**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**
**ESCOLA DE ENGENHARIA**
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Flávio Lacerda Torres**

# AEROPORTO INTERNACIONAL SALGADO FILHO: ANÁLISE TÉCNICA DO PROJETO DE AMPLIAÇÃO DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

Porto Alegre
junho 2010

**FLÁVIO LACERDA TORRES**

# AEROPORTO INTERNACIONAL SALGADO FILHO: ANÁLISE TÉCNICA DO PROJETO DE AMPLIAÇÃO DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: João Fortini Albano**

Porto Alegre

junho 2010

**FLÁVIO LACERDA TORRES**

# AEROPORTO INTERNACIONAL SALGADO FILHO: ANÁLISE TÉCNICA DO PROJETO DE AMPLIAÇÃO DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 22 de junho de 2010

Prof. João Fortini Albano
Dr. Eng. UFRGS
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Daniel Sérgio Presta Garcia (UFRGS)**
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. João Rodrigo Guerreiro Mattos (UFRGS)**
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. João Fortini Albano (UFRGS)**
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Valmir e Liete, que nunca deixaram de me apoiar, mesmo nos momentos difíceis da vida.

# AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo a Deus por ter me conduzido até este momento com saúde e por me ofertar sempre mais do que necessito.

Agradeço ao Prof. João Fortini Albano, orientador deste trabalho pela atenção e tempo dependido na orientação deste trabalho.

A minha querida companheira Raquel, a quem espero ter sempre a meu lado, e que, com muito amor, me conforta nas horas mais difíceis.

A todos os professores que contribuíram para a elaboração deste trabalho através dos conhecimentos compartilhados ao longo desta jornada.

Ao Engenheiro Alberto Augusto Roennau Bott pela atenção e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os meus amigos, em especial aqueles que dedicam seu tempo ao Serviço de Proteção ao Voo no Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Porto Alegre.

A minha família.

É facílimo dissimular a sabedoria,
mas quase impossível ocultar a ignorância.

*Cid Cercal*

# RESUMO

TORRES, F. L. **Aeroporto Internacional Salgado Filho:** análise técnica do projeto de ampliação da pista de pouso e decolagem. 2010. 62 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Este trabalho tem como objetivo a análise técnica do atual projeto de ampliação da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Salgado Filho. Utilizando a aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro, serão determinados os limites impostos pela pista de pouso e decolagem desse Aeroporto. Tais limites serão estabelecidos a partir de manuais e normas elaboradas pelos órgãos competentes do setor aeronáutico, além da bibliografia especializada nesta área. Com as atuais características físicas da pista de pouso e decolagem, determinou-se o alcance e o peso máximo de pouso permitido para o Boeing 747-400ER Cargueiro operando a partir do Aeroporto Salgado Filho. Em seguida, foram realizados os mesmos cálculos, entretanto, com as características físicas previstas no atual projeto de ampliação da pista de pouso e decolagem. Ainda dentro deste estudo, foi realizada uma previsão do movimento anual de aeronaves a curto prazo (até 2015). Esta previsão tem como intuito analisar o atendimento do movimento anual de aeronaves, suportado pela pista do Aeroporto. Por fim, foi constatado que ao atual projeto de ampliação da pista de pouso e decolagem permitirá que às aeronaves, que operam a partir do Aeroporto Internacional Salgado Filho, atinjam maiores distâncias em seus voos e pousem com uma maior quantidade de carga. Além disso, foi possível constatar que, a curto prazo, o movimento anual de aeronaves estará dentro do previsto pelo atual projeto de ampliação da pista.

Palavras-chave: Aeroporto Internacional Salgado Filho; análise técnica; pista de pouso e decolagem; movimento anual de aeronaves; previsão a curto prazo.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1: representação esquemática do delineamento..... 19
Figura 2: planta baixa da atual situação do aeroporto..... 21
Figura 3: ilustração gráfica dos alcances das aeronaves que operam a partir do Aeroporto Internacional Salgado Filho..... 24
Figura 4: evolução do fluxo anual de aeronaves no Aeroporto Salgado Filho..... 25
Figura 5: aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro..... 28
Figura 6: dimensões da aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro..... 31
Figura 7: relação entre o comprimento de pista de 2.280 m e PMD para o Boeing 747-400ER Cargueiro..... 38
Figura 8: relação entre CP e alcance, com o comprimento de pista de 2.280 m, para o Boeing 747-400ER Cargueiro..... 39
Figura 9: relação entre ACN62 e PMD, para o Boeing 747-400ER Cargueiro..... 41
Figura 10: relação entre CP e alcance, com PCN62, para o Boeing 747-400ER Cargueiro..... 42
Figura 11: relação entre comprimento de pista de 3.200 m e PMD para o Boeing 747-400ER Cargueiro..... 43
Figura 12: relação entre CP e alcance, com comprimento de pista de 3.200 m, para o Boeing 747-400ER Cargueiro..... 44
Figura 13: relação entre ACN69 e PMD, para o Boeing 747-400ER Cargueiro..... 45
Figura 14: relação entre CP e alcance, com PCN69, para o Boeing 747-400ER Cargueiro..... 46
Figura 15: relação entre comprimento de pista de 2.280 m e PMP para o Boeing 747-400ER Cargueiro..... 48
Figura 16: relação entre ACN62 e PMP para o Boeing 747-400ER Cargueiro..... 50
Figura 17: relação entre comprimento de pista de 3.200 m e PMP para o Boeing 747-400ER Cargueiro..... 51
Figura 18: relação entre ACN69 e PMP para o Boeing 747-400ER Cargueiro..... 52
Figura 19: representação gráfica da previsão do movimento anual de aeronaves realizado pela Infraero..... 55
Figura 20: representação gráfica do movimento anual de aeronaves no Aeroporto Internacional Salgado Filho de 2003 a 2009..... 56
Figura 21: linha de tendência representativa do movimento anual de aeronaves no Aeroporto Internacional Salgado Filho de 2003 a 2009..... 57

Figura 22: projeção da linha de tendência até o ano de 2015..... 58
Figura 23: alcance do Boeing 747-400ER Cargueiro, operando a partir do Aeroporto Salgado Filho, na atual situação da pista e após sua ampliação..... 60
Figura 24: PMP do Boeing 747-400ER Cargueiro na atual situação da pista e após sua ampliação..... 61

# LISTA DE QUADROS

Quadro 1: informações relativas às pistas de pouso e decolagem..... 22
Quadro 2: alcance das aeronaves que operam a partir do Aeroporto Internacional Salgado Filho..... 23
Quadro 3: requisitos de capacidade previstos no projeto de ampliação da pista do Aeroporto Internacional Salgado Filho para o ano de 2010..... 26
Quadro 4: características de performance do Boeing 747-400ER Cargueiro..... 29
Quadro 5: relação entre altitude de pressão e temperatura padrão fornecida pela FAA... 30
Quadro 6: significado de cada letra componente do código PCN..... 34
Quadro 7: soma entre o Peso Operacional Vazio e a Carga Paga Máxima..... 39
Quadro 8: soma entre o Peso Operacional Vazio, a Carga Paga Máxima e 10% da capacidade máxima de combustível no tanque para pouso..... 49
Quadro 9: limites impostos ao Boeing 747-400ER Cargueiro na atual situação da pista e após sua ampliação..... 53
Quadro 10: previsão do movimento anual de aeronaves realizado pela Infraero..... 54
Quadro 11: previsão do movimento anual de aeronaves no Aeroporto Internacional Salgado Filho a partir do ano de 2010..... 58
Quadro 12: comparação entre os resultados para o movimento anual de aeronaves a curto prazo no Aeroporto Internacional Salgado Filho..... 59

# LISTA DE SIGLAS

AIS: *Aeronautical information services*

ACN: *Aircraft Classification Number*

ASPH: *Asphalt*

CAPM: *capital asset pricing model*

CP: Carga Paga

DECEA: Departamento de Controle do Espaço Aéreo

FAA: *Federal Aviation Administration*

FIFA: *Federation International Football Association*

ICAO: *International Civil Aviation Organization*

IFR: *Instrument flight rules*

ILS: *Instrument landing system*

Infraero: Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

PCN: *Paviment Classification Number*

PDA: Plano de Desenvolvimento Aeroportuário

PDIR: Plano Diretor

PMD: Peso Máximo de Decolagem

PMP: Peso Máximo de Pouso

RIMA: Relatório de Impacto ao Meio Ambiente

RWY: *Runway*

THR: *Threshold*

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

VFR: *Visual flight rules*

# SUMÁRIO

**1 INTRODUÇÃO**..... 14
**2 MÉTODO DE PESQUISA**..... 17
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA..... 17
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO..... 17
**2.2.1 Objetivo principal**..... 17
**2.2.2 Objetivo secundário**..... 17
2.3 PRESSUPOSTOS..... 18
2.4 DELIMITAÇÕES..... 18
2.5 LIMITAÇÕES..... 18
2.6 DELINEAMENTO..... 18
**3 ATUAL SITUAÇÃO DO AEROPORTO**..... 21
3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA PISTA DO AEROPORTO..... 22
3.2 ALCANCE ATUAL DAS AERONAVES..... 22
3.3 MOVIMENTO DE AERONAVES..... 24
3.4 CAPACIDADE PREVISTA NO PROJETO DE AMPLIAÇÃO DA PISTA..... 25
**4 CONCEITOS PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO**..... 27
4.1 PLANO DIRETOR AEROPORTUÁRIO..... 27
4.2 AERONAVE TIPO..... 28
4.3 PISTA DE POUSO E DECOLAGEM..... 32
**4.3.1 Comprimento de Pista**..... 32
**4.3.2 Resistência do Pavimento pelo Método ACN-PCN**..... 33
4.4 PREVISÃO DO MOVIMENTO DE AERONAVES..... 34
**4.4.1 Níveis de Previsão**..... 35
**4.4.2 Métodos de Previsão**..... 35
**5 ANÁLISE DO PROJETO DE AMPLIAÇÃO DA PISTA**..... 37
5.1 CÁLCULO DO ALCANCE COM COMPRIMENTO DE PISTA DE 2.280 m..... 37
**5.1.1 Capacidade Máxima de Carga da Aeronave como Limite**..... 37
**5.1.2 Suporte do Pavimento da Pista como Limite**..... 40
5.2 CÁLCULO DO ALCANCE COM COMPRIMENTO DE PISTA DE 3.200 m..... 42
**5.2.1 Capacidade Máxima de Carga da Aeronave como Limite**..... 42
**5.2.2 Suporte do Pavimento da Pista como Limite**..... 45
5.3 CÁLCULO DO PESO MÁXIMO DE POUSO COM COMPRIMENTO DE PISTA DE 2.280 m..... 47

**5.3.1 Capacidade Máxima de Carga da Aeronave como Limite**..... 47
**5.3.2 Suporte do Pavimento da Pista como Limite**..... 49
5.4 CÁLCULO DO PESO MÁXIMO DE POUSO COM COMPRIMENTO DE PISTA DE 3.200 m..... 50
**5.4.1 Capacidade Máxima de Carga da Aeronave como Limite**..... 50
**5.4.2 Suporte do Pavimento da Pista como Limite**..... 52
5.5 RESUMO DOS LIMITES IMPOSTOS A AERONAVE..... 53
**6 MOVIMENTO ANUAL DE AERONAVES**..... 54
6.1 PREVISÃO DO MOVIMENTO DE AERONAVES RALIZADO PELA INFRAERO..... 54
6.2 PREVISÃO A PARTIR DO MOVIMENTO ANUAL DE AERONAVES..... 55
**6.2.1 Movimento Anual de Aeronaves de 2003 a 2009**..... 55
**6.2.2 Estimativa do Movimento de Aeronaves para o Ano de 2015**..... 56
6.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS..... 58
**7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**..... 60
REFERÊNCIAS..... 63

# 1 INTRODUÇÃO

O transporte aéreo é um dos setores mais dinâmicos da economia mundial. Ele cumpre um importante papel estimulando as relações econômicas e o intercâmbio de pessoas e mercadorias entre as nações.

No Brasil o transporte aéreo de passageiros vem deixando de ser elitista tornando-se quase um transporte de massa. Outro fato de destaque é a necessidade de transportar grandes volumes de cargas a distâncias cada vez maiores. Devido a estes fatos, o Rio Grande do Sul, mais especificamente, vem amargando prejuízos em diversos setores econômicos. Um dos principais motivos deve-se a limitação imposta às aeronaves comerciais por conta das dimensões reduzidas da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Salgado Filho, o maior e mais importante aeroporto do Rio Grande do Sul. Como consequência, o Estado perde em competitividade na exportação de mercadorias, na implantação de novas indústrias e na atração de novos investimentos devido à baixa capacidade de escoamento de bens e produtos gerados com destino principalmente ao exterior.

O Brasil, escolhido para realizar a Copa do Mundo de 2014, contará com Porto Alegre para sediar algumas partidas da competição. Esse fato implica em uma série de medidas exigidas pela FIFA. Dessa forma, para que sejam atendidos todos os quesitos de mobilidade demandados pelo número de visitantes esperados, o aeroporto da capital gaúcha deverá atender às exigências de ampliação e adequação de infraestrutura.

As significativas alterações no cenário econômico, aliada a conscientização ambiental cada vez mais presente no quotidiano, aumentam os desafios enfrentados pela Egenharia moderna. Por isso, é de vital importância realizar uma análise do atual projeto de ampliação da pista do Aeroporto Internacional Salgado Filho. Assim, o presente trabalho tem como intuito a verificação do atendimento imposto pelo crescente desenvolvimento do setor aéreo e a segurança exigida nas operações aeroportuárias.

Este trabalho apresenta, no segundo capítulo, denominado método de pesquisa, a questão principal para a elaboração deste estudo. Além disso, destaca-se o objetivo principal do

trabalho, a realização de uma avaliação técnica do atual projeto de ampliação da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Salgado Filho e analisa sua viabilidade. Em seguida, é previsto e analisado o movimento de aeronaves no Aeroporto, para um horizonte de cinco anos (curto prazo). Para que estes objetivos sejam atingidos com êxito, são estabelecidos pressupostos como ponto de partida, premissas utilizadas como base para o desenvolvimento do estudo, limitações previstas para este trabalho e o delineamento contendo o diagrama utilizado, mostrando o interrelacionamento das etapas do trabalho.

A atual situação do Aeroporto Internacional Salgado Filho é descrita no terceiro capítulo. As restrições impostas às aeronaves devido às características físicas da pista de pouso e decolagem do Aeroporto, a movimentação anual de aeronaves e os requisitos de capacidade operacional, previstos pelo atual projeto de ampliação da pista, para o ano 2010 são citados neste capítulo.

Alguns conceitos necessários para a o desenvolvimento deste estudo são abordados no quarto capítulo. O Plano Diretor Aeroportuário (PDIR) e suas atualizações contidas no Plano de Desenvolvimento Aeroportuário (PDA), as características de performance da aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro, utilizada como aeronave tipo neste estudo, os aspectos operacionais relativos ao comprimento e capacidade suporte da pista e os métodos e níveis de previsão adotados para estimar o movimento anual de aeronaves no Aeroporto Internacional Salgado Filho estão detalhados neste capítulo.

No quinto capítulo é analisado o projeto de ampliação da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Salgado Filho. A partir das atuais características físicas da pista são calculados o alcance e o Peso Máximo de Pouso da aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro. Em seguida, são feitos os mesmos cálculos com as características físicas da pista previstas no projeto de ampliação. No final deste quinto capítulo, é realizada uma análise comparativa dos resultados encontrados nas etapas anteriores.

No sexto capítulo, é realizada uma previsão, de curto prazo, do movimento anual de aeronaves, tomando como base as informações fornecidas pela Infraero. A partir do movimento registrado desde o ano de 2003 até o ano de 2009, é feita uma previsão do movimento anual de aeronaves para o ano de 2015. De posse desta informação, compara-se o

resultado com a previsão realizada pela Infraero, para o mesmo ano, utilizando um modelo diferente de cálculo.

# 2 MÉTODO DE PESQUISA

## 2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho é: como o atual projeto de ampliação da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Salgado Filho atenderá os requisitos de performance e demanda de aeronaves?

## 2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

### 2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a análise técnica do atual projeto de ampliação da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Salgado Filho, para verificação de como será atendida a demanda imposta pelo setor econômico relativo à crescente quantidade de aeronaves, com os mais variados destinos, dentro dos requisitos de segurança para as operações aeroportuárias.

### 2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário deste trabalho é a previsão do movimento de aeronaves a curto prazo e sua verificação em relação à previsão elaborada pela Infraero.

## 2.3 PRESSUPOSTOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, admite-se a validade dos:

a) dados técnicos, previstos em manuais e normas elaborados pelos órgãos competentes, relativos às operações aeroportuárias;

b) informações relativas à demanda de passageiros e cargas disponibilizados pelos órgãos competentes de gestão do aeroporto.

## 2.4 DELIMITAÇÕES

O presente trabalho delimita-se ao Aeroporto Internacional Salgado Filho localizado na cidade de Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul.

## 2.5 LIMITAÇÕES

O presente estudo não aborda qualquer questão relativa ao custo para execução das obras do projeto.

## 2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das seguintes etapas:

a) pesquisa bibliográfica;

b) análise e verificação do projeto de ampliação da pista;

c) previsão e análise do movimento de aeronaves a curto prazo;

d) avaliação dos resultados;

e) considerações finais.

O delineamento é apresentado de forma esquemática na figura 1.

