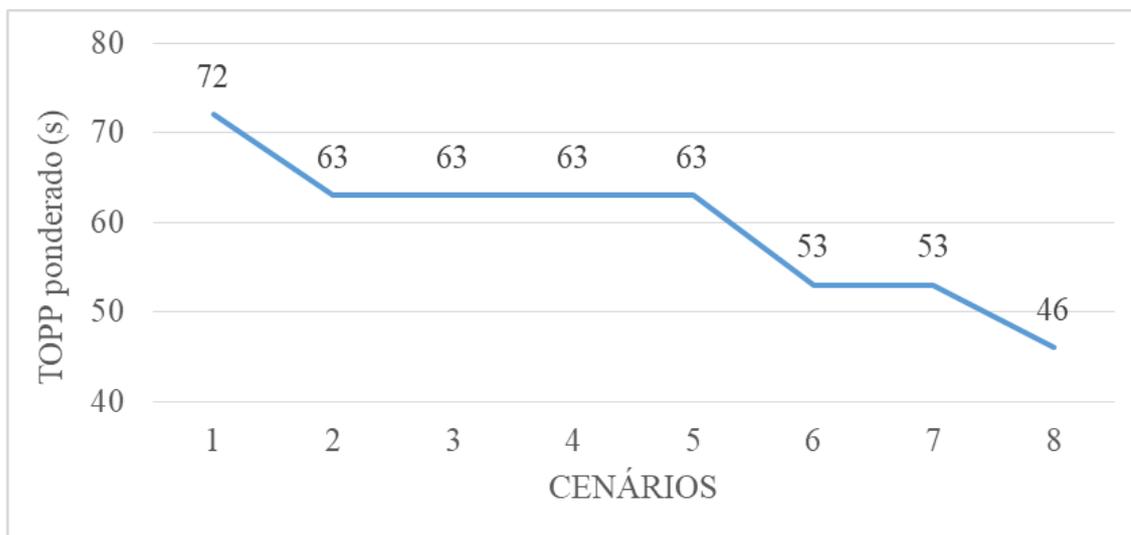
O TOPP ponderado seria de 46s, 7s a menos que os cenários 6 e 7, 17s a menos que os cenários 2 a 5 e 26s a menos que o cenário 1, representando reduções de TOPP de 13%, 27% e 36%, respectivamente. A porcentagem de saídas para a *taxiway* A seria de 99.2%, restando apenas 0.8% de saídas para a *taxiway* J, o que consiste numa proporção muito favorável ao taxiamento das aeronaves no Aeroporto Internacional Pinto Martins.

3.4.9 Resultados da Demanda Gerada a partir dos Cenários do Estudo de Melo (2014)

Esta seção visa apresentar os dados que Melo (2014) obteve no seu estudo, bem como descrever como estes resultados servirão para análise de demanda de passageiros.

Após fazer as simulações no programa REDIM, ele obteve o TOPP ponderado para os Cenários de 1 a 8. O Gráfico 5 traz esses valores de TOPP ponderado.

Gráfico 5 – TOPP ponderado nos Cenários 1 a 8



Fonte: Melo (2014)

É evidente a redução de 36% no tempo de ocupação de pista de pouso (TOPP) conforme as modificações propostas por Melo (2014), principalmente o Cenário 8, que inclui 2 saídas rápidas.

Em cada Cenário elaborado por Melo (2014), o autor propõe o cálculo de duas, ao que aqui se resolveu chamar, Situações Extrema de Demanda (doravante SED). A primeira situação (SED-I) é feita através da multiplicação da capacidade da AM-2014 pelo número máximo de movimentos para dois horizontes previstos por ANAC (2016). Daí então, de posse desse resultado, a capacidade do Terminal de Passageiros poderá ser avaliada.

A segunda situação (SED-II) é feita através do cálculo do número máximo de movimentos que cada cenário proporciona. Esse cálculo é obtido através da divisão de 3600 por cada TOPP ponderado, pois o valor obtido será o número máximo de operações que cabem dentro do espaço de uma hora. A Tabela 18, na seção 3.5, traz os resultados desse cálculo. Nesse caso, a capacidade de pista é que servirá de parâmetro para análise dos resultados.

Verificar-se-á portanto, nas duas SED, se nessas modificações propostas em cada cenário irão refletir em uma demanda que o Terminal de Passageiros possa ou não suportar.

3.5 Estudo Comparativo – Análise dos Dados e Discussão

A presente seção visa apresentar os dados obtidos da análise dos Cenários de

Melo (2014), bem como os dados oriundos da análise do Plano de Exploração Aeroportuária (ANAC, 2016).

Num primeiro momento são apresentados os dados referentes a análise do PEA (2016). Tendo sido considerado para o cálculo a aeronave AP-2017 e a capacidade declarada de cada fase do plano. Em um primeiro passo são apresentados os dados para a composição do *mix*-padrão. São eles: as aeronaves-representativas (AR) e os percentis da nova frequência de operação dessas aeronaves. Em seguida são apresentados os valores de demanda gerados pela aeronave-padrão deste estudo em cada cenário de Melo (2014), levando em consideração o TOPP.

3.5.1 Resultados da Análise do PEA (2016) segundo a Aeronave-Padrão (2017)

Para os quatro próximos primeiros anos de operação da concessionária, deve-se perceber no Terminal de Passageiros, mudanças em sua estrutura que, processem na hora pico, considerando a aeronave-padrão (AP-2017), o número máximo de movimentos conforme a Tabela 14.

Tabela 14 – Número Máximo de Movimentos segundo Aeronave-Padrão 2017

| Fase | Número Máximo de Passageiros na Hora-Pico | Capacidade da AP-2017 | Nº Máximo de Movimentos | Nº Máximo de Movimentos (ANAC, 2016) |
|--------------|--|------------------------------|--------------------------------|---|
| A (24 meses) | 3360 | 159 | 22 | 28 |
| B (50 meses) | 4090 | 159 | 26 | 32 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Os valores obtidos da Tabela 14 revelam que os números máximos de movimentos na pista de pouso e decolagem, estabelecidos por ANAC (2016) em cada fase, não foram ultrapassados. É possível perceber ainda que existe uma folga de 6 movimentos para as Fases A e B

3.5.2 Resultados do Estudo do Mix de Aeronaves do estudo de Melo (2014)

Na Tabela 15 estão dispostos os números máximos de movimentos de aeronaves para duas fases da concessão do aeroporto, tendo sido considerado o número máximo de passageiros na hora-pico e a aeronave-média do estudo de Melo (2014).

Tabela 15 – Número Máximo de Movimentos segundo Aeronave-Média (AM-2014)

| Fase | Número Máximo de Passageiros na Hora-Pico | Capacidade da AM-2014 | Nº Máximo de Movimentos | Nº Máximo de Movimentos (ANAC, 2016) |
|--------------|--|------------------------------|--------------------------------|---|
| A (24 meses) | 3360 | 129 | 26 | 28 |
| B (50 meses) | 4090 | 129 | 32 | 32 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Observando a Tabela 15 é possível perceber que a folga do número de movimentos na pista de pouso e decolagem diminui para 2 movimentos para a Fase A e que, para a Fase B esta folga não mais existe, estando ainda dentro dos valores delimitados por ANAC (2016).

3.5.3 Resultados do Estudo do Mix de Aeronaves do ano de 2016

Na Tabela 16 estão dispostos o número máximo de movimentos de aeronaves para duas fases da concessão, tendo sido considerado o número máximo de passageiros na hora-pico e a aeronave-média do *mix* de aeronaves do ano de 2016.

Tabela 16 – Número Máximo de Movimentos segundo Aeronave-Média (AM-2016)

| Fase | Número Máximo de Passageiros na Hora-Pico | Capacidade da AM-2014 | Nº Máximo de Movimentos | Nº Máximo de Movimentos (ANAC, 2016) |
|--------------|--|------------------------------|--------------------------------|---|
| A (24 meses) | 3360 | 138 | 25 | 28 |
| B (50 meses) | 4090 | 138 | 30 | 32 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

É possível perceber na Tabela 16 que os valores de movimentação das Fases A e B não ultrapassaram os valores estabelecidos por ANAC (2016). Ainda pode-se perceber que existe uma folga de 3 movimentos para a Fase A e 2 movimentos para a Fase B no número de movimentos.

3.5.4 Resultados das Situações Extremas de Demanda observados através dos Cenários de Melo (2014)

Apresenta-se aqui os resultados obtidos da análise das duas Situações Extremas de Demanda – SED-I e SED-II.