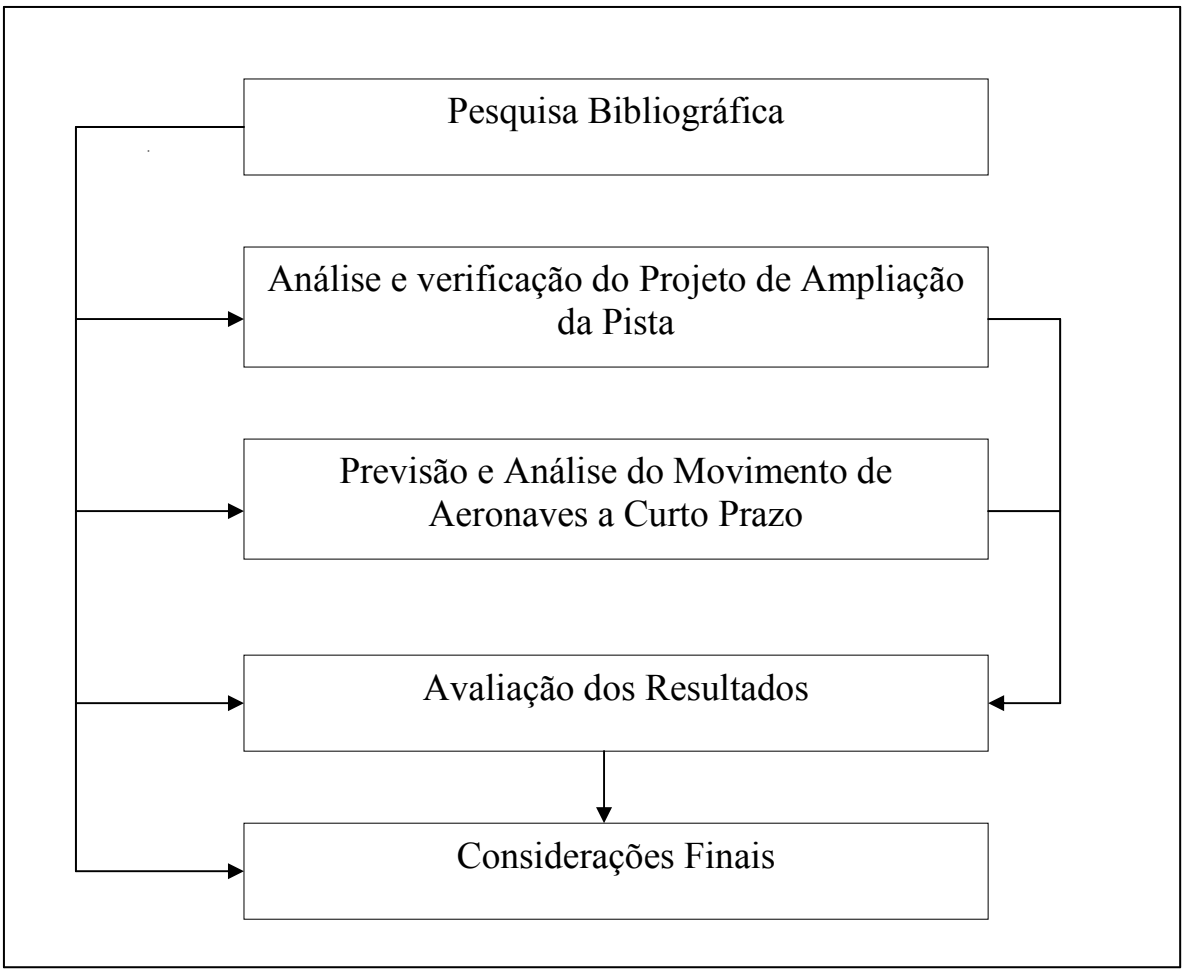


Figura 1: representação esquemática do delineamento

A **pesquisa bibliográfica** esteve presente em todas as fases de desenvolvimento deste trabalho. Ela foi direcionada à consulta de livros e manuais técnicos referentes à implantação e ampliação de aeroportos publicados pelo Comando da Aeronáutica, pela Agência Nacional de Aviação Civil e pela Infraero, além de informações relativas à aeronave tipo utilizada neste estudo.

A **análise e verificação do projeto de ampliação da pista** foi realizado utilizando o Boeing 747-400ER Cargueiro como aeronave tipo. A partir das informações de performance da aeronave foram analisados o alcance e a capacidade de carga imposta à aeronave pelas características físicas da pista de pouso e decolagem do Aeroporto estudado.

Posteriormente, foi feita a **previsão e análise do movimento de aeronaves a curto prazo.** Para esta tarefa, foram analisados os dados estatísticos relativos ao movimento de aeronaves

no Aeroporto. Em seguida, foi realizada a previsão e análise do movimento anual, para um horizonte de cinco anos.

Finalmente, foi realizada uma **avaliação dos resultados** obtidos nas etapas anteriores acompanhada das **considerações finais** relativas à análise técnica do projeto de ampliação da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Salgado Filho.

# 3 ATUAL SITUAÇÃO DO AEROPORTO

O Aeroporto Internacional Salgado Filho está situado na Av. Severo Dulius 90010, bairro São João, zona norte de Porto Alegre. Com uma área de aproximadamente 3.600.000 m² é o principal aroporto da região Sul do Brasil (BRASIL, 2010a). A figura 2 representa a planta baixa da atual situação do Aeroporto.

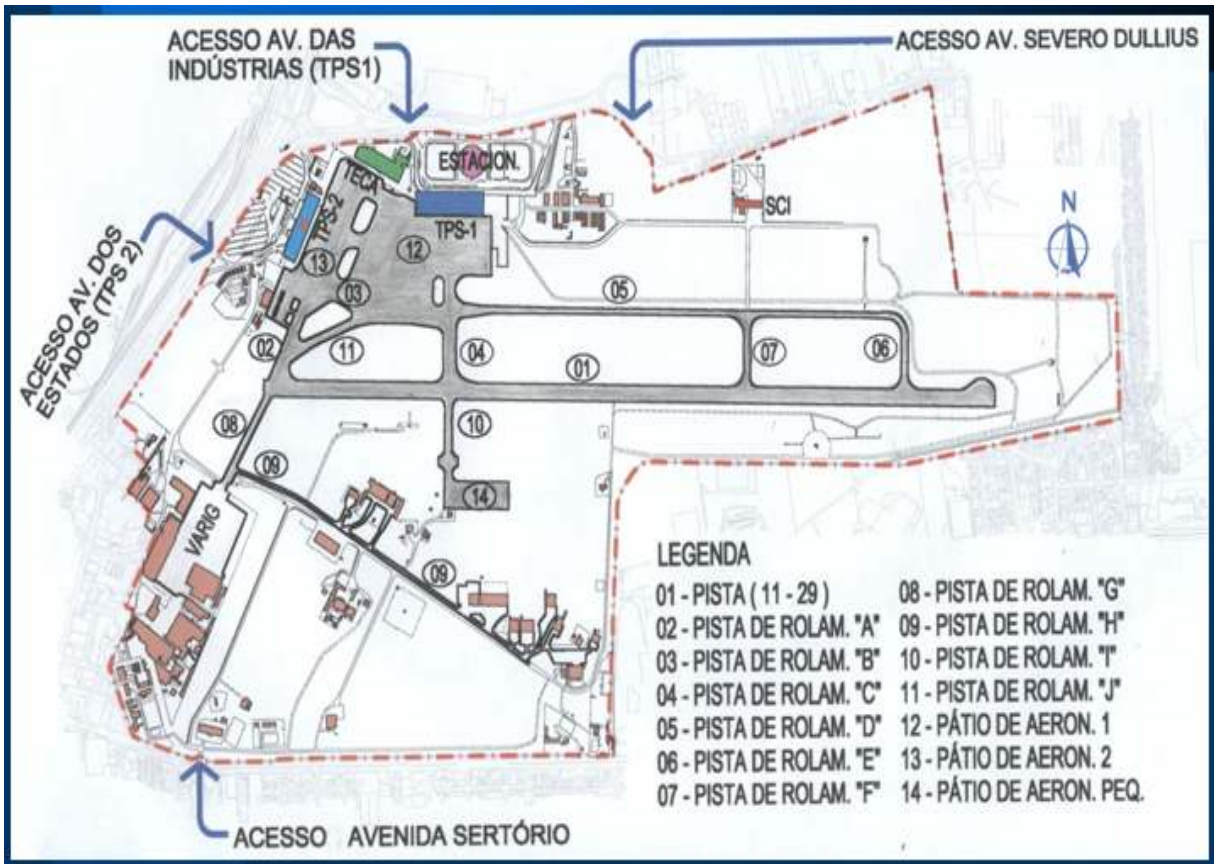


Figura 2: planta baixa da atual situação do aeroporto (trabalho não publicado)[1]

O Aeroporto Internacional Salgado Filho possui um movimento médio diário (chegadas e partidas) de 174 aeronaves de vôos regulares. Com voos ligando Porto Alegre a diversas capitais do País, a cidades do interior do Rio Grande do Sul e de São Paulo e a países do Cone Sul, sua localização se torna de vital importância para as empresas aéreas que operam a partir dele (BRASIL, 2010a).

[1] Retirado do PDA do Aeroporto Internacional Salgado Filho. 2002. Slide 6.

## 3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA PISTA DO AEROPORTO

As características físicas do Aeroporto são aquelas referentes à orientação, resistência do pavimento, dimensões da pista, tipos de piso, declividade da pista, elevação do aeródromo em relação ao nível médio do mar e coordenadas geográficas da pista (BRASIL, 1990, p. 10).

A pista do Aeroporto Internacional Salgado Filho possui uma extensão de 2.280 m e largura de 42 m. A cabeceira (THR) 11, possui uma elevação de 3 m em relação ao nível médio do mar e coordenadas geográficas 29° 59’ 40” S e 051° 10’ 59” W. A cabeceira (THR) 29 possui a mesma elevação de 3 m em relação ao nível médio do mar e coordenadas geográficas 29° 59’ 41” S e 051° 09’ 34” W. O código de resistência e tipo do piso é 62/F/C/X/T. Este código nos informa que o PCN da pista vale 62, ou seja, as aeronaves que operam no Aeroporto deverão possuir ACN menor ou igual a 62, o pavimento é flexível (F), a resistência do subleito é baixa (C), a pressão máxima admissível dos pneus é média (X), o método de avaliação do pavimento foi o técnico e o material constituinte do pavimento é o asfalto (ASPH) (BRASIL, 2010b). O quadro 1 resume as informações da pista do Aeroporto Internacional Salgado Filho.

| Designadores de RWY | Dimensões RWY (M) | Resistência do piso e Tipo do piso da RWY | Coordenadas THR | Elevação da THR |
|---|---|---|---|---|
| 11 | 2280 x 42 | 62/F/C/X/T ASPH | S295940 W0511059 | 3M (11FT) |
| 29 | 2280 x 42 | 62/F/C/X/T ASPH | S295941 W0510934 | 3M (11FT) |

Quadro 1: informações relativas às pistas de pouso e decolagem
(BRASIL, 2010b)

## 3.2 ALCANCE ATUAL DAS AERONAVES

Atualmente as aeronaves que operam no Aeroporto Internacional Salgado Filho possuem uma capacidade limitada, e um dos motivos dessa limitação é o comprimento da pista de pouso e

decolagem. Com isso, a capacidade de carga ou o alcance das aeronaves são sacrificados para que seja possível realizar o voo dentro das normas de segurança.

Para que o voo seja realizado com segurança, o Peso Máximo de Decolagem (PMD) e a Carga Paga (CP) devem ser considerados para o cálculo da capacidade máxima de decolagem das aeronaves. O PMD é definido como o peso máximo com o qual uma aeronave pode decolar dentro dos requisitos de segurança. Esse limite é estabelecido dentro do projeto de construção da aeronave. Já a CP é definida como o somatório dos pesos dos passageiros, das bagagens, das cargas e mala postal (SAINTIVE, 2008, p. 12-13). O quadro 2 contém as informações relativas a esta limitação, para algumas aeronaves que operam a partir do Aeroporto.

| AERONAVE | PMD (kg) | CAPACIDADE MÁXIMA DE CARGA (kg) | ALCANCE (km) 80% CP | ALCANCE (km) 100% CP |
|---|---|---|---|---|
| EMB-120 | 11.500 | 3.270 | 1.450 | 600 |
| B-737-300 | 61.250 | 15.400 | 3.450 | 2.340 |
| B-737-800 | 78.267 | 20.281 | 4.520 | 3.030 |
| A-300 | 165.000 | 35.495 | 4.750 | 3.730 |

Quadro 2: alcance das aeronaves que operam a partir do Aeroporto Internacional Salgado Filho (trabalho não publicado)[2]

A figura 3 permite uma visualização gráfica do que foi citado acima com relação ao alcance das aeronaves e sua capacidade máxima de decolagem. Partindo do Aeroporto Internacional Salgado Filho em Porto Alegre (SBPA), é possível observar a redução nas distâncias percorridas para diversos modelos de aeronaves, com 100% da carga paga e 80% da carga paga. A distância de Porto Alegre (SBPA) a Buenos Aires (SAEZ) é de 830 km. De Porto Alegre (SBPA) até o Rio de Janeiro (SBGL), percorre-se 1121 km. Com isso, é possível ter noção da limitação imposta às aeronaves.

[2] Retirado do PDA do Aeroporto Internacional Salgado Filho. 2002, volume 3, p. 8.

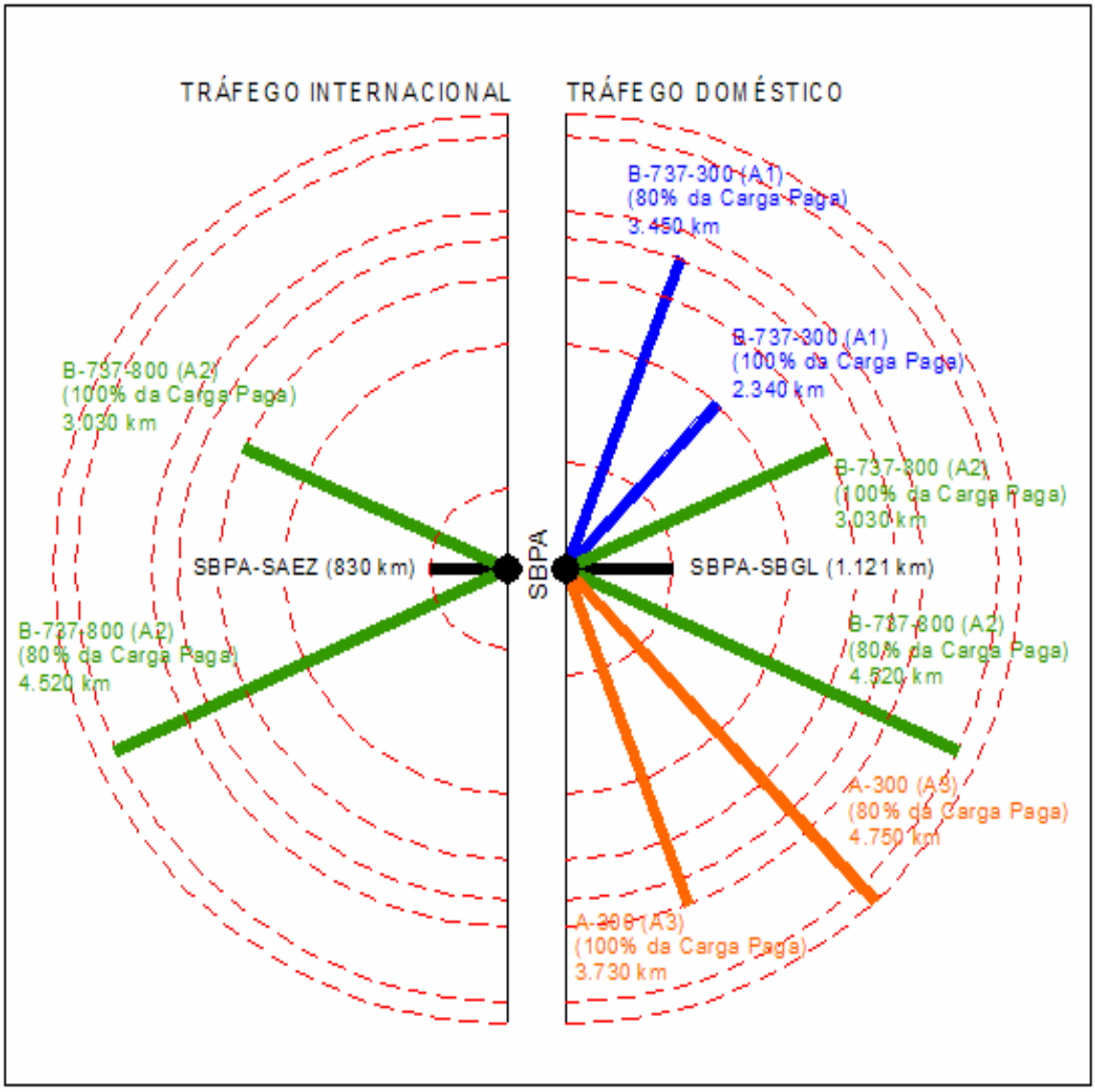


Figura 3: ilustração gráfica dos alcances das aeronaves que operam a partir do Aeroporto Internacional Salgado Filho (trabalho não publicado)[3]

## 3.3 MOVIMENTO DE AERONAVES

De acordo com as informações fornecidas pela Infraero, o movimento de aeronaves no Aeroporto Internacional Salgado Filho, desde o ano de 2003 até 2009, foi de 446.678 aeronaves (BRASIL, 2010a). A figura 5 contém estas informações na forma de gráfico.

[3] Retirado do PDA do Aeroporto Internacional Salgado Filho. 2002, volume 3, p. 10.

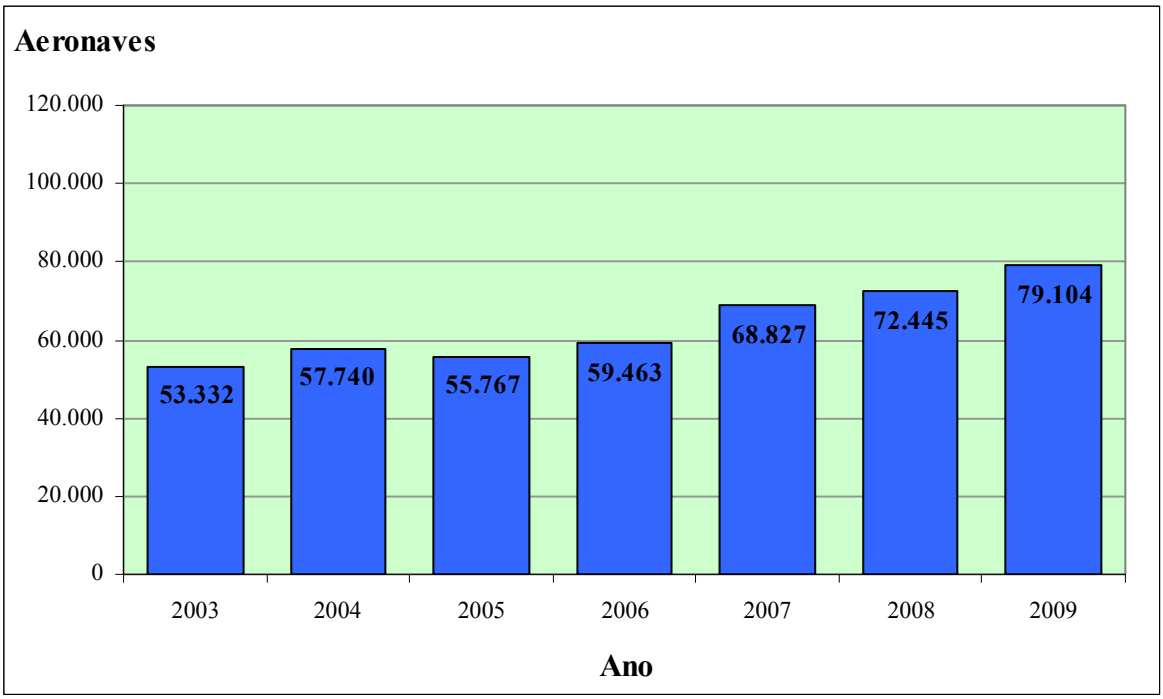


Figura 4: evolução do fluxo anual de aeronaves no Aeroporto Salgado Filho
(BRASIL, 2010a)

A capacidade da atual infraestrutura aeroportuária permite uma movimentação anual de 210.000 aeronaves. Já a movimentação horária de aeronaves é dividida em relação ao tipo de operação. Para as operações aéreas a partir das regras de voo por instrumentos (IFR), a capacidade é de 53 movimentos por hora. Já para as operações aéreas a partir das regras de voo visuais (VFR), a capacidade passa a ser de 55 movimentos por hora. Desta forma, a capacidade balanceada foi determinada em 55 movimentos por hora (trabalho não publicado)[4].

## 3.4 CAPACIDADE PREVISTA NO PROJETO DE AMPLIAÇÃO DA PISTA

Segundo as informações contidas no PDA do Aeroporto Internacional Salgado Filho, os requisitos de capacidade, previstos para o Aeroporto, a partir do ano de 2010 estão relacionados no quadro 4 . As informações são válidas para a pista de pouso e decolagem com relação ao movimento operacional, dado em movimentos por hora e movimentos por ano, o

[4] Retirado do PDA do Aeroporto Internacional Salgado Filho. 2002, volume 3, p. 14.

comprimento e a capacidade de suporte da pista de pouso e decolagem e o fluxo aeronáutico dado também em movimentos por hora (trabalho não publicado)[5].

| Sistemas | Componentes | | Unidade | 2010 |
|---|---|---|---|---|
| Pistas | Condição Operacional | | mov/hora | 55 |
| | Condição Operacional | | mov/ano | 210.000 |
| | 11/29 | Comprimento | m | 3.200 |
| | | Suporte | PCN | 69 |
| | Fluxo Aeronáutico | | mov/hora | 55 |

Quadro 3: requisitos de capacidade previstos no projeto de ampliação da pista do Aeroporto Internacional Salgado Filho para o ano de 2010 (trabalho não publicado)[6]

[5] Retirado do PDA do Aeroporto Internacional Salgado Filho. 2002, volume 3, p. 10.
[6] Idem anterior.

# 4 CONCEITOS PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Todos os sistemas componentes de um aeroporto têm importância para o complexo aeroportuário. Porém, é necessário tratar de forma diferenciada algumas funções indispensáveis às operações aéreas (trabalho não publicado)[7]. Desta forma, com o intuito de atingir o máximo de eficiência e segurança, as informações e orientações relativas ao processo de implantação e expansão de uma unidade aeroportuária, devem ser obedecidas com o máximo de rigor.

## 4.1 PLANO DIRETOR AEROPORTUÁRIO

Todo o planejamento e desenvolvimento de um aeroporto devem ser baseados em um plano diretor. Este plano tem como finalidade determinar o tipo das instalações necessárias para atender a demanda e o método mais conveniente de financiar a implantação dessas instalações (HORONJEFF, 1966, p. 119).

Assim, o Plano Diretor Aeroportuário (PDIR) é visto como um dos principais documentos utilizados na execução dessas obras. Seu objetivo é orientar o projeto para que seja possível aproveitar ao máximo as potencialidades do sítio aeroportuário, seja do ponto de vista operacional, comercial, financeiro e econômico (BRASIL, 2004, p. 13).

O PDIR deve ser periodicamente atualizado devido às alterações que, possam ocorrer no cenário sócio-econômico, haja vista as metas de médio e longo prazo contempladas pelo documento, as hipóteses assumidas na concepção deste documento devem ser avaliadas num determinado intervalo de tempo. A avaliação das hipóteses tem a finalidade de detectar alguns ajustes que devem ser inseridos ao PDIR original (BRASIL, 2004, p. 14).

O PDA, adotado na realização deste estudo, atualiza o planejamento constante no PDIR do Aeroporto Internacional Salgado Filho, editado no ano de 1984, incorporando projetos e obras

[7] Retirado do PDA do Aeroporto Internacional Salgado Filho. 2002, volume 2, p. 3.

executadas ou em andamento no aeroporto. Esta atualização foi concluída em 2002 e foi baseada em ações estratégicas adotadas pela Infraero com informações relativas ao ano base de 2000. O presente PDA do Aeroporto Internacional Salgado Filho contempla as intervenções ao longo do horizonte de planejamento adotado a contar do ano base de 2000 (trabalho não publicado)[8].

## 4.2 AERONAVE TIPO

O Boeing 747-400ER Cargueiro foi lançado no final de 2002. Este modelo é capaz de decolar com um carregamento máximo de 412.700 kg, sendo que, a carga útil chega a 112.763 kg (BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002, p. 19). Devido a suas características de carga e autonomia, Boeing 747-400ER Cargueiro foi utilizado como aeronave tipo para avaliar o atual projeto de ampliação da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Salgado Filho. Cabe salientar que esse modelo de aeronave já operou a partir deste Aeroporto, porém era subutilizado devido às limitações impostas pelas características físicas da pista. A imagem do Boeing 747-400ER Cargueiro está na figura 6.

Figura 5: aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro
(BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2010)

[8] Retirado do PDA do Aeroporto Internacional Salgado Filho. 2002, volume 6, p. 3.

O quadro 5 possui informações relativas à performance do Boeing 747-400ER Cargueiro para os motores *General Eletric* (CF6-80C2B5-F), *Pratt & Whitney* (PW4062) e *Rolls-Royce* (RB211-524H8-T). Os valores de performance são medidos em quilograma, libra e litro (BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002, p. 19).

| PERFORMANCE DO BOEING 747-400ER CARGUEIRO | | |
|---|---|---|
| CARACTERÍSTICAS | UNIDADES | PW ENGINES PW4062 |
| PESO MÁXIMO DE DECOLAGEM | kg | 412.770 |
| | lb | 910.000 |
| PESO MÁXIMO DE ATERRISSAGEM | kg | 302.093 |
| | lb | 666.000 |
| PESO MÁXIMO ZERO COMBUSTÍVEL | kg | 277.145 |
| | lb | 611.000 |
| PESO OPERACIONAL VAZIO | kg | 164.382 |
| | lb | 362.400 |
| CARGA PAGA MÁXIMA | kg | 112.763 |
| | lb | 248.600 |
| CAPACIDADE MÁXIMA DE COMBUSTÍVEL | kg | 164.064 |
| | lb | 361.700 |
| | L | 204.333 |

Quadro 4: características de performance do Boeing 747-400ER Cargueiro
(BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002)

As informações utilizadas na determinação do PMD para diferentes comprimentos de pista da aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro são baseadas na altitude de pressão dos aeródromos, fornecidas em pés e metros, e na temperatura padrão, fornecidas em graus Celsius e Fahrenheit. O quadro 6, contém os valores utilizados na elaboração deste estudo. Estes valores são fornecidos pela FAA (*Federal Aviation Administration*) (BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002, p. 54).

| ALTITUDE DE PRESSÃO | | TEMPERATURA PADRÃO | |
|---|---|---|---|
| ft | m | °F | °C |
| 0 | 0 | 59,00 | 15,00 |
| 2.000 | 610 | 51,90 | 11,40 |
| 4.000 | 1.219 | 44,70 | 7,06 |
| 6.000 | 1.829 | 37,60 | 3,11 |
| 8.000 | 2.438 | 30,50 | -0,85 |
| 10.000 | 3.048 | 23,30 | -4,81 |

Quadro 5: relação entre altitude de pressão e temperatura padrão fornecida pela FAA (BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002)

As dimensões da aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro estão descritas na figura 7. Nela estão representadas as vistas superior, lateral e frontal da aeronave. As dimensões são fornecidas em metros e pés (BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002, p. 22).

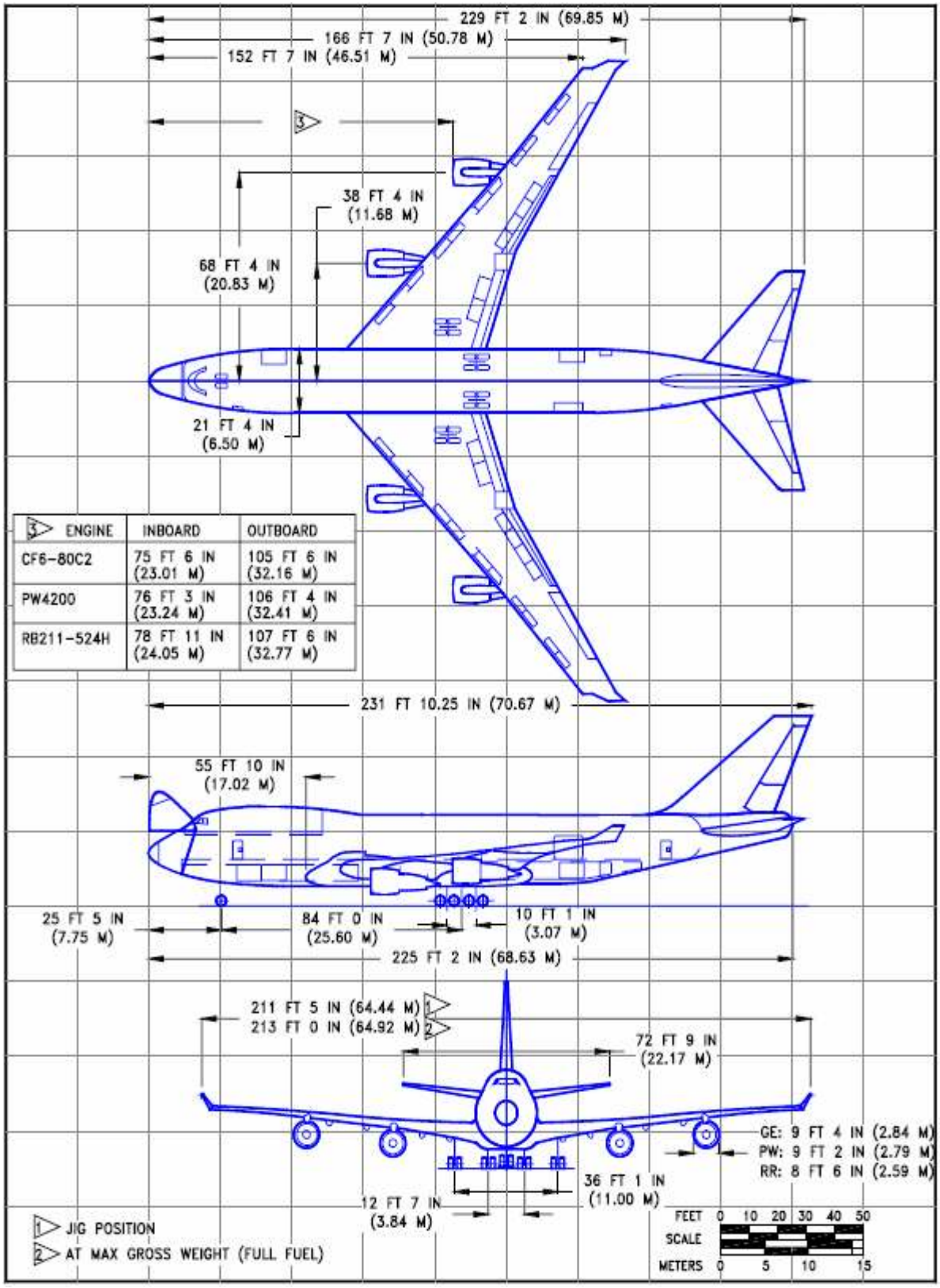


Figura 6: dimensões da aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro
(BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002)

## 4.3 PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

A pista de pouso e decolagem de um determinado aeroporto deve possuir requisitos mínimos de infraestrutura para garantir a operação segura e contínua das aeronaves. Desta forma, as características físicas da pista são de vital importância para que os quesitos de segurança, relativos às operações aéreas, sejam atendidos.

### 4.3.1 Comprimento de Pista

O comprimento de pista de pouso e decolagem de um aeroporto é determinante para a segurança e capacidade operacional das aeronaves. Provavelmente, a escolha do comprimento de pista é a decisão mais importante a ser tomada quando é realizado o planejamento da área de pouso e decolagem de um aeroporto (HORONJEFF, 1966, p. 96).

No dimensionamento do comprimento de pista necessário às operações aéreas, devem ser consideradas algumas situações. A decolagem com falha de um motor implica em um comprimento de pista suficiente para permitir que a aeronave, mesmo com a potência reduzida, consiga levantar voo ou consiga frear até sua completa parada. Já o pouso exige um comprimento suficiente para permitir uma aterragem segura mesmo nos casos em que a aproximação final para o pouso apresente algum problema (HORONJEFF, 1966, p. 96).

Devido a tais questões de segurança, são definidos os comprimentos físico, efetivo e retificado. O comprimento físico é aquele entre as duas cabeceiras da pista. O comprimento efetivo é determinado a partir de uma correção realizada sobre o comprimento físico. Esta correção é necessária caso exista algum obstáculo nas proximidades da cabeceira da pista. Já o comprimento retificado é obtido a partir da correção do comprimento efetivo devido aos efeitos de vento e de gradiente de pista (SAINTIVE, 2008, p. 66).

Com base nos dados descritos acima e a partir do comprimento de pista, é possível determinar a distância necessária para pousar e levar a aeronave a uma parada completa. Essa distância deverá ser suficiente para que uma aeronave consiga parar completamente em 60% da distância disponível para o pouso (SAINTIVE, 2008, p. 113).

Com relação à decolagem, o comprimento de pista necessário, que é definido a partir de um determinado peso da aeronave, deverá ser de 115% da distância necessária para esta aeronave atingir uma altura de 10,5 m (HORONJEFF, 1966, p. 98). Desta forma, a capacidade de carga de uma aeronave está diretamente relacionada com comprimento de pista disponível tanto para o pouso quanto para a decolagem.

### 4.3.2 Resistência do Pavimento pelo Método ACN-PCN

O método ACN-PCN (*aircraft classification number - pavement classification number*) classifica a resistência de pavimentos de aeródromos para aeronaves com peso superior a 5.700 kg. Ele foi desenvolvido pela ICAO (*International Civil Aviation Organization*) e permite a determinação do peso limite de uma aeronave operando em determinado pavimento através da comparação entre os números PCN e ACN. Desta forma, para que uma aeronave possa operar em determinado aeródromo, o ACN da mesma deverá ser menor ou igual ao PCN da pista, tendo apenas que observar as limitações de pressão dos pneus (SAINTIVE, 2008, p. 88).

O ACN é fornecido pelo fabricante da aeronave e indica o efeito causado pela aeronave ao pavimento. O PCN indica a resistência de um pavimento para operações sem restrições (SAINTIVE, 2008, p. 89).