3.5.4.1 Situação Extrema de Demanda I (SED-I)

Os dados obtidos através da análise da SED-I podem ser encontrados na Tabela 17. Considerando os números máximos de movimentos para cada fase, e também levando-se em conta que a aeronave AM-2014 esteja com 100% de sua capacidade, os resultados de demanda de passageiros na hora-pico obtidos extrapolam os valores de capacidade máxima que o Terminal de Passageiros deve atender.

Tabela 17 – Resultados da Análise da Situação Extrema de Demanda na SED-I

| Período | Nº de Movimentos por Hora | Capacidade da AM-2014 | Demanda de Passageiros na Hora-Pico | Número Máximo de Movimentos |
|----------------|----------------------------------|------------------------------|--|------------------------------------|
| 2017 | 28 | 129 | 3612 | 3360 |
| 2021 | 32 | 129 | 4128 | 4090 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Na Fase A o valor de demanda é excedido em 252 passageiros. Já na Fase B o valor de demanda é excedido em 38.

3.5.4.2 Situação Extrema de Demanda II (SED-II)

Os dados obtidos através da análise da SED-II podem ser encontrados na Tabela 18. Os números máximos de operações da Tabela 18 foram obtidos através de um cálculo de uma situação hipotética de extrema movimentação de aeronaves na pista de pouso e decolagem, causando também uma extrema demanda de passageiros para ao Terminal de Passageiros. Esta situação hipotética aconteceria na hora-pico a ser analisada.

Tabela 18 – Número Máximo de Movimentação de Aeronaves devido à Alterações na Geometria de Pista do Aeroporto Internacional de Fortaleza, propostas por Melo (2014), obtidos na SED-II

| Cenários Melo (2014) | TOPP ponderado (s) | Número Máximo de Operações |
|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 72 | 50 |
| 2 | 63 | 57 |
| 3 | 63 | 57 |
| 4 | 63 | 57 |
| 5 | 63 | 57 |
| 6 | 53 | 68 |
| 7 | 53 | 68 |
| 8 | 46 | 78 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Os números máximos de operações da Tabela 18 foram obtidos através de um cálculo de uma situação hipotética de extrema movimentação de aeronaves na pista de pouso e decolagem, causando também uma extrema demanda de passageiros para ao Terminal de Passageiros. Esta situação hipotética aconteceria na hora-pico a ser analisada.

Tais valores obtidos tornam-se impraticáveis pelo fato de que no Cenário 1, que gera o menor valor de movimentação de aeronaves, o número de movimentos é 78,5% superior ao número máximo da Fase A, e 56,25% ao número da Fase B. A situação passa a ser cada vez pior, à medida em que os cenários causam uma diminuição do TOPP ponderado, gerando números cada vez maior de número de movimentações de aeronaves. Veja-se o número de movimentações gerados no Cenário 8. Este valor é 178,57% maior que o número de movimentos da Fase A e 143,75% maior que o número de movimentos da Fase B.

Dentre os 8 cenários, 4 em particular apresentam melhores características para uma implantação. Se existir uma necessidade imediata para diminuição do tempo de ocupação de pista de pouso, dentre os cenários apresentados, aqueles que apresentam simultaneamente um TOPP ponderado menor e que proporcionam um menor trajeto para o pátio de aeronaves (ou seja, aqueles cenários que proporcionam a saída da pista de pouso direto para a *taxiway*) pode-se citar os Cenários, conforme a Tabela 19.