O valor numérico do PCN indica a resistência de um pavimento em relação a uma carga de rodado simples padrão e a uma pressão de pneus normalizada. O valor numérico do PCN é seguido por quatro letras, cujos significados estão descritos no quadro 7 (BRASIL, 2008, p. 5-6).

| QUANTO AO TIPO DE PAVIMENTO | |
|---|---|
| TIPO DE PAVIMENTO | CÓDIGO DO PAVIMENTO |
| FLEXÍVEL | F |
| RÍGIDO | R |

| QUANTO A CATEGORIA DE RESISTÊNCIA DO SUBLEITO | | | |
|---|---|---|---|
| CATEGORIA DO SUBLEITO | RESISTÊNCIA DO SUBLEITO (CBR) | RESISTÊNCIA DO SUBLEITO | CÓDIGO |
| ALTA | CBR ≥ 13 | 15 | A |
| MÉDIA | 8 < CBR < 13 | 10 | B |
| BAIXA | 4 < CBR < 8 | 6 | C |
| ULTRA BAIXA | CBR ≤4 | 3 | D |

| QUANTO A CATEGORIA DE PRESSÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL NOS PNEUS | | |
|---|---|---|
| CATEGORIA | CÓDIGO | PRESSÃO MÁXIMA PERMITIDA DE PNEUS |
| ALTA | W | SEM LIMITE DE PRESSÃO |
| MÉDIA | X | PRESSÃO LIMITADA A 1,5 MPa |
| BAIXA | Y | PRESSÃO LIMITADA A 1,0 MPa |
| MUITO BAIXA | Z | PRESSÃO LIMITADA A 0,5 MPa |

| QUANTO AO MÉTODO DE AVALIAÇÃO | |
|---|---|
| MÉTODO DE AVALIAÇÃO | CÓDIGO |
| TÉCNICA | T |
| PRÁTICA | U |

Quadro 6: significado de cada letra componente do código PCN (BRASIL, 2008)

O PCN de cada aeródromo está notificado nas publicações AIP BRASIL (BRASIL, 2010b).

## 4.4 PREVISÃO DO MOVIMENTO DE AERONAVES

A determinação do movimento de aeronaves é de vital importância para o planejamento de aeroportos. Ela tem como objetivo fornecer indicadores quantitativos do nível de atividade do modal aéreo nas unidades aeroportuárias, nos horizontes de curto (cinco anos), médio (dez anos) e longo (vinte anos) prazos. Com isso, é possível avaliar os parâmetros balizadores que

identificam a necessidade de revisão ou elaboração de documentos de planejamento da infraestrutura da unidade aeroportuária (BRASIL, 2003, p. 7).

Considerando a política econômica do atual governo, que se iniciou em 2003 e que permanecerá no comando do Brasil até o fim de 2010, adotou-se, para realização deste estudo, o período de tempo desde o ano de 2003 ao ano de 2009.

### 4.4.1 Níveis de Previsão

Com técnicas utilizadas em economia, é possível realizar um estudo de demanda em nível de macro-previsão e micro-previsão. A macro-previsão, aplicada ao desenvolvimento aeroportuário, considera as informações relativas à geografia, economia, indústria e as características de desenvolvimento da região. Já micro-previsão examina a demanda prevista para o aeroporto e identifica as necessidades dos terminais, pistas, pátios, aparelhos de controle de navegação e facilidades de acesso a este com a finalidade de oferecer um serviço adequado. De posse dessas informações, o projetista está apto a obter os parâmetros anuais e horários de movimentação de aeronaves, passageiros e cargas (HORONJEFF; MCKELVEY, 1994 apud ALBUQUERQUE, 2005, p. 5).

### 4.4.2 Métodos de Previsão

Existem diversos métodos de previsões disponíveis para os projetistas de aeroportos. A escolha do método a ser utilizado depende do objetivo da utilização dos resultados, de dados, tempo, recursos disponíveis e precisão desejada. Os principais métodos utilizados são (HORONJEFF; MCKELVEY, 1994 apud ALBUQUERQUE, 2005, p. 6):

a) previsão por julgamento;
b) projeções (séries históricas);
c) recurso da identificação do principal gerador de demanda;
d) *cross-section*;
e) modelo *top-down*;
f) *capital asset pricing model* (CAPM);

g) modelos econométricos;

h) pesquisa de mercado e indústria.

A Infraero utiliza a metodologia CAPM, amplamente difundido entre os diversos órgãos internacionais de pesquisa do transporte aéreo (BRASIL, 2005, p. 7). Neste trabalho adotou-se o método das projeções (séries históricas).

No ambiente gráfico do programa Microsoft Excel 2003, utilizou-se o comando linha de tendência para realizar uma análise de regressão a partir das informações inseridas no programa. Nesta análise encontrou-se a função que melhor se ajustou às variáveis envolvidas. Com o comando previsão, foi possível extrapolar a função, incluindo mais pontos, e assim prever o comportamento das variáveis envolvidas (LAPPONI, 2005, p. 439-443).

Com isso, utilizando os recursos do programa Microsoft Excel 2003, foi definida como variável independente o tempo, que é dado em anos, e a variável dependente será o fluxo anual de aeronaves. Essas variáveis foram plotadas em um gráfico de dispersão para um período de tempo de 2003 até 2009. Na etapa seguinte foi adicionada uma linha de tendência com a melhor compatibilidade possível entre os valores plotados. Para finalizar o processo, foi realizada uma extrapolação da curva de tendência até o ano de 2015.

# 5 ANÁLISE DO PROJETO DE AMPLIAÇÃO DA PISTA

A performance das aeronaves que operam a partir de um determinado aeroporto depende diretamente de alguns limites. Esses limites podem ser definidos a partir das características estruturais da aeronave, das características físicas da pista e de fatores climáticos. As características estruturais da aeronave são determinadas pelo fabricante. A pista de pouso e decolagem possui características que dependem do seu comprimento e capacidade de suporte do pavimento. Já os fatores climáticos, são aqueles relacionados à direção e a intensidade dos ventos, a temperatura e a pressão atmosférica. Desta forma, neste trabalho utilizou-se o Boeing 747-400ER Cargueiro como parâmetro de performance para analisar o projeto de ampliação da pista do Aeroporto Internacional Salgado Filho em relação a atual situação desta mesma pista.

## 5.1 CÁCULO DO ALCANCE COM COMPRIMENTO DE PISTA DE 2.280 m

### 5.1.1 Capacidade Máxima de Carga da Aeronave como Limite

Utilizando as informações relativas à aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro, será calculado alcance previsto para essa aeronave em sua configuração de capacidade máxima de carga decolando a partir do Aeroporto Internacional Salgado Filho com o atual comprimento de pista de 2.280 m.

A figura 8 contém as informações relativas à decolagem do Boeing 747-400ER Cargueiro. Ela estabelece uma relação entre o comprimento de pista e o PMD. No eixo vertical do gráfico estão informados os comprimentos de pista necessários para a decolagem, tais comprimentos estão disponíveis tanto em metros quanto em pés. No eixo horizontal, encontram-se os valores relativos ao PMD para a aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro, as medidas estão informadas nas unidades quilograma e libra. As linhas ascendentes de cor azul

contém informações relativas à altitude no qual se encontra o aeródromo. Tais linhas variam desde o nível do mar até uma altitude de 10.000 pés (3.048 m). Cabe ressaltar que o gráfico disponibiliza as informações de performance do Boeing 747-400ER Cargueiro com base na temperatura padrão de 15 °C acrescido de 17 °C relativos à temperatura do ar local, ventos com velocidade próxima de zero e gradiente de elevação de pista nulo, ou seja, sem desnível geométrico entre as duas cabeceiras.

A temperatura utilizada na confecção deste gráfico é de 32 ° C (15 °C relativos à temperatura padrão, acrescido de 17 °C da temperatura do ar), cujo valor é o mais próximo da temperatura de referência de 30,9 °C do Aeroporto Internacional Salgado Filho (BRASIL, 2010b).

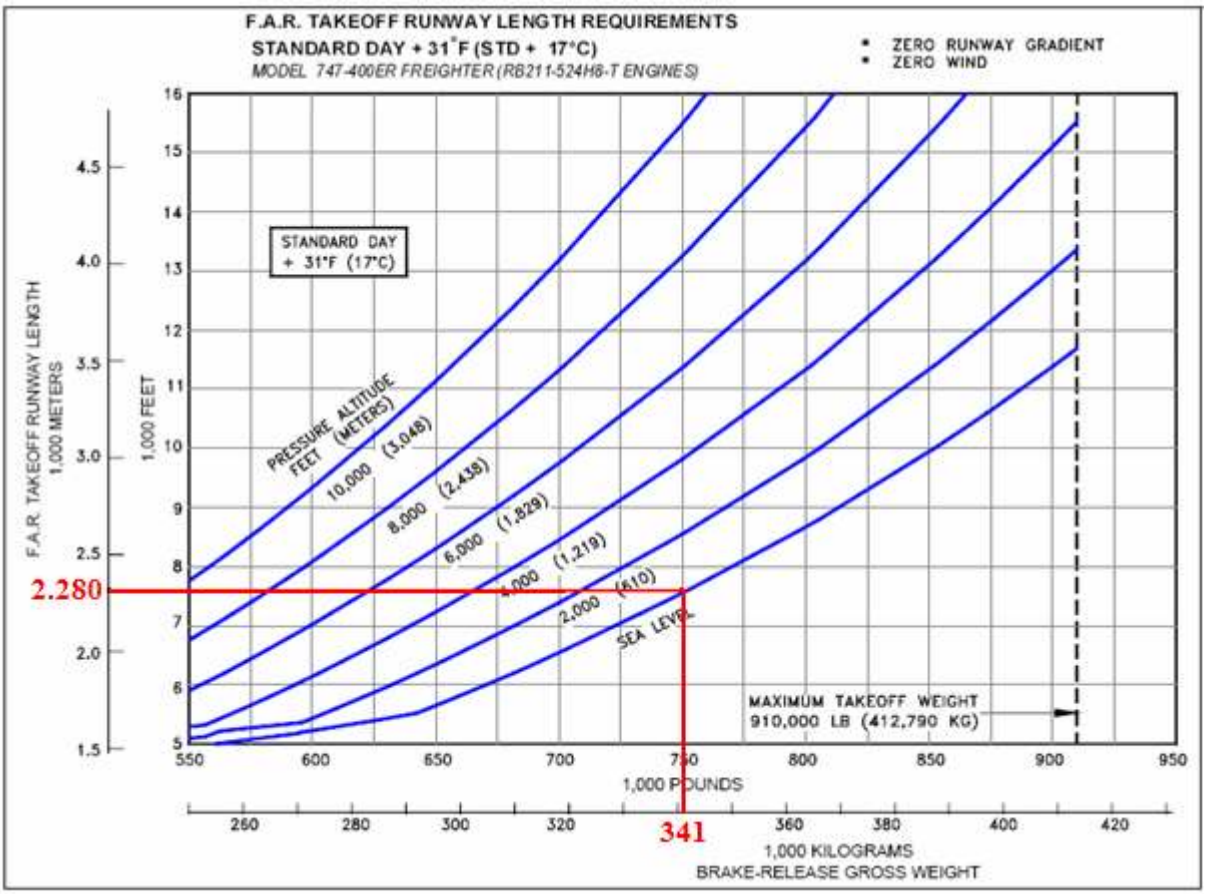


Figura 7: relação entre comprimento de pista de 2.280 m e PMD para o Boeing 747-400ER Cargueiro (BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002)

Utilizando o comprimento máximo de 2.280 m e selecionando a curva de nível zero de altitude encontra-se o valor de 341.000 kg. Tal valor corresponde ao PMD possível para o Boeing 747-400ER Cargueiro, a partir do Aeroporto Internacional Salgado Filho. Os valores

relativos ao Peso Operacional Vazio e Carga Paga Máxima são retirados do quadro 5. O Peso Operacional Vazio somado com a Carga Paga Máxima fornece o valor a ser inserido no eixo vertical do gráfico da figura 9.

| | |
|---|---|
| PESO OPERACIONAL VAZIO | 164.382 kg |
| CARGA PAGA MÁXIMA | 112.763 kg |
| SOMA | 277.145 kg |

Quadro 7: soma entre o Peso Operacional Vazio e a Carga Paga Máxima

O valor encontrado é inserido no eixo vertical do gráfico seguinte que relaciona a CP com o alcance para uma velocidade de cruzeiro de 0,85 Mach[9] (1040,4 km/h).

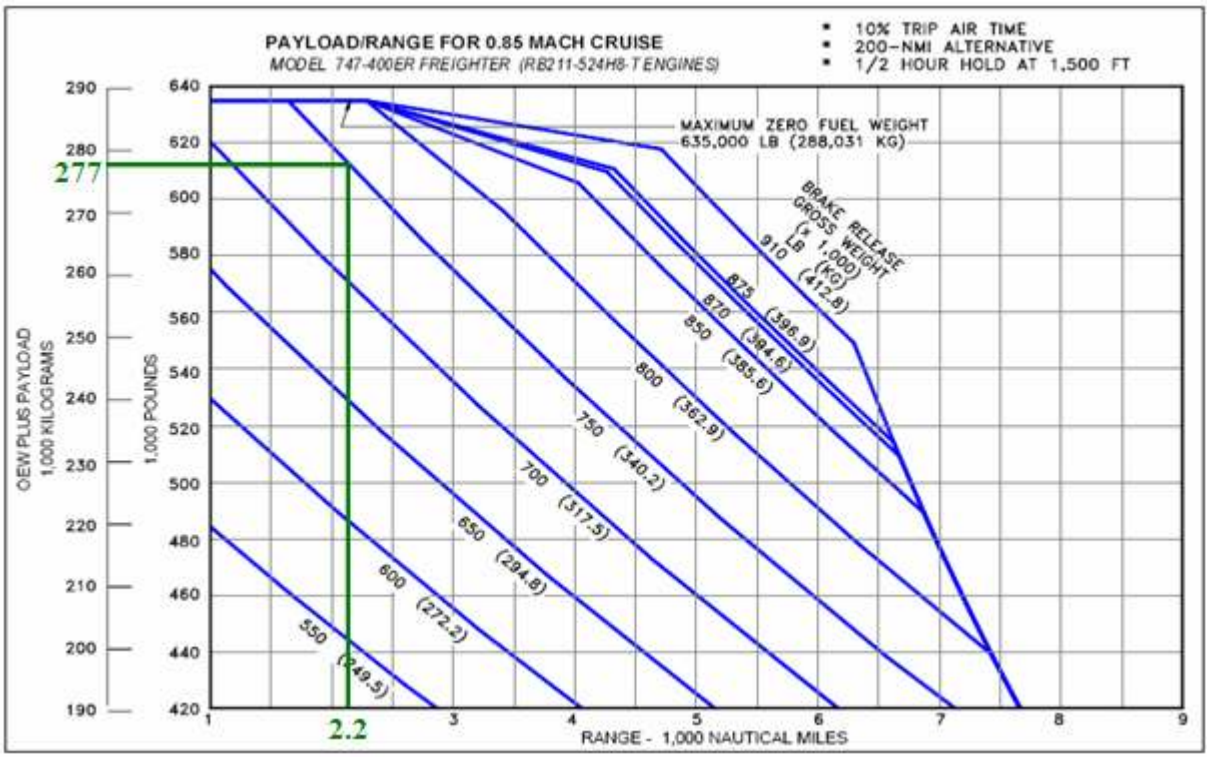


Figura 8: relação entre CP e alcance, com comprimento de pista de 2.280 m, para o Boeing 747-400ER Cargueiro (BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002)

[9] A velocidade de 1 Mach corresponde a 1.224 km/h.

Seguindo até a curva de 340.200 kg e descendo até o eixo horizontal encontra-se o valor de 2.200 mn[10], o que equivale a 4.074 km. Este valor corresponde ao alcance da aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro operando a partir do Aeroporto Internacional Salgado Filho com comprimento de pista de 2.280 m e carregamento máximo. Neste resultado também estão incluídos um acréscimo de 10% no tempo de viagem, combustível necessário para o deslocamento até o aeródromo alternativo localizado a uma distância máxima de 200 mn e para voo em orbita (voo em determinado ponto de espera para que sejam iniciados os procedimentos de aproximação e pouso) de até meia hora a uma altitude de 1500 pés.

### 5.1.2 Suporte do Pavimento da Pista como Limite

De acordo com as informações encontradas no quadro 1, a atual capacidade de suporte do pavimento da pista do Aeroporto Internacional Salgado Filho, representado pelo PCN, vale 62/F/C/X/T. Desta forma, o valor do ACN do Boeing 747-400ER Cargueiro deverá ser menor ou igual ao suportado pela pista.

A figura 10 seguinte contém as informações gráficas do ACN para pavimentos flexíveis da aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro. Este gráfico relaciona o ACN da aeronave com o PMD suportado pelo pavimento.

[10] 1 mn (milha náutica) corresponde a 1,852 km.