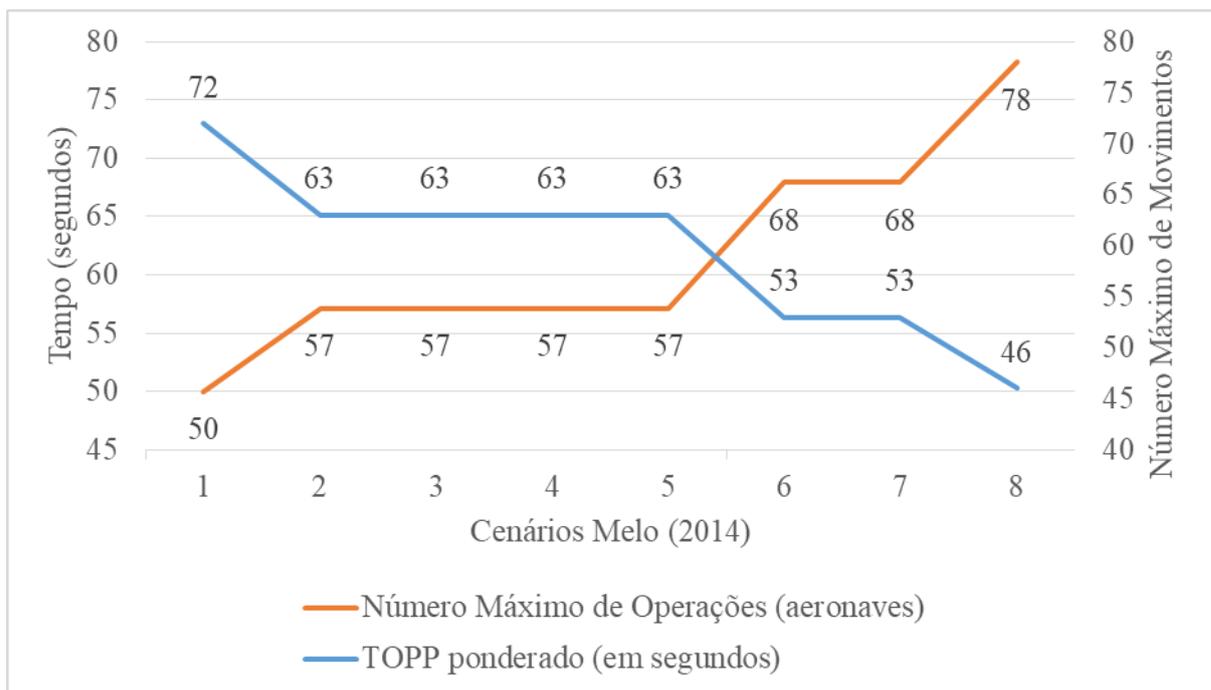
Tabela 19 – TOPP ponderado e Frequências de Saída pela Taxiway A

| Cenário | TOPP ponderado | Redução de TOPP ponderado | Frequência de Saída pela Taxiway A |
|---------|----------------|---------------------------|------------------------------------|
| 3 | 63 | 12,50% | 77,20% |
| 5 | 63 | 12,50% | 99,80% |
| 7 | 53 | 26,39% | 99,80% |
| 8 | 46 | 36,11% | 99,20% |

Fonte: adaptado de Melo (2014)

O Gráfico 6 confirma que, à medida que se diminui o TOPP ponderado, aumenta a capacidade de pista de pouso e decolagem do aeroporto de receber uma quantidade maior de aeronaves. Entretanto, isso não significa que este aeroporto seja capaz de operar nas condições citadas.

Gráfico 6 – TOPP ponderado versus Número Máximo de Operações



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Entretanto, mesmo o Cenário 1, que não apresenta nenhuma modificação na geometria de pista e é a configuração atual do aeroporto, já apresenta valores de TOPP congruentes com o número de movimentações de aeronaves que o aeroporto precisa atender nos horizontes apresentados aqui.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste quarto e último capítulo são apresentadas, inicialmente, as conclusões para o presente estudo de caso, obtidas das análises dos resultados e das informações expostas, nos capítulos anteriores, sobre o Aeroporto Internacional de Fortaleza, mais especificamente seu Terminal de Passageiros (doravante TPS). Em seguida, são apresentadas as conclusões gerais, sobre as capacidades de processamento de passageiros, advindos das operações de pouso. Por fim, são sugeridos estudos relacionados ao tema abordado nesta monografia, como forma de continuação, aprimoramento e preenchimento de lacunas que foram deixadas quando da realização da mesma.

4.1 Conclusões

Ao cruzar a análise de capacidade do aeroporto com a previsão de demanda, foi possível identificar que, nos próximos 4 anos de operação da concessionária, haverá situações que devem ser evitadas. Essas situações são causadas pela alta utilização da pista de pouso e decolagens. A nova gestora do aeroporto deverá investir em infraestrutura necessária e alterações pertinentes no Terminal de Passageiros visando atender, dentro dos níveis de serviço recomendados, a demanda de passageiros prevista.

Percebeu-se que a maior dificuldade que a concessionária enfrentará será de gerenciar bem o tráfego de aeronaves, com o objetivo de diminuir ao máximo a probabilidade de na hora-pico, os valores de demanda ultrapassarem a capacidade que as futuras instalações comportarão, já que as maiores dificuldades percebidas, e de maior criticidade, foram aquelas relativas à carências de infraestrutura do Terminal de Passageiros que deverá passar por uma reforma ou ampliação para comportar as demandas de utilização futuras.

Simultaneamente a este estudo, a análise da demanda do aeroporto foi realizada, considerando a previsão da demanda para os próximos anos, além de considerar diversos fatores – externos e internos – importantes para o completo entendimento das oscilações da demanda em aeroportos. Considerando somente os fatores internos, ou seja, aqueles sobre os quais administração aeroportuária tem controle, um estudo mais aprofundado foi conduzido, permitindo a identificação do fator mais crítico: infraestrutura.

Considerando as alterações previstas no Plano de Exploração Aeroportuária e sem exceder a capacidade de processamento de passageiros do Terminal de Passageiros que ele deverá ter em 4 anos, o método da aeronave-padrão, mostrou-se favorável no que se diz

respeito ao número máximo de movimentos.

O TPS do Aeroporto Internacional de Fortaleza já apresentava um gargalo de operação nos subsistemas de embarque e desembarque de passageiros no ano de 2009, como mostrou o relatório de McKinsey & Company (2010). Segundo esse relatório o *check-in*, a sala de embarque e área para restituição de bagagens estão com o percentual de operação acima de 100%, estando este último operando com um percentual de 233% de sua capacidade. Não foram realizadas grandes modificações no TPS desde a data de publicação do relatório, que resultassem num aumento de sua capacidade.

Portanto, a concessionária vencedora do leilão deve providenciar alterações na infraestrutura do TPS, visando o aumento da capacidade processamento de passageiros, haja visto que na presente situação este terminal não atende à demanda presente e por conseguinte não atenderá as demandas vindouras.

Considerando a hipótese de que o *mix* dos próximos 2 anos do Aeroporto Internacional de Fortaleza apresentará as mesmas características do *mix* estudado por Melo (2014), é possível observar que este aeroporto conseguirá atender, em uma hora-pico de utilização na pista de pouso e decolagens 26 aeronaves. Essas com um número de 129 passageiros em média, cada uma com 100% de taxa de ocupação de aeronaves.

Já na hipótese de que o *mix* dos próximos 4 anos do Aeroporto Internacional de Fortaleza apresentará as mesmas características do *mix* estudado por Melo (2014), é possível observar que este aeroporto conseguirá atender, em uma hora-pico de utilização na pista de pouso e decolagens 32 aeronaves. Essas com um número de 129 passageiros em média, cada uma com 100% de taxa de ocupação de aeronaves.

Ou seja, as capacidades de pista de pouso e decolagem não foram extrapoladas. Também significa que, mesmo nesta situação de elevada demanda de aeronaves, as capacidades de processamento de passageiros não serão extrapoladas.

Considerando a hipótese de que o *mix* dos próximos 2 anos do Aeroporto Internacional de Fortaleza apresentar as mesmas características do *mix* do ano de 2016, é possível observar que este aeroporto conseguirá atender, em uma hora-pico de utilização na pista de pouso e decolagens 25 aeronaves. Essas com um número de 138 passageiros em média, cada uma com 100% de taxa de ocupação de aeronaves.

Já na hipótese de que o *mix* dos próximos 4 anos do Aeroporto Internacional de Fortaleza apresentará as mesmas características do *mix* do ano de 2016, é possível observar que este aeroporto conseguirá atender, em uma hora-pico de utilização na pista de pouso e decolagens 30 aeronaves. Essas com um número de 138 passageiros em média, cada uma com

100% de taxa de ocupação de aeronaves.

Ou seja, as capacidades de pista de pouso e decolagem não foram extrapoladas. Também significa que, mesmo em nesta situação de elevada demanda de aeronaves, as capacidades de processamento de passageiros não serão extrapoladas.

Faz-se necessário, portanto, por parte da concessionária, gerir de forma adequada o controle de tráfego aéreo para que as situações de alta demanda de pista de pouso e decolagem sejam evitadas para as duas hipóteses apresentadas. Isto porque uma alta demanda de utilização de pista acarretará um acréscimo considerável na demanda por processamento de passageiros no Terminal existente.

As simulações de demanda através da SED-I apresentam valores que extrapolam as capacidades que o TPS deve atender nos períodos citados. Ou seja, deve-se ter atenção e cuidado ao se operar na hora-pico, a máxima quantidade de aeronaves permitida para a pista. Já que essa movimentação causará uma demanda média de passageiros, gerada a partir da aeronave média (AM-2014), que estará acima da capacidade que o TPS será capaz de processar.