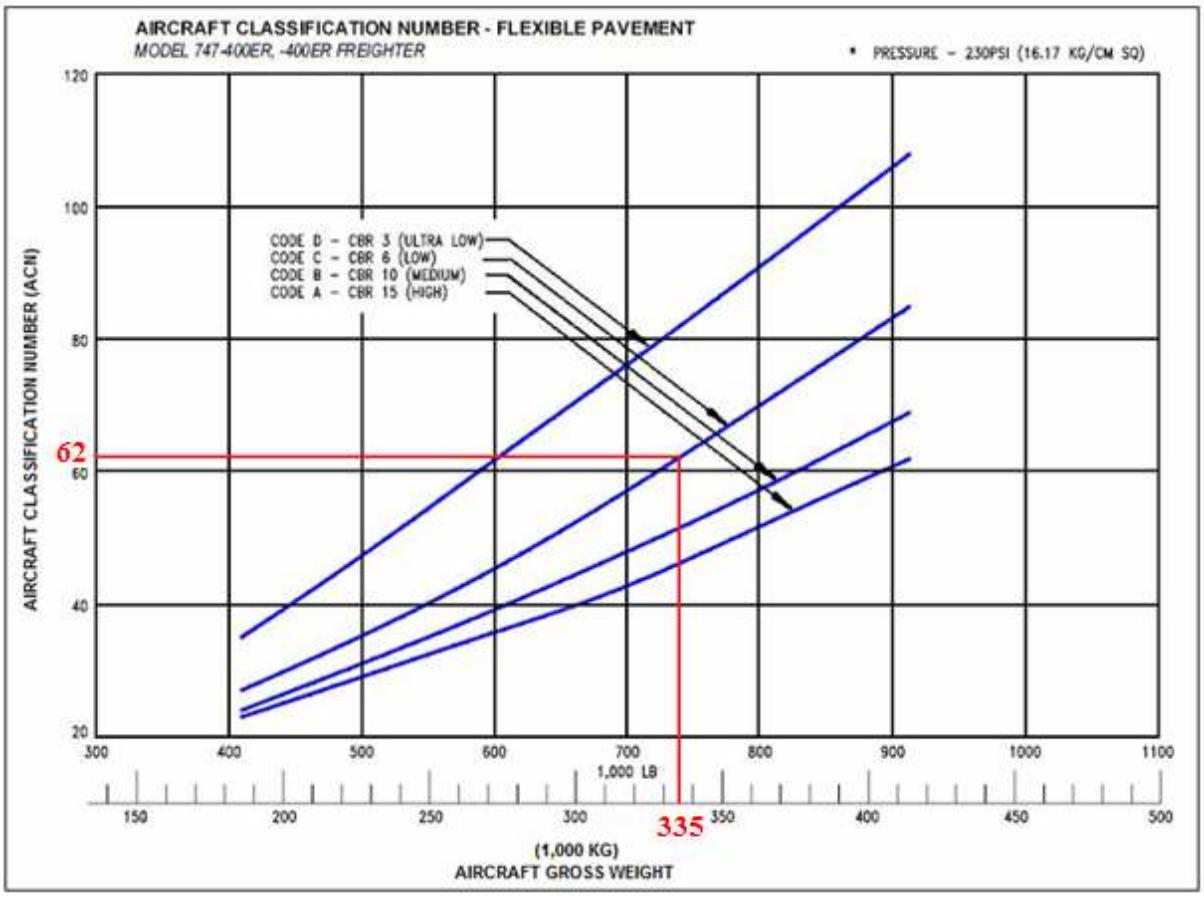


Figura 9: relação entre ACN62 e PMD para o Boeing 747-400ER Cargueiro
(BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002)

Inserindo no eixo vertical o valor do ACN igual ao PCN da pista do Aeroporto, cujo valor é 62, segue-se até a curva ascendente com o código C (resistência do subleito baixa). Descendo até o eixo horizontal, encontra-se um valor de 335.000 kg para o PMD suportado pela pista.

Com o PMD fixado em 335.000 kg, utiliza-se o gráfico da figura 11 que determina o alcance em função da CP e da velocidade de cruzeiro de 0,85 Mach (1040,4 km/h).

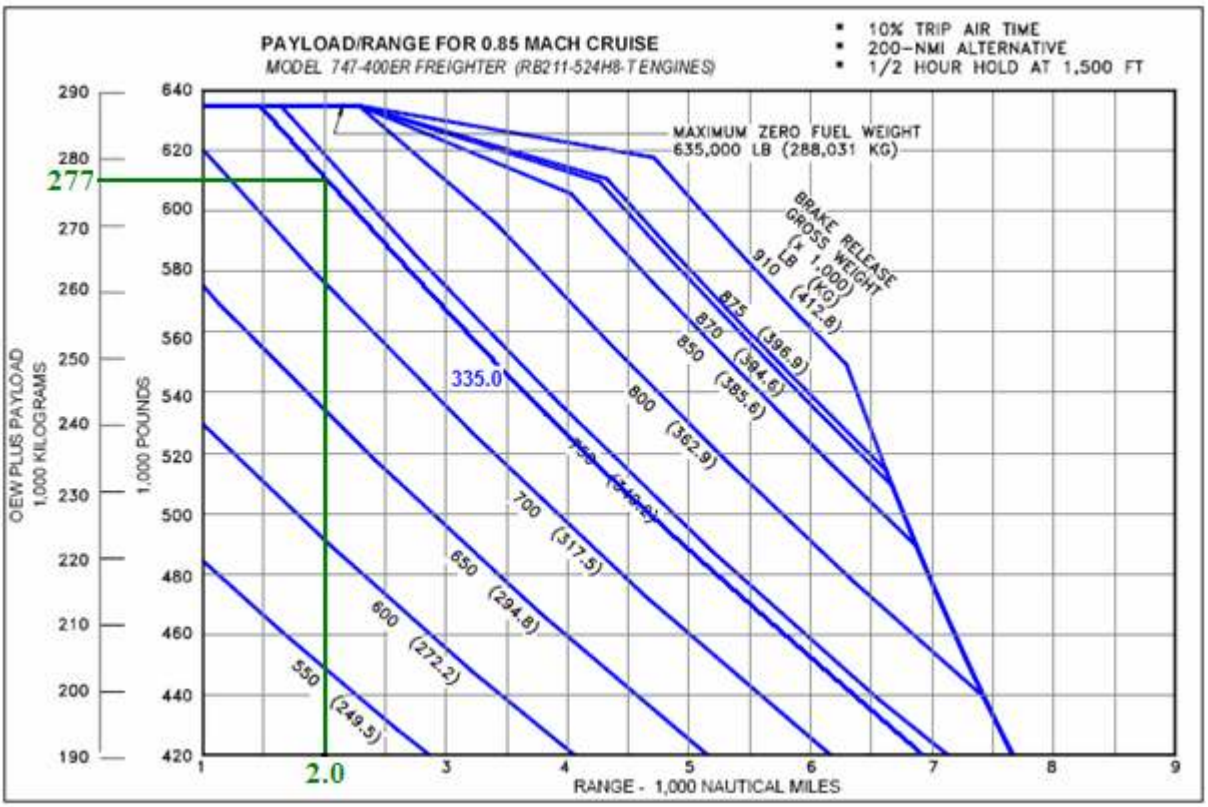


Figura 10: relação entre CP e alcance, com PCN62, para o
Boeing 747-400ER Cargueiro (BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002)

O alcance determinado a partir da capacidade de suporte do pavimento é de 2.000 mn, o que equivale a 3.704 km. Vale lembrar que neste resultado também estão incluídos um acréscimo de 10% no tempo de viagem, combustível necessário para o deslocamento até o aeródromo alternativo localizado a uma distância máxima de 200 mn e para voo em órbita (voo em determinado ponto de espera para que sejam iniciados os procedimentos de aproximação e pouso) de até meia hora a uma altitude de 1500 pés.

## 5.2 CÁCULO DO ALCANCE COM COMPRIMENTO DE PISTA DE 3.200 m

### 5.2.1 Capacidade Máxima de Carga da Aeronave como Limite

Utilizando as mesmas informações relativas à aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro, será calculado alcance previsto para essa aeronave em sua configuração de capacidade máxima de

carga decolando a partir do Aeroporto Internacional Salgado Filho com o comprimento previsto pelo projeto de ampliação da pista de 3.200 m.

Com o mesmo gráfico (figura 8) relativo à temperatura de 32 ° C (15 °C referente à temperatura padrão, acrescido de 17 °C da temperatura do ar), o valor de 3.200 m, previsto pelo projeto de ampliação da pista, é inserido no eixo vertical. Seguindo até a curva representativa do nível médio do mar e descendo até o eixo horizontal, encontra-se o valor de 395.000 kg. Estas informações são encontradas na figura 12.

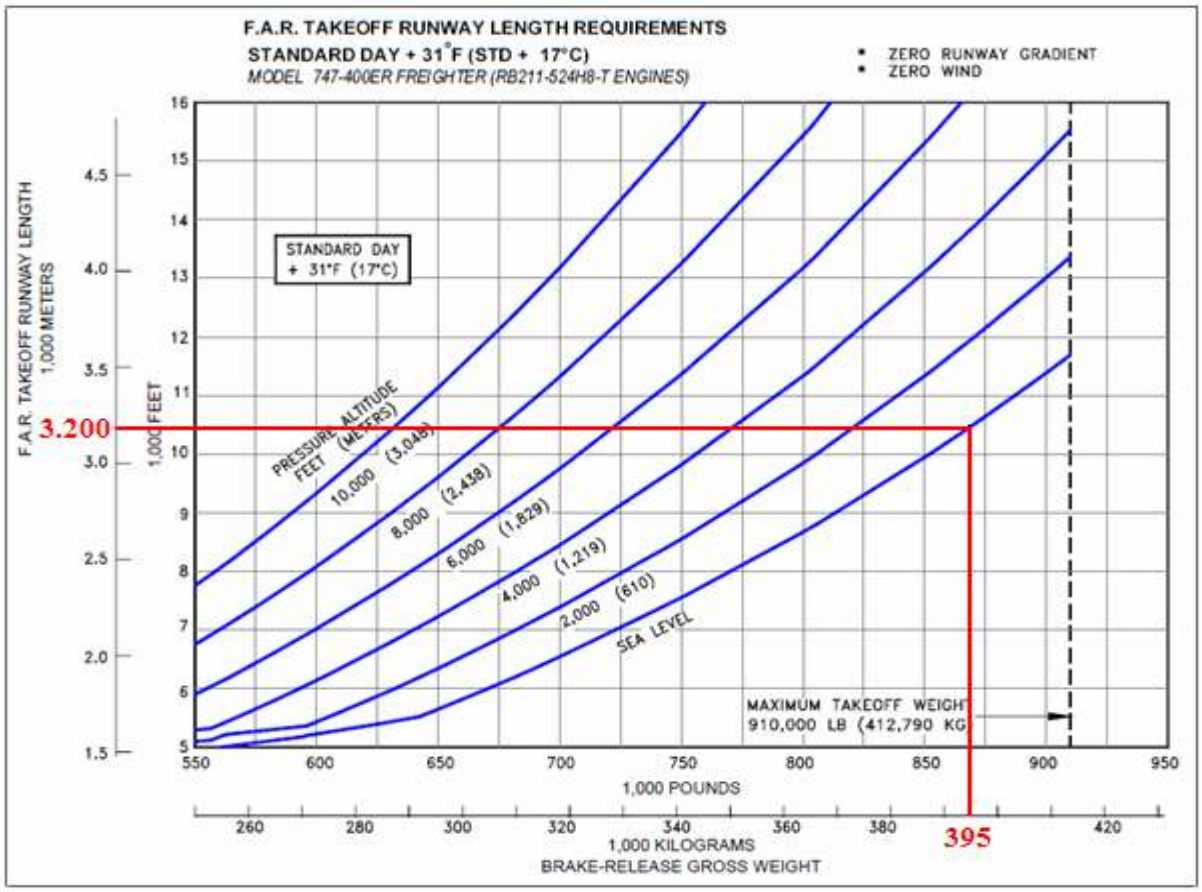


Figura 11: relação entre comprimento de pista de 3.200 m e PMD para o Boeing 747-400ER Cargueiro (BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002)

Este valor representa o PMD possível para o Boeing 747-400ER Cargueiro, a partir do Aeroporto Internacional Salgado Filho com a pista medindo 3.200 m.

Os valores relativos ao Peso Operacional Vazio e Carga Paga Máxima são retirados do quadro 5. Vale ressaltar que os valores do peso operacional vazio e da carga paga máxima não sofrem

alteração. O acréscimo no PMD corresponde à maior quantidade de combustível utilizado no abastecimento da aeronave. O Peso Operacional Vazio somado com a Carga Paga Máxima fornece o mesmo valor encontrado para o caso da pista com 2.280 m. O resultado desta soma esta disponível no quadro 8.

O valor desta soma é inserido no eixo vertical do gráfico disponível na figura 13. Este gráfico relaciona a CP com o alcance para uma velocidade de cruzeiro de 0,85 Mach (1040,4 km/h).

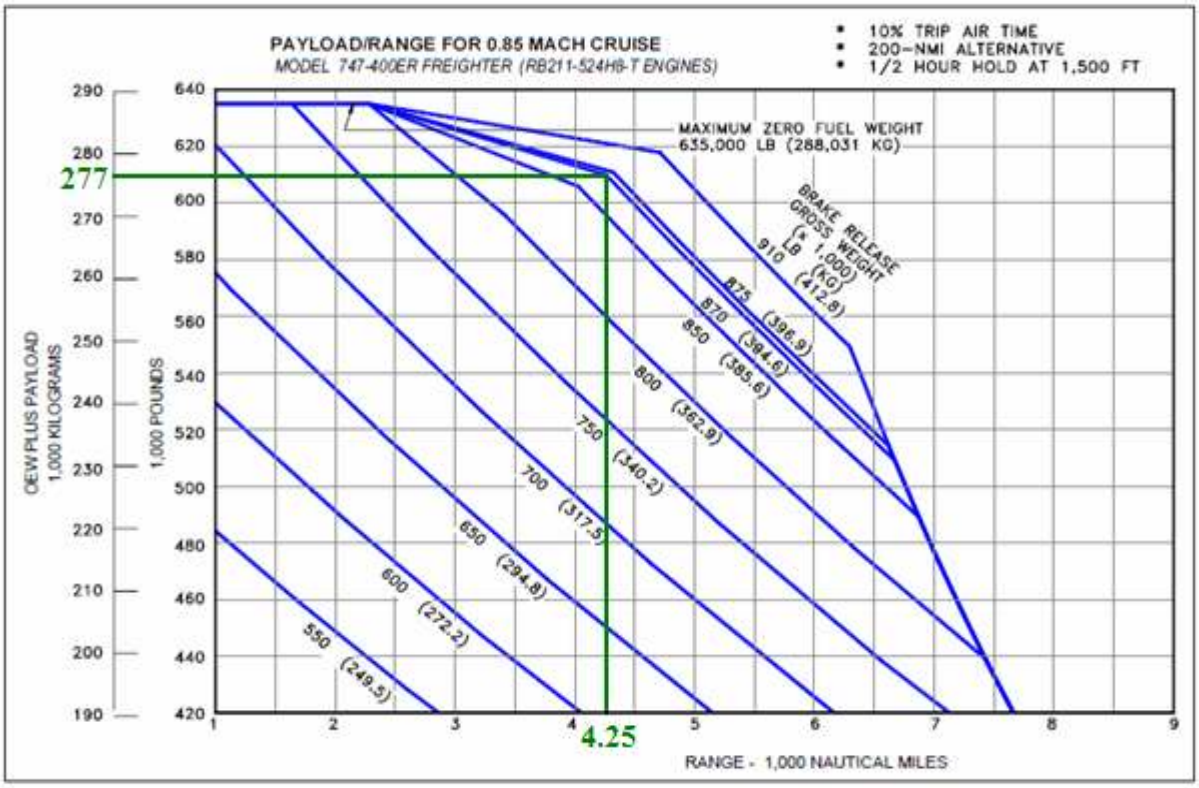


Figura 12: relação entre CP e alcance, com comprimento de pista de 3.200 m, para o Boeing 747-400 ER Cargueiro (BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002)

Seguindo até a curva de 340.200 kg e descendo até o eixo horizontal encontra-se o valor de 4.250 mn, o que equivale a 7.781 km. Este valor corresponde ao alcance da aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro operando a partir do Aeroporto Internacional Salgado Filho com comprimento de pista de 3.200 m e carregamento máximo. Neste resultado também estão incluídos um acréscimo de 10% no tempo de viagem, combustível necessário para o deslocamento até o aeródromo alternativo localizado a uma distância máxima de 200 mn e para voo em orbita (voo em determinado ponto de espera para que sejam iniciados os procedimentos de aproximação e pouso) de até meia hora a uma altitude de 1500 pés.

### 5.2.2 Suporte do Pavimento da Pista como Limite

No projeto de ampliação da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Salgado Filho, está previsto um aumento na capacidade de suporte do pavimento. De acordo com as informações contidas no quadro 4, o PCN da pista passará a valer 69/F/C/X/T.

O gráfico com as informações do ACN, para pavimentos flexíveis, da aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro, está na figura 14. Este gráfico relaciona o ACN da aeronave com o PMD suportado pelo pavimento.