Já na SED-II, através da análise de demanda de passageiros a partir dos critérios adotados, as modificações de saídas de pista de pouso e decolagem, propostas por Melo (2014), apresentam algumas vantagens. Dentre elas, pode-se elencar a possibilidade de aumentar a capacidade de movimentação de aeronaves. Há vantagens também na quantidade de cenários que Melo (2014) propôs, deixando várias possibilidades para uma futura tomada de decisão.

Entretanto, o aeroporto não tem a urgência para a decisão de escolha de qualquer um dos cenários propostos por Melo (2014), visto que hoje as capacidades de pista de pouso e decolagem são atendidas dentro dos parâmetros presente e também para o cenário de 2021.

4.2 Proposições para Estudos Futuros

Seria de muito valor a continuação do trabalho verificando não somente a demanda de ordem hora-pico, mas sim uma análise mais acurada de faixas horárias de demanda pico e após essa análise uma previsão a partir das mesmas, com o objetivo de indicar o nível atual de serviço do TPS e propor estratégias operacionais para obtenção do nível de serviço que o aeroporto deseja ofertar aos seus usuários.

Outro estudo pertinente, seria a verificação de demanda de passageiros em termos de ordem anual, assim como McKinsey & Company (2010) fez para o ano de 2009. Essa

análise é pertinente devido a nova conjuntura do transporte aéreo no Brasil e principalmente em Fortaleza, com a privatização do Aeroporto Internacional de Fortaleza, bem como sua escolha para ser o *hub* (centro de operações) de uma companhia aérea internacional.

Outros trabalhos possíveis a se desenvolver seriam analisar as capacidades de outros componentes do Aeroporto Internacional de Fortaleza, principalmente os componentes do lado ar, que não foram dimensionados neste trabalho. Uma previsão da movimentação de aeronaves e uma análise do Terminal de Carga são outras possibilidades que podem ser exploradas futuramente. E, ainda, um estudo com aplicação de simulações a eventos discretos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, C. J. P. **Uma metodologia para dimensionamento e avaliação de terminais de passageiros em aeroportos brasileiros**. Tese de Mestrado, USP. 1981.

ANAC. **Anuário Estatístico Operacional: 2016**. Agência Nacional de Aviação Civil. Ministério da Defesa. 2017.

ANAC. **Edital do Leilão Nº 01/2016 - Concessão para Ampliação, Manutenção e Exploração dos Aeroportos de Porto Alegre – Salgado Filho, de Salvador – Deputado Luís Eduardo Magalhães, de Florianópolis – Hercílio Luz e de Fortaleza – Pinto Martins**. Agência Nacional de Aviação Civil. Ministério da Defesa. 2016.

ANAC. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC nº154, Emenda nº01: Projeto de Aeródromos**. Agência Nacional de Aviação Civil. Ministério da Defesa. 2012.

AVIATION FOR ALL (2017). **Números e Símbolos nos Aeroportos**. Site Aviation for All. Disponível em: <<http://www.aviationforall.com/numeros-e-simbolos-nos-aeroportos/>>. Acesso em 07/10/2017.

BRESEGHELLO, F. N. **Estudo comparativo de métodos de previsão de demanda: uma aplicação ao caso dos aeroportos com tráfego aéreo regular administrados pelo DAESP**. Tese de Mestrado – Curso de Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2005.

DECEA. **Aeronautical Information Publication – Brasil (AIP - Brasil)**. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Comando da Aeronáutica. 2ª Ed, Rio de Janeiro, RJ. 2013.

FAA: **Advisory Circular AC nº 150/5060-5: Airport Capacity and Delay**. Federal Aviation Administration, U.S. Department of Transportation. Estados Unidos. 1983.

FEITOSA, M. V. M. **Um Modelo de Simulação para Terminais de Passageiros em Aeroportos Brasileiros**. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos, São Paulo. 2000.

FERNANDES, E. *et al.*, 2011. **Copa do Mundo de 2014: Uma análise da capacidade e demanda dos aeroportos brasileiros**. In: *IX Rio de Transportes*. 2011.

GUALDA, N. D. **Terminais de transportes: contribuição ao planejamento e ao dimensionamento operacional**. Livre Docência. EPUSP. São Paulo. 1995.

HARDING, R. **Airport Engineering**. In McGraw-Hill, Standard Handbook for Civil Engineers. 2004.