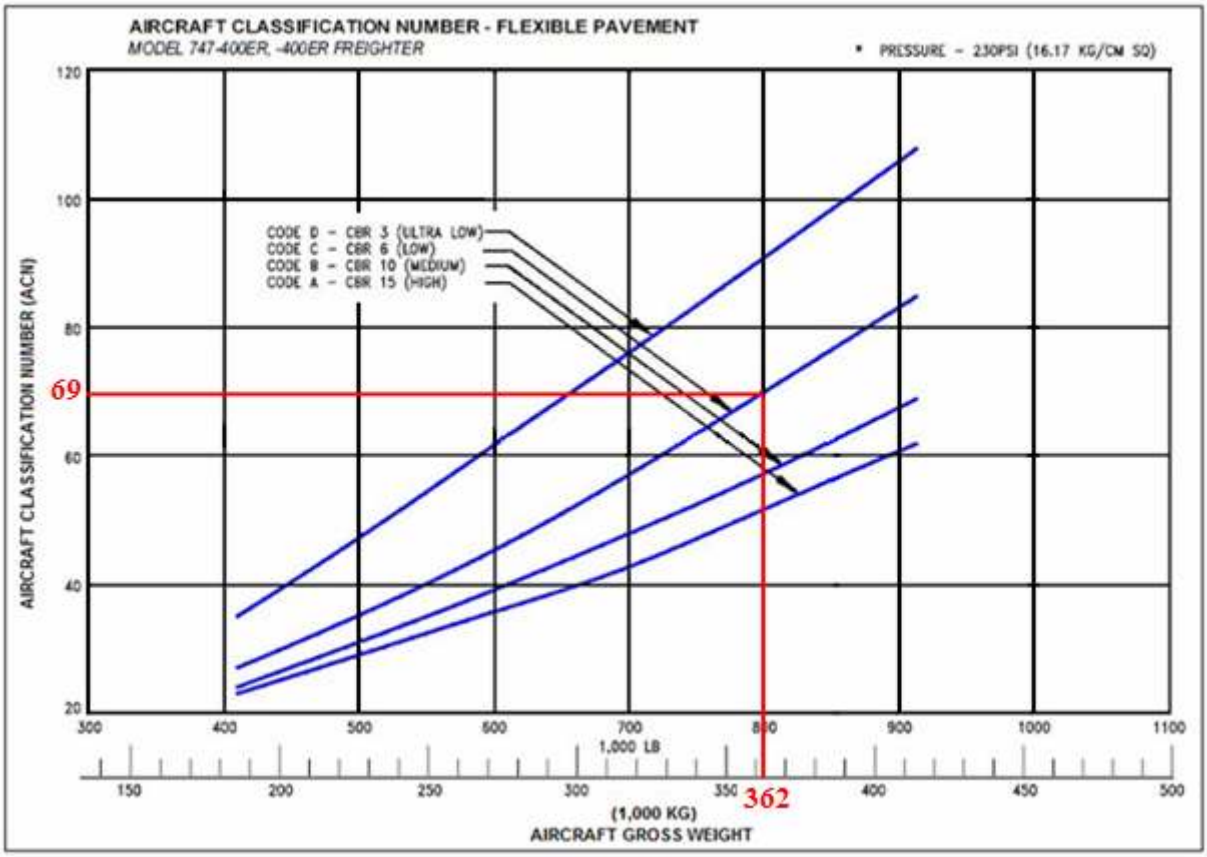


Figura 13: relação entre ACN69 e PMD, para o Boeing 747-400 ER Cargueiro
(BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002)

Inserindo no eixo vertical o valor do ACN igual ao PCN da pista do Aeroporto, cujo valor após o reforço da capacidade suporte do pavimento, será 69, segue-se até a curva ascendente com o código C (resistência do subleito baixa). Descendo até o eixo horizontal, encontra-se um valor de 362.000 kg para o PMD suportado pela pista.

Com o PMD fixado em 362.000 kg, utiliza-se o gráfico que relaciona a CP com o alcance. Introduzindo o valor de 277.145 kg relativos à CP, determina-se o alcance para uma velocidade de cruzeiro de 0,85 Mach (1040,4 km/h).

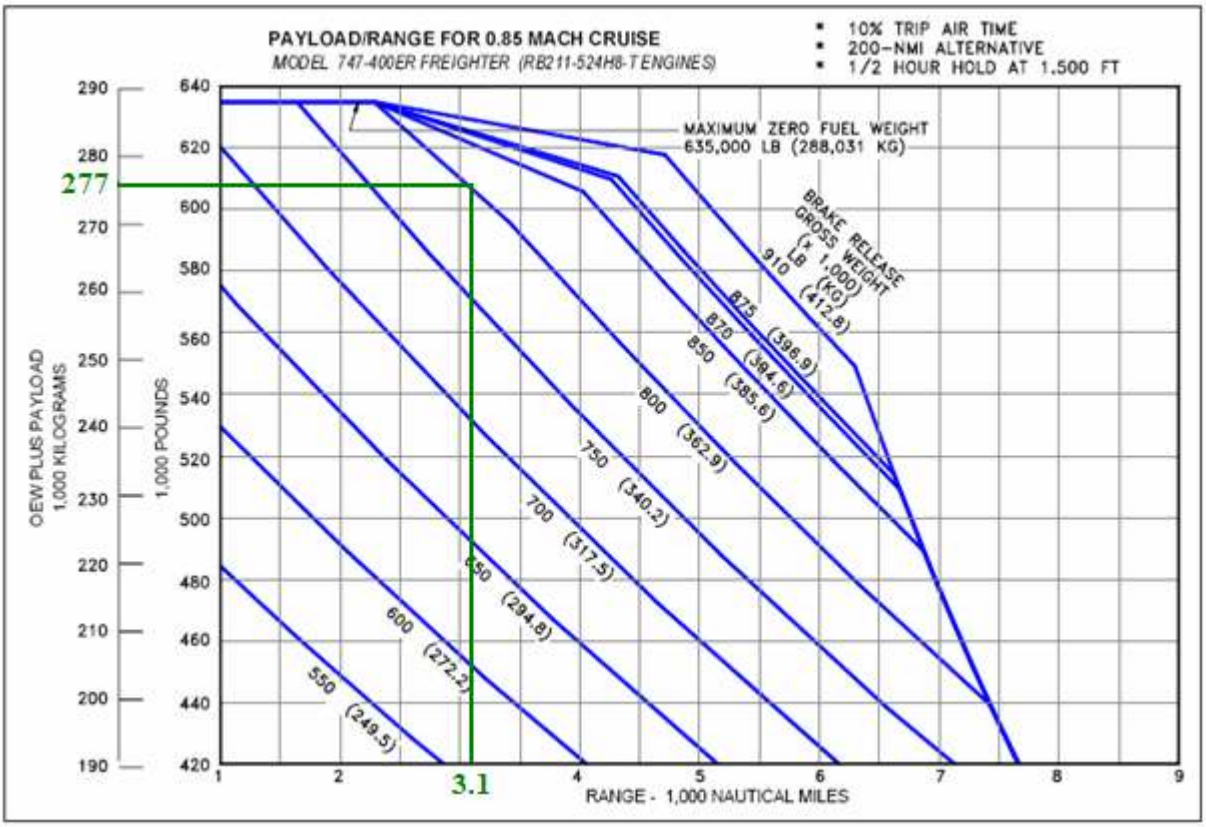


Figura 14: relação entre CP e alcance, com PCN69, para o
Boeing 747-400 ER Cargueiro (BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002)

De acordo com a figura 15, o alcance determinado a partir da capacidade de suporte do pavimento é de 3.100 mn, o que equivale a 5.741 km. Lembrando que neste resultado também estão incluídos um acréscimo de 10% no tempo de viagem, combustível necessário para o deslocamento até o aeródromo alternativo localizado a uma distância máxima de 200 mn e para voo em órbita (voo em determinado ponto de espera para que sejam iniciados os procedimentos de aproximação e pouso) de até meia hora a uma altitude de 1500 pés.

## 5.3 CÁCULO DO PESO MÁXIMO DE POUSO COM COMPRIMENTO DE PISTA DE 2.280 m

### 5.3.1 Capacidade Máxima de Carga da Aeronave como Limite

Utilizando as informações relativas à aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro, será calculado PMP possível para o Aeroporto Internacional Salgado Filho com o atual comprimento de pista de 2.280 m. O gráfico da figura 16 relaciona o comprimento de pista disponível para o pouso, localizado no eixo vertical, com o PMP localizado no eixo horizontal. Cabe ressaltar que este gráfico apresenta valores diferentes dependendo das condições da pista. A curva ascendente de cor azul representa as condições de pista seca, enquanto a curva ascendente de cor vermelha tracejada representa as condições de pista molhada.

Introduzindo o valor de 2.280 m referentes ao atual comprimento de pista no eixo vertical e deslocando até a curva representativa das condições de pista molhada, localizada na mesma altitude do nível do mar, determina-se o PMP de 272.000 kg. Tais condições são válidas para uma situação de vento calmo (velocidade de vento próxima de zero) e desnível geométrico da pista nulo.

Para as condições de pista seca não há necessidade de determinar o PMP. A reta que parte do valor referente ao comprimento de pista de 2.280 m intercepta a curva ascendente azul, representativa das condições para pista seca no nível do mar, além do valor correspondente ao PMP suportado pela estrutura do Boeing 747-400ER Cargueiro.

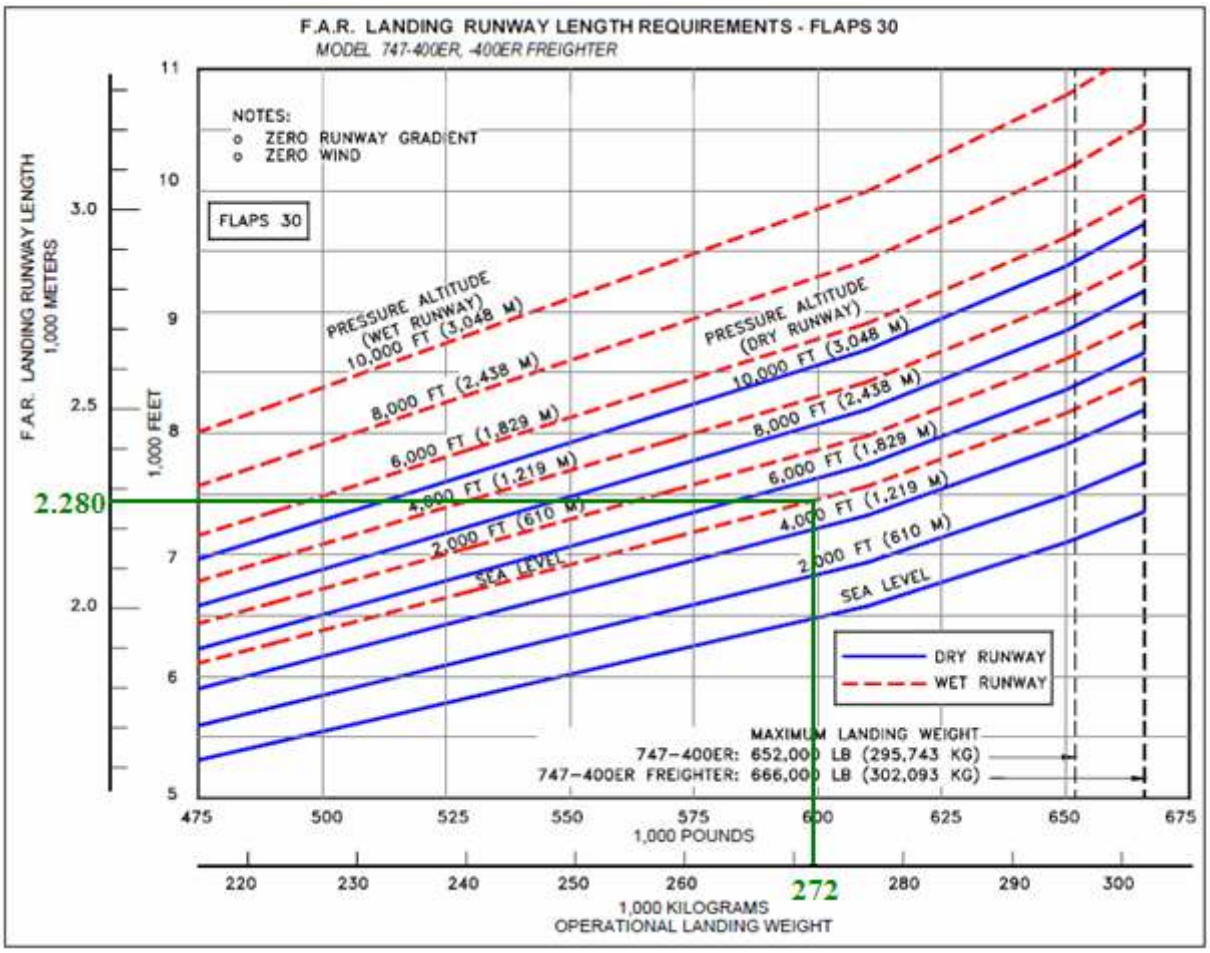


Figura 15: relação entre comprimento de pista de 2.280 m e PMP para o Boeing 747-400ER Cargueiro (BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002)

O valor do PMP da aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro com o atual comprimento de pista de 2.280 m do Aeroporto Internacional Salgado Filho é de 272.000 kg. Cabe ressaltar que este valor é inferior ao PMP suportado pela estrutura da aeronave durante o pouso, cujo valor é 302.093 kg.

Somando o Peso Operacional Vazio, a Capacidade Máxima de Carga e 10% da Capacidade Máxima de Combustível no tanque, no momento do pouso, encontra-se o valor de 293.551 kg. O quadro 10 permite uma melhor visualização desta soma.

| | |
|---|---|
| PESO OPERACIONAL VAZIO | 164.382 kg |
| CARGA PAGA MÁXIMA | 112.763 kg |
| 10% CAPACIDADE MÁXIMA DE COMBUSTÍVEL | 16.406 kg |
| SOMA | 293.551 kg |

Quadro 8: soma entre o Peso Operacional Vazio, a Carga Paga Máxima e 10% da Capacidade Máxima de Combustível no tanque para pouso

Comparando o valor encontrado para o PMP permitido com o resultado da soma do peso operacional vazio, da capacidade máxima de carga e da reserva de 10% da capacidade máxima de combustível, observa-se que o comprimento atual da pista não permite que o Boeing 747-400ER Cargueiro pouse com sua capacidade máxima de carga neste Aeroporto.

Para o atual comprimento de pista de 2.280 m do Aeroporto, a única parcela possível de ser alterada é a CP. Fixando o valor da soma em 272.000 kg, observa-se que o valor da CP diminui para 91.212 kg, o que corresponde a aproximadamente 80% da capacidade máxima de carga.

### 5.3.2 Suporte do Pavimento da Pista como Limite

De acordo com o quadro 1, a atual capacidade de suporte do pavimento da pista do Aeroporto Internacional Salgado Filho, representado pelo PCN, vale 62/F/C/X/T. Utilizando o gráfico da figura 17, que relaciona o ACN da aeronave com o PMP suportado pela pista de pavimento flexível, determina-se o PMP para o Boeing 747-400ER Cargueiro.

Considerado a situação limite onde o valor do ACN do Boeing 747-400ER Cargueiro possui o mesmo valor do PCN da pista e utilizando a curva representativa do código C (baixo suporte do subleito) encontra-se o PMP suportado pela pista.

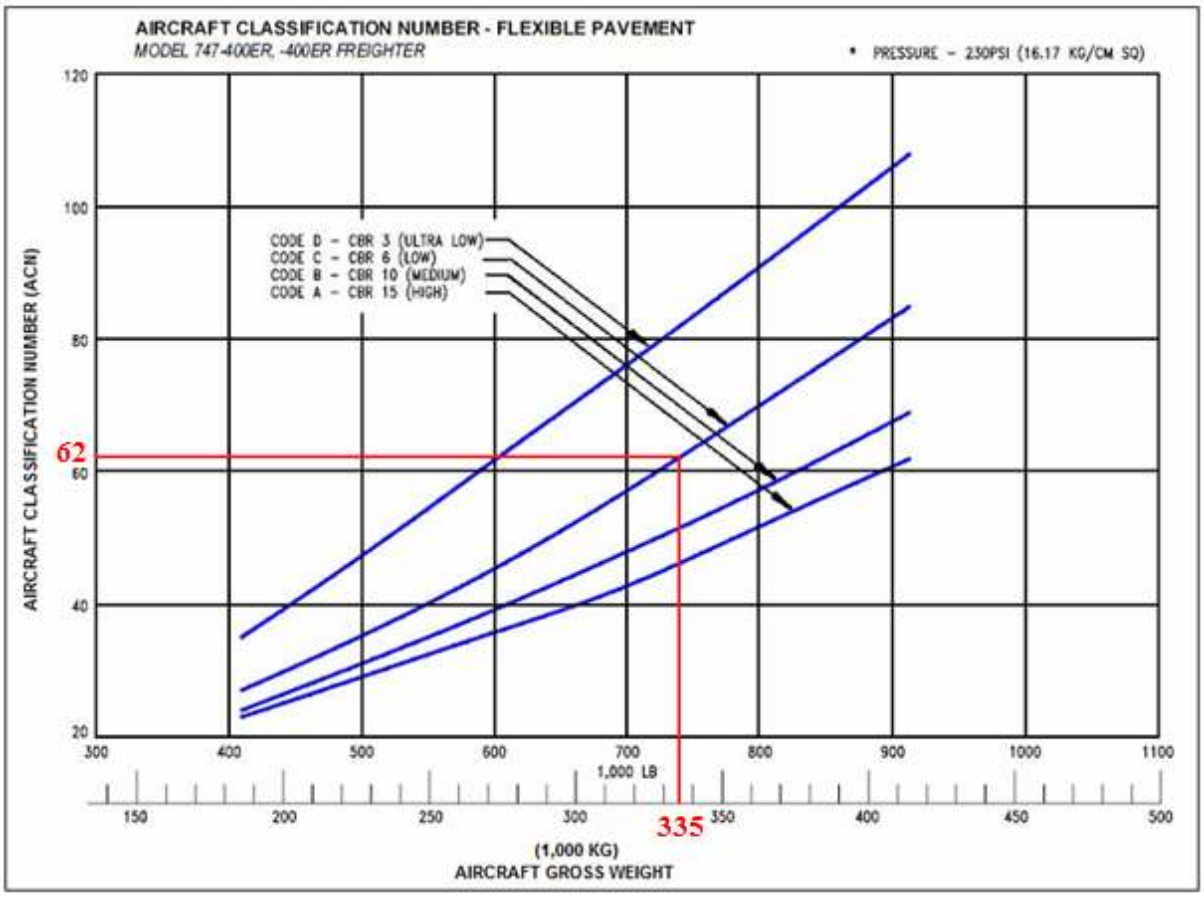


Figura 16: relação entre ACN62 e PMP para o Boeing 747-400ER Cargueiro
(BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002)

O valor encontrado para o PMP da aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro suportado pela pista, com PCN 62/F/C/X/T, vale 335.000 kg.

## 5.4 CÁCULO DO PESO MÁXIMO DE POUSO COM COMPRIMENTO DE PISTA DE 3.200 m

### 5.4.1 Capacidade Máxima de Carga da Aeronave como Limite

A figura 18 contém o gráfico que relaciona o comprimento de pista com o PMP da aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro. Introduzindo no eixo vertical do gráfico o valor previsto no projeto de ampliação da pista para 3.200 m, observa-se que esta aeronave pode realizar o

pouso no Aeroporto Internacional Salgado Filho com sua capacidade máxima de carga sem qualquer restrição imposta pelo comprimento de pista.

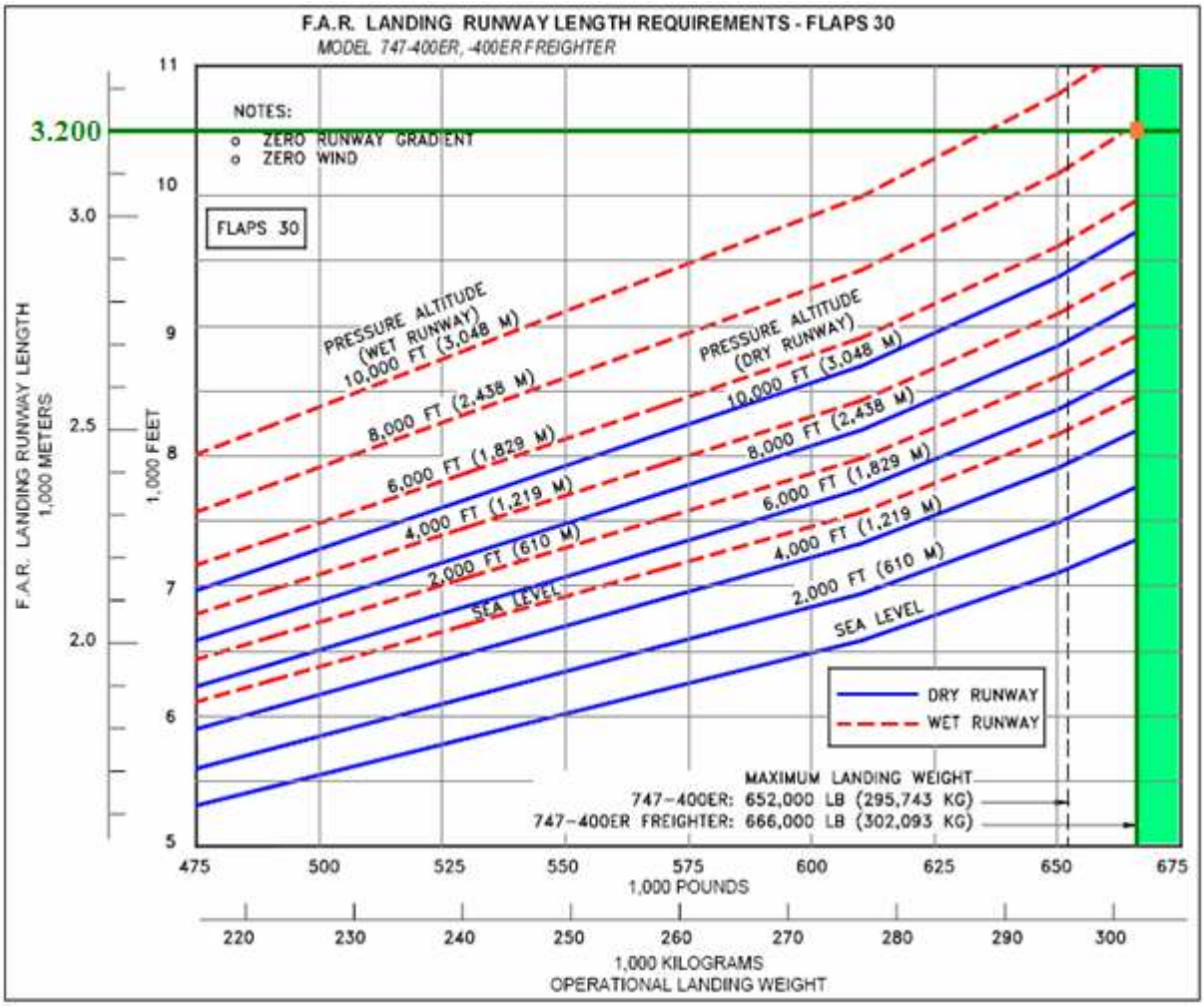


Figura 17: relação entre comprimento de pista de 3.200 m e PMP para o Boeing 747-400ER Cargueiro (BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002)

Ainda em relação ao gráfico da figura 18, vale destacar que a aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro pode pousar em segurança neste Aeroporto tanto em condições de pista seca quanto em condições de pista molhada.

## 5.4.2 Suporte do Pavimento da Pista como Limite

No projeto de ampliação da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Salgado Filho, está previsto, de acordo com o quadro 4, o reforço da capacidade de suporte do pavimento da pista. O valor atual de 62/F/C/X/T passará a ser de 69/F/C/X/T.

O gráfico da figura 19 relaciona o ACN com o peso máximo de pouso do Boeing 747-400ER Cargueiro em uma pista de pavimento flexível. Considerando a situação mais crítica em que o ACN possui o mesmo valor do PCN, determina-se o valor do peso máximo permitido para a aeronave.

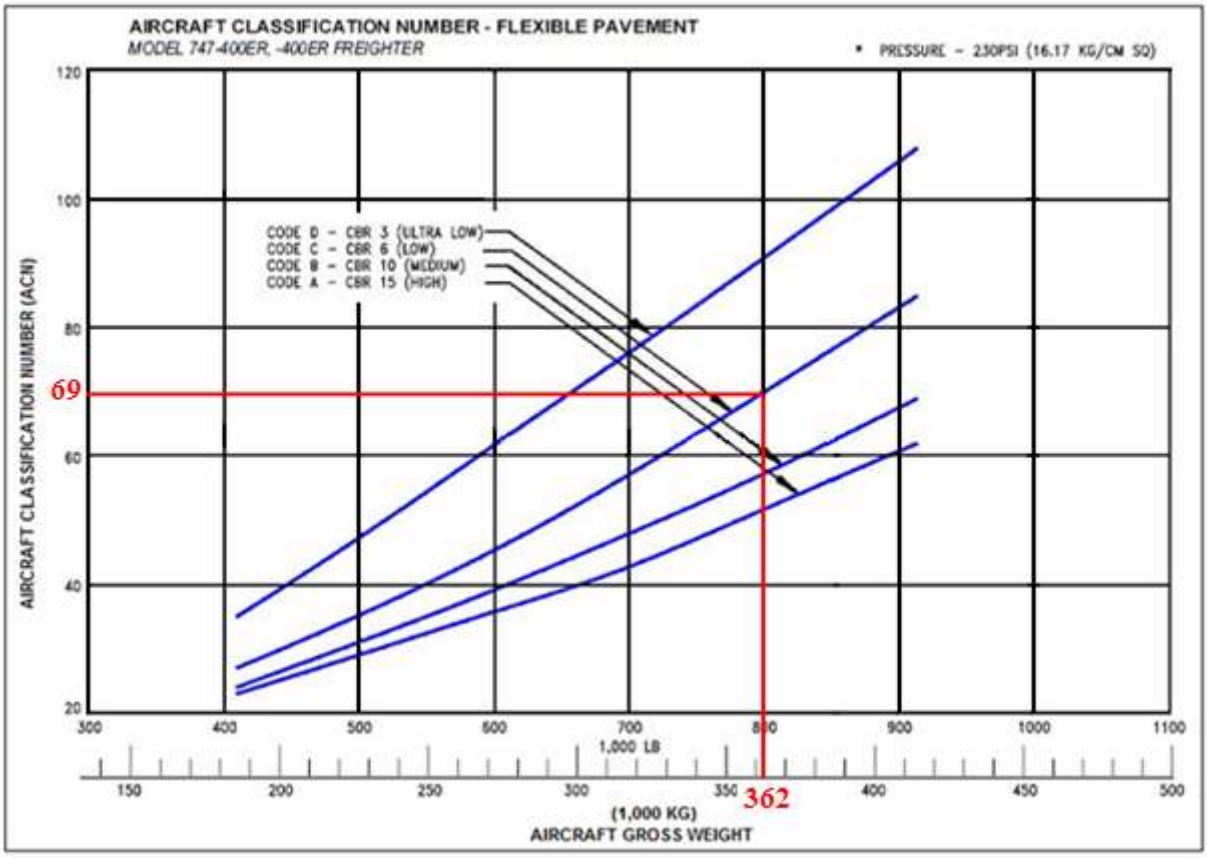


Figura 18: relação entre ACN69 e PMP para o Boeing 747-400ER Cargueiro
(BOEING COMMERCIAL AIRPLANES, 2002)

Assim, deslocando a reta a partir do valor do ACN 69 até a reta ascendente azul de código C (baixa capacidade suporte do subleito), encontra-se o valor de 362.000 kg.

## 5.5 RESUMO DOS LIMITES IMPOSTOS A AERONAVE

No quadro 11, tem-se um resumo dos limites impostos à aeronave pelas características físicas da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Salgado Filho. Nesse quadro estão contemplados os limites para a atual situação da pista e após sua ampliação.

| **ATUAL SITUAÇÃO DA PISTA** | | |
|---|---|---|
| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA PISTA | ALCANCE (km) | PMP (kg) |
| COMPRIMENTO DE PISTA 2.280 m | 4.074 | 272.000 |
| PCN 62/F/C/X/T | 3.704 | 335.000 |
| | | |
| **APÓS AMPLIAÇÃO DA PISTA** | | |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA PISTA | ALCANCE (km) | PMP (kg) |
| COMPRIMENTO DE PISTA 3.200 m | 7.781 | SEM RESTRIÇÃO IMPOSTA PELO COMPRIMENTO DE PISTA |
| PCN 69/F/C/X/T | 5.741 | 362.000 |

Quadro 9: limites impostos ao Boeing 747-400ER Cargueiro na atual situação da pista e após sua ampliação

Cabe salientar que, de acordo com o quadro 5, o PMP suportado pela estrutura da aeronave Boeing 747-400ER Cargueiro é de 302.093 kg. Desta forma, os PMP calculado a partir do valor do PCN, tanto na atual situação quanto após a ampliação da pista, são os PMP teóricos para a aeronave, ficando a mesma limitada pela capacidade suportada pela sua estrutura durante os procedimentos de pouso.

# 6 MOVIMENTO ANUAL DE AERONAVES

A análise da movimentação anual de aeronaves tem como objetivo apresentar os dados relativos à evolução do tráfego aéreo. A partir desta análise é possível fornecer indicadores quantitativos do nível de atividade na unidade aeroportuária. Com estes indicadores, são definidos os parâmetros balizadores, fundamentais para a revisão ou elaboração dos documentos de planejamento da infraestrutura aeroportuária, necessários à ampliação da capacidade de atendimento ao fluxo de aeronaves.

## 6.1 PREVISÃO DO MOVIMENTO DE AERONAVES REALIZADO PELA INFRAERO

Segundo as informações contidas no estudo de demanda fornecido pela Infraero no ano de 2005, tem-se a seguinte previsão para os anos de 2010 e 2015, relacionadas no quadro 12.

| MOVIMENTO ANUAL DE AERONAVES | | | |
|---|---|---|---|
| ANO | PESSIMISTA | MÉDIA | OTIMISTA |
| 2010 | 71.802 | 88.733 | 108.857 |
| 2015 | 91.600 | 113.818 | 140.926 |

Quadro 10: previsão do movimento anual de aeronaves realizado pela Infraero

Os valores acima, relativos à movimentação de aeronaves, previstos para os seus respectivos anos, estão plotados no gráfico da figura 20. Com isso, pode-se visualizar a evolução na quantidade de aeronaves, previstas em cenários de crescimento pessimista, médio e otimista.

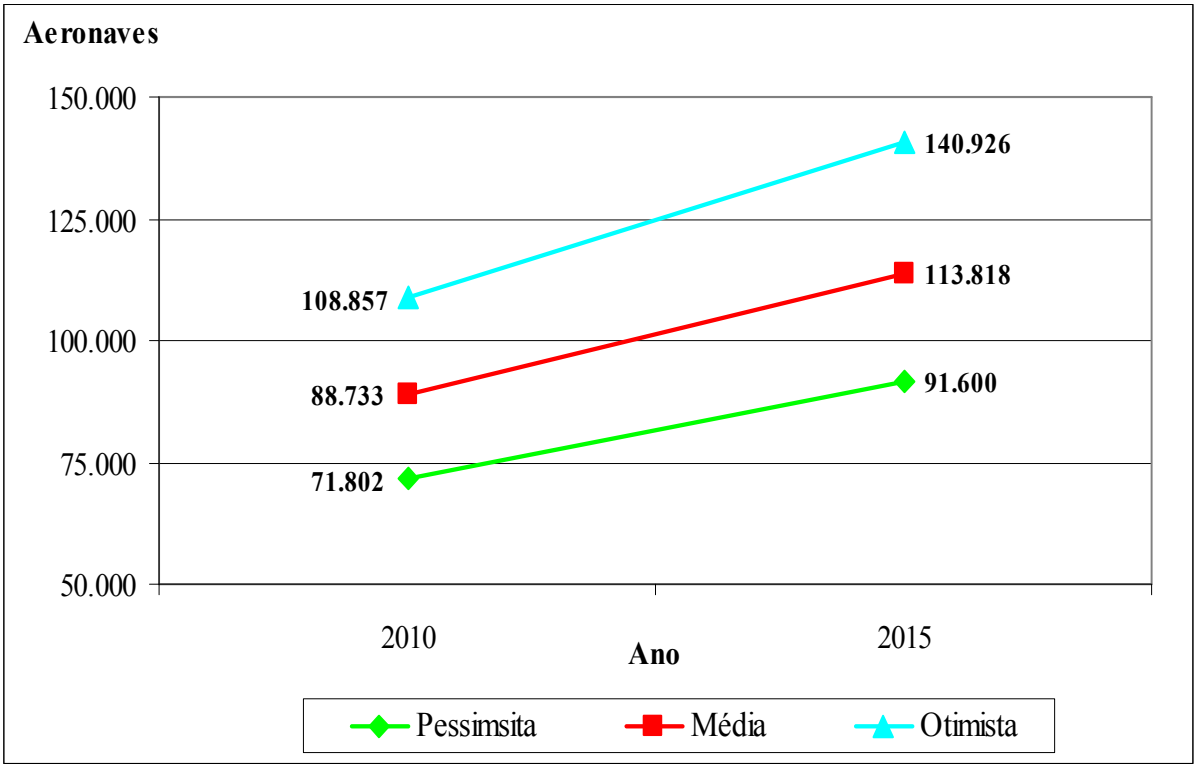


Figura 19: representação gráfica da previsão do movimento anual de aeronaves realizado pela Infraero (BRASIL, 2005)

Vale salientar que esta previsão foi elaborada com as informações relativas à demanda de passageiros até o ano de 2004. A Infraero utiliza o método CAPM para prever a demanda futura de passageiros.

## 6.2 PREVISÃO A PARTIR DO MOVIMENTO ANUAL DE AERONAVES

### 6.2.1 Movimento Anual de Aeronaves de 2003 a 2009

As informações relativas à movimentação de aeronaves no Aeroporto Internacional Salgado Filho, desde o ano de 2003 até o ano de 2009, foram plotados no gráfico da figura 21.

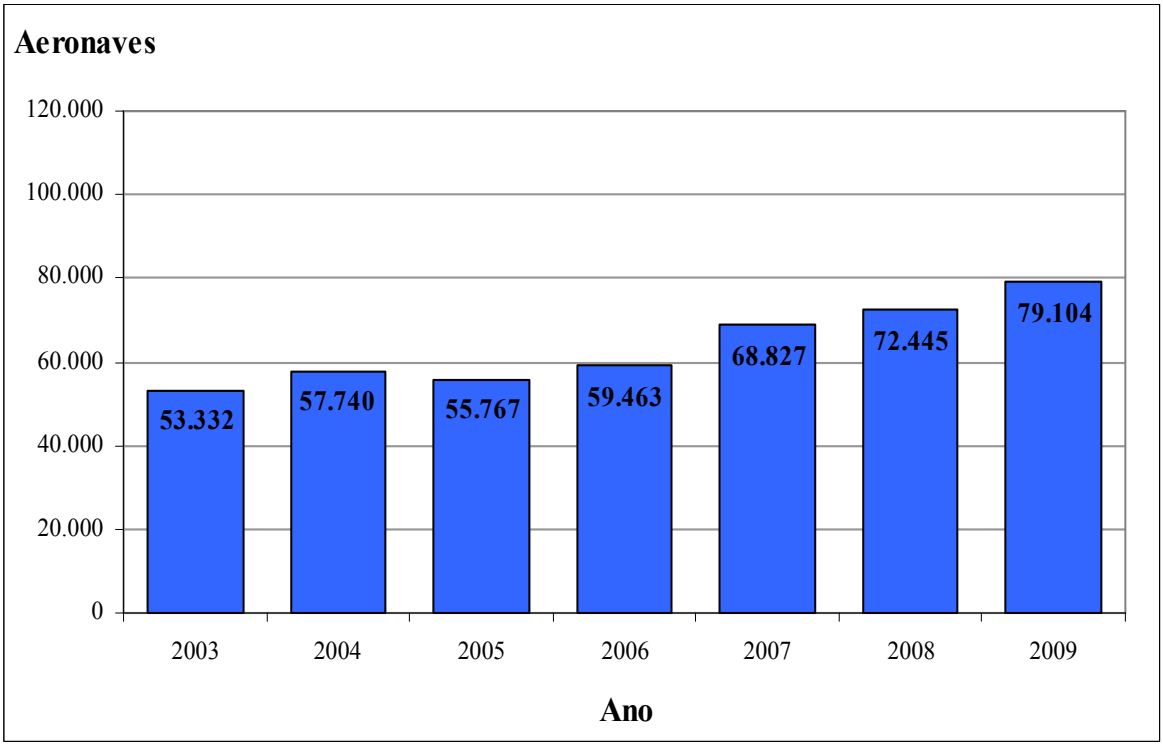


Figura 20: representação gráfica do movimento anual de aeronaves no Aeroporto Internacional Salgado Filho de 2003 a 2009

Pode-se observar que houve uma oscilação nos valores entre o ano de 2003 e 2005 e um crescimento contínuo entre o ano de 2005 e o ano de 2009.