HORONJEFF, R.; MCKELVEY, F. X.; SPROULE, W. J.; YOUNG, S. **Planning and Design of Airports**. McGraw-Hill, 2010.

IATA. **Airport Development Reference Manual. 9th Ed. [s. l.], 2004. 719 p.** Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/144859875/IATA-Airport-Development-Reference-Manual-JAN-2004>>. Acesso em: 7/10/2017.

ICAO. **Aerodrome Design Manual, Part 2 - Taxiways, Aprons and Holding Bays, 2d ed.** International Civil Aviation Organization. 2005.

INFRAERO. **Movimentação por Equipamento: Entre 2007 e 2016**. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. 2017.

INFRAERO. **Anuário Estatístico Operacional**. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. Disponível em: <www.infraero.gov.br>. Acesso em: 22/08/2017.

INFRAERO. **Características do Aeroporto Internacional de Fortaleza**. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. Disponível em: <<http://www4.infraero.gov.br/aeroportos/aeroporto-internacional-de-fortaleza-pinto-martins/sobre-o-aeroporto/caracteristicas/>>. Acesso em: 20/09/2017.

INFRAERO. **Plano Diretor do Aeroporto Internacional Pinto Martins – Fortaleza/CE. PDIR – SBFZ. Revisão 2**. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. 2013.

KAZDA, A. E; CAVES, R. E. **Airport Design and Operation (2^a ed.)**. Elsevier, Amsterdam. 2007.

MCKINSEY & COMPANY. **Estudo do Setor de Transporte Aéreo do Brasil – Relatório Consolidado**. Rio de Janeiro, Brasil. 2010.

MELO, M. A. **Avaliação da Configuração Geométrica de saídas de Pista do Aeroporto Internacional Pinto Martins: Estudo de Caso**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, Ceará, Brasil. 2014.

MÜLLER, C.; GOSLING, G. D. **A Framework for Evaluating Level of Service for Airport Terminals**. Transportation Planning and Technology. 1991.

OLIVEIRA, F. H. L. **Proposição de Estratégias de Manutenção de Pavimentos Aeroportuários Baseadas na Macrot textura e no Atrito: Estudo de Caso do Aeroporto Internacional de Fortaleza**. Dissertação de mestrado. Departamento de Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE. 2009.

PEREIRA, A. C. C.; MOREIRA, C. M.; SOUZA, A. A. **Avaliação da Percepção dos Passageiros Quanto à Qualidade dos Serviços Prestados pelas Empresas Aéreas e pelo Aeroporto Internacional Tancredo Neves, em Confins/Mg**. Universidade Federal de Minas Gerais. Confins, MG, Brasil. 2011.

O POVO (2017). **Aeroporto Internacional Pinto Martins Será Leiloado Nesta Semana**. Jornal O Povo. Disponível em:
<<https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2017/03/aeroporto-internacional-pinto-martins-sera-leiloado-nesta-semana.html>>. Acesso em 09/10/2017.

PASSAGEIRO DE PRIMEIRA (2017). **Aeroporto de Munique Inaugura Novo Terminal Satélite**. Site Passageiro de Primeira. Disponível em:
<http://passageirodeprimeira.com/aeroporto-de-munique-inaugura-novo-terminal-satelite/>>. Acesso em 07/10/2017.

PORTAL DA COPA (2017). **Site do Governo Federal Brasileiro sobre a Copa do Mundo**

da FIFA de 2014™. Disponível em <<http://www.copa2014.gov.br/pt-br/galeria/aeroportoportofortalezaagosto2012>>. Acesso em 09/10/2017.

RODRIGUES, A.; CASTRO, M. **Eficiência operacional dos aeroportos brasileiros**. In: *Anais do SIMPOI*. Minas Gerais. 2012

RIZZATTI, M. S. **Análise do Dimensionamento do Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional Hercílio Luz – Florianópolis**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, Brasil. 2013.

SIMÕES, André Felipe. **O Transporte Aéreo Brasileiro no Contexto de Mudanças Climáticas Globais: Emissões de CO2 e Alternativas de Mitigação**. Tese de Doutorado - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SWAROOP, P., ZOU, B.; BALL, M. e HANSEN, M. **Do More U.S. Airports Need Slot Controls? A Welfare Based Approach to Determine Slot Levels**. *Transportation Research Part B*. 2012.

TRB. **Measuring Airport Landside Capacity**. Special Report 215. National Research Council, Transportation Research Board, Washington, D. C. 1987.