### 6.2.2 Estimativa do Movimento de Aeronaves para o Ano de 2015

Utilizando as informações do gráfico anterior, relativo ao movimento de aeronaves no período de 2003 a 2009, construiu-se um gráfico de dispersão no Microsoft Excel 2003. A partir deste gráfico usa-se a linha de tendência e ajusta-se um polinômio de regressão de terceiro grau. Este polinômio representa o comportamento relativo ao movimento de aeronaves em função do tempo. Através deste modelo pode-se estimar a movimentação anual de aeronaves para o Aeroporto Internacional Salgado Filho. A figura 22 contém as informações relativas à linha de tendência.

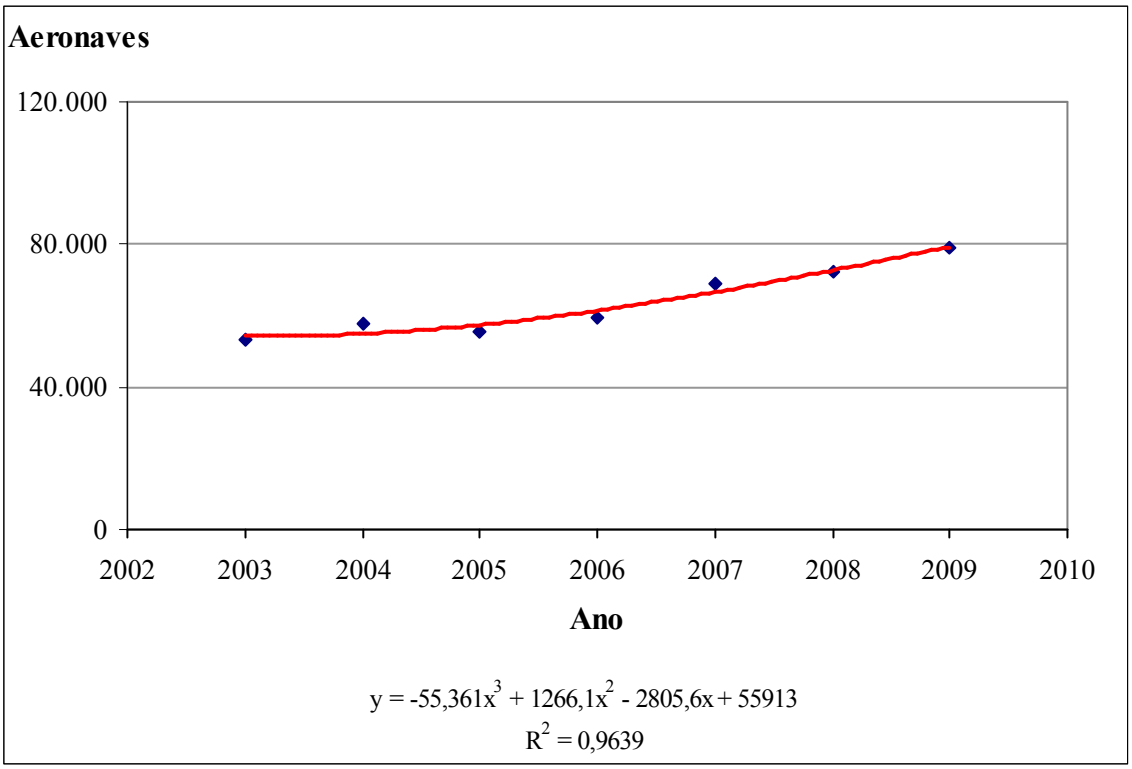


Figura 21: linha de tendência representativa do movimento anual de aeronaves no Aeroporto Internacional Salgado Filho de 2003 a 2009

A linha de tendência, representada pelo polinômio de terceiro grau, teve uma compatibilidade com os valores relativos à movimentação anual de aeronaves de 96,39%. Assim, atribui-se a este polinômio a forma como a movimentação de aeronaves evoluiu de 2003 até 2009.

Utilizando este polinômio, pode-se prever a movimentação de aeronaves do Aeroporto Internacional Salgado Filho até o ano de 2015.

A figura 23 contém as informações relativas à projeção do polinômio, representativo da linha de tendência, até o ano de 2015.

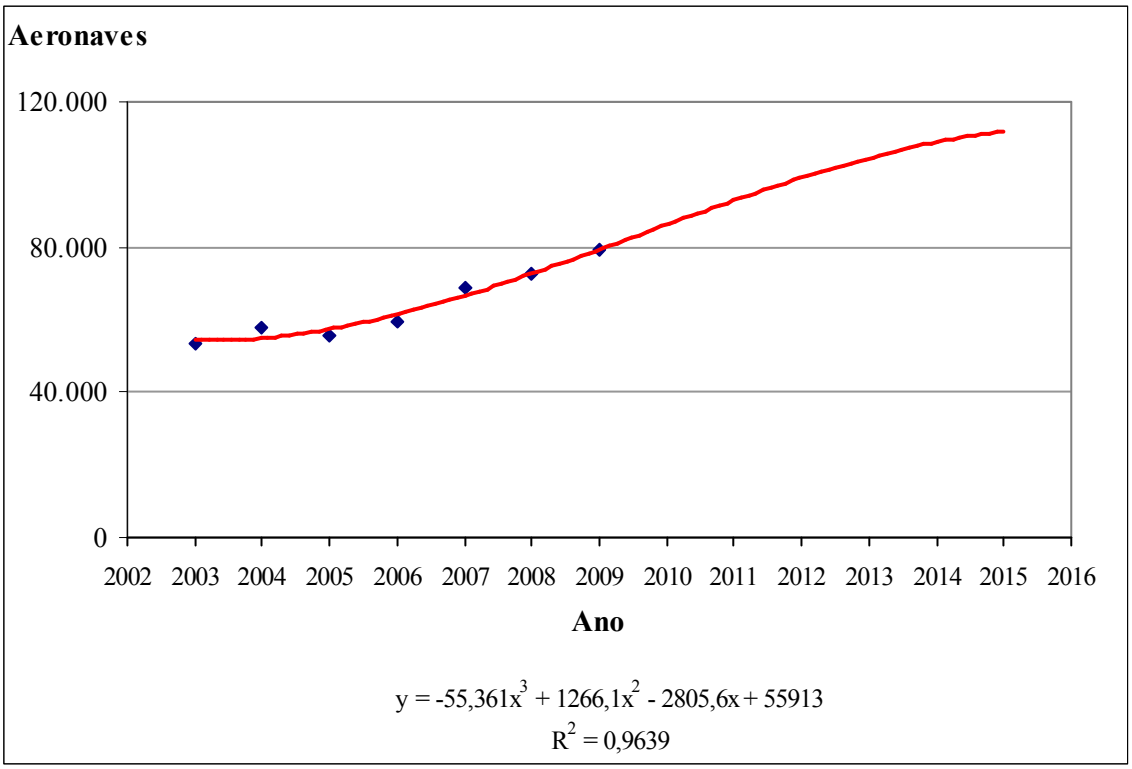


Figura 22: projeção da linha de tendência até o ano de 2015

Os valores previstos, pelo polinômio de regressão, relativos ao movimento de aeronaves de 2010 até 2015 estão relacionados no quadro 14.

| ANO | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AERONAVES | 86.154 | 92.859 | 99.106 | 104.564 | 108.900 | 111.783 |

Quadro 11: previsão do movimento anual de aeronaves no Aeroporto Internacional Salgado Filho a partir do ano de 2010

## 6.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acordo com as informações disponíveis no quadro 15, percebe-se que há uma diferença entre as previsões relativas à movimentação de aeronaves realizada pela Infraero e pelo

método das projeções abordado neste trabalho. Tais diferenças são observadas tanto no acumulado de aeronaves para o ano de 2010 quanto para o ano de 2015.

| MOVIMENTO DE AERONAVES | ANO | AERONAVES |
|---|---|---|
| INFRAERO (média) | 2010 | 88.733 |
| | 2015 | 113.818 |
| | | |
| PREVISTO NESTE ESTUDO | 2010 | 86.154 |
| | 2015 | 111.783 |

Quadro 12: comparação entre os resultados para o movimento de aeronaves a curto prazo no Aeroporto Internacional Salgado Filho

A diferença no movimento anual de aeronaves, previsto para 2010, é de 2.579 aeronaves, valor este que corresponde a 2,91% do valor médio previsto pela Infraero. Já a diferença no movimento de aeronaves previsto para 2015 é de 2.035 aeronaves, esse valor corresponde a 1,79% do valor médio previsto pela Infraero. Estes valores mostram que, a curto prazo, o método das projeções fornece valores próximos ao método adotado pela Infraero.

# 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar-se o quadro 11, que resume todas as informações relativas aos limites impostos ao Boeing 747-400ER Cargueiro palas características físicas da pista do Aeroporto Internacional Salgado Filho, observa-se que na atual situação da pista o alcance da aeronave é limitado pelo PCN da pista, que permite um alcance máximo de 3.704 km. Após a ampliação e reforço da capacidade suporte da pista o alcance será ainda limitado pelo PCN, porém permitirá ao Boeing 747-400ER Cargueiro cobrir uma distância de 5.741 km. O gráfico da figura 24 permite uma melhor visualização.

Figura 23: alcance do Boeing 747-400ER Cargueiro, operando a partir do Aeroporto Salgado Filho, na atual situação da pista e após sua ampliação

A ampliação da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Salgado Filho, permitirá ao Boeing 747-400ER Cargueiro realizar voos, sem escalas, para qualquer cidade da América do Sul e parte da América Central com a máxima capacidade de carga.

Ainda analisando o quadro 11, observa-se que na atual situação do Aeroporto Internacional Salgado Filho, o PMP do Boeing 747-400ER Cargueiro não deve ser superior a 272.000 kg. Este valor corresponde ao limite imposto pelo atual comprimento de pista. Após a ampliação e reforço da capacidade suporte da pista do Aeroporto, o PMP não sofrerá nenhuma restrição devido às características físicas da pista. Desta forma, o Boeing 747-400ER Cargueiro poderá realizar o procedimento de pouso com sua capacidade máxima de carga.

Vale lembrar que a estrutura do Boeing 747-400ER Cargueiro, possui um limite de peso suportado pela estrutura da aeronave durante o procedimento de pouso que, conforme o quadro 5, vale 302.093 kg. Com isso, ressalta-se que, o PMP da aeronave é limitado pela capacidade suporte da sua estrutura. O gráfico da figura 25 contém as informações relativas ao PMP do Boeing 747-400ER Cargueiro operando, a partir do Aeroporto Internacional Salgado Filho, na atual situação da pista e após sua ampliação.

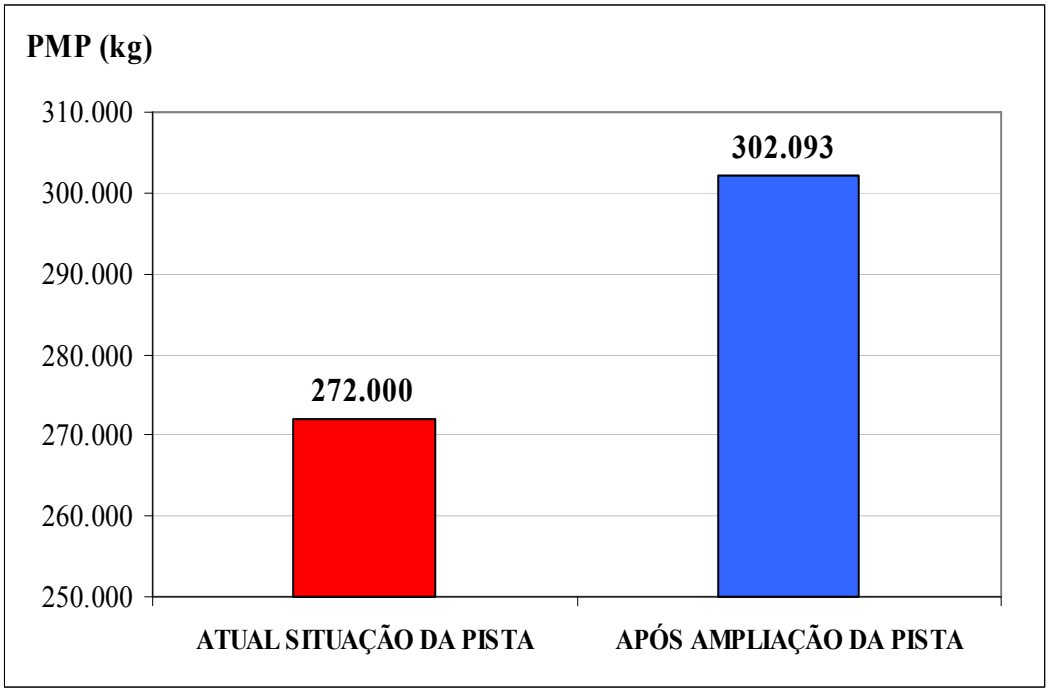


Figura 24: PMP do Boeing 747-400ER Cargueiro na atual situação da pista e após sua ampliação

Observa-se que o atual projeto de ampliação da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Salgado Filho permitirá o pouso do Boeing 747-400ER Cargueiro com sua capacidade máxima de carga. Comparando com a atual situação da pista, esta aeronave poderá pousar neste Aeroporto com um acréscimo de, aproximadamente, 30.093 kg.

A previsão do movimento de aeronaves realizada pela Infraero, para os anos de 2010 e 2015, foi elaborada em 2005 no seu estudo de demanda detalhada para os aeroportos brasileiros. Já os resultados das projeções elaboradas neste estudo, para estes mesmos anos, foram incorporados dados mais recentes em relação ao movimento anual de aeronaves no Aeroporto Internacional Salgado Filho.

Vale ressaltar que, de acordo com o PDA do Aeroporto Internacional Salgado Filho, a ampliação da pista de pouso e decolagem permitirá uma movimentação anual máxima de 210.000 aeronaves. Tomando como base a previsão realizada neste trabalho, em 2010 o movimento anual será de 86.154 aeronaves e corresponderá a 41,03% da capacidade anual máxima. Já em 2015, o movimento anual será de 111.783, representando 53,23% da capacidade máxima suportada pela pista.

Desta forma, o projeto de ampliação da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Salgado Filho permitirá elevar o nível de atendimento às aeronaves dentro dos requisitos de capacidade e segurança operacional.

# REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, R. M. **Um Estudo da Malha Aeroportuária Brasileira.** 2005. 52 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica) ─ Divisão de Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

BOEING COMMERCIAL AIRPLANES. **747-400:** airplane characteristics for airport planning. Seattle, 2002. Disponível em: <http://www.boeing.com/commercial/airports/acaps/747_4.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2010.

_____. Disponível em: <http://www.boeing.com/news/releases/2006/q3/060717c_pr.html>. Acesso em 19 mar. 2010.

BRASIL. Ministério da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil. **Instrução para concessão e autorização de construção, homologação, registro, operação, manutenção e exploração de aeródromos civis e aeroportos brasileiros.** [Rio de Janeiro], 1990. IMA 58-10 IAC 2328-0790. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/arquivos/pdf/IAC%202328.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2009.

_____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil. Instituto de Aviação Civil. **Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros.** Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/arquivos/pdf/manualImplementacaoGeral.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2010.

_____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil. Instituto de Aviação Civil. **Manual de Implementação de Aeroportos.** Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/arquivos/pdf/manualImplementacaoGeral.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2009.

_____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil. Instituto de Aviação Civil. **Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros.** Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/arquivos/pdf/manualImplementacaoGeral.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2010.

_____. Ministério da Defesa. Agência Nacional de Aviação Civil. Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária. Instrução de Aviação Civil. **IAC 105-1001:** resistência de pavimentos dos aeródromos. [Brasília]: D.O.U N°69, S/1, P.7, de 10 de abril de 2008. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/biblioteca/iac/IAC157_1001.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2010.

_____. Ministério da Defesa. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. Aeroporto Internacional Salgado Filho─Porto Alegre, 2010a. Disponível em: <http://www.infraero.gov.br/aero_prev_hist.php?ai=37>. Acesso em: 25 mar. 2010.

_____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Instituto de Cartografia Aeronáutica. Serviço de Informações Aeronáuticas. **AIP BRASIL. Aeródromos.** Rio de Janeiro, 2010b. Disponível em: <http://www.aisweb.aer.mil.br/aisweb_files/AIP-BRASIL/aip_nac_ad2.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2010.

LAPPONI, J. C. **Estatística usando Excel.** 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

HORONJEFF, R. **Aeroportos:** planejamento e projeto. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1966.

SAINTIVE, N. S. **Performance de Aviões a Jato:** peso e balanceamento. 7. ed. São Paulo: ASA, 2008.