

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Júlio Alves Ribeiro Neto

Avaliação de Riscos Operacionais e Levantamento de
Alternativas para Alcance da Segurança Operacional em
Aeroportos Brasileiros

Trabalho de Graduação
2013

Civil

Júlio Alves Ribeiro Neto

**Avaliação de Riscos Operacionais e Levantamento de
Alternativas para Alcance da Segurança Operacional em
Aeroportos Brasileiros**

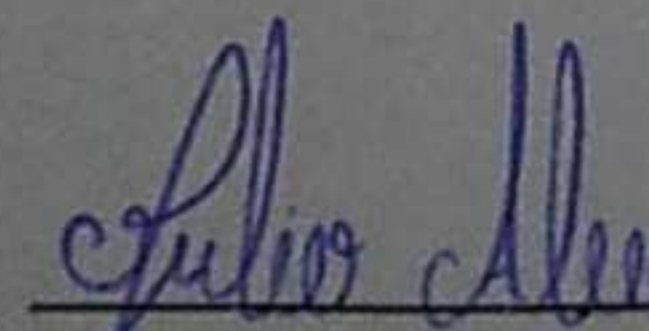
Orientador
Prof. Dr. Anderson Ribeiro Correa (ITA)

Engenharia Civil-Aeronáutica

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2013

autorização



Júlio Alves

Avenida Jo

C

*Dedico este trabalho a minha família,
fonte dos meus princípios, caráter e razão de ser.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Anderson Ribeiro Correa pelo acompanhamento e orientação disponibilizados em todos os esforços para desenvolvimento deste Trabalho de Graduação.

Aos companheiros da CIVIL 12, que me acompanharam durante parte do curso profissional e com os quais compartilhei diversos momentos de felicidade e superação, que ficarão na memória e na amizade para resto da vida.

À minha turma adotiva, CIVIL 13, colegas que me receberam de braços abertos e com os quais tenho a honra de dividir a alegria desses últimos momentos de jornada no ITA.

Aos colegas de apartamento ao longo dos anos de faculdade. Antes desconhecidos no antigo 312, passaram a ser verdadeiros irmãos após as diversas mudanças de endereço, noites de estudos e churrascos nos fundos do 303 e 304. Tê-los como amigos é um dos maiores orgulhos da minha vida.

Aos alunos e companheiros do CASD Vest por me ajudarem a tornar-me uma pessoa melhor e pela oportunidade de fazer parte de algo maior.

À galera de Missão Velha, que sempre me deram forças e palavras de incentivo para continuar caminhando rumo aos meus sonhos. Missão Velha jamais sairá de mim.

A todos aqueles, que direta ou indiretamente, me ajudaram a chegar até aqui. Todos vocês são cúmplices deste incrível momento, fazem parte da minha história e para sempre serão parceiros de jornada.

À minha família, em especial aos meus pais, que sempre me deram certeza diante das dúvidas e coragem frente aos mesmo. Serei eternamente grato por todo apoio e compreensão que me foi dedicado.

A todos os professores da Civil e do Fundamental, pelo tempo dedicado e atenção em transmitir seus conhecimentos e ensinamentos, tão importante para minha formação pessoal e profissional.

*“Se avexe não,
Amanhã pode acontecer tudo, inclusive nada!”*

*Se avexe não,
Toda caminhada começa no primeiro passo!”*

Flávio José

RESUMO

Apesar dos constantes esforços realizados pelas autoridades aeronáuticas e empresas aéreas, os aeroportos brasileiros continuam a apresentar uma série de não-conformidades que comprometem as operações aeroportuárias dentro de um nível aceitável de segurança operacional. Essas falhas na infraestrutura dos aeroportos brasileiros se relacionam aos aspectos físicos do sítio aeroportuário, cujas ações corretivas são bastante onerosas do ponto de vista econômico e político. Dessa maneira, torna-se imprescindível a realização de análises de segurança operacional nos aeroportos brasileiros, bem como um levantamento de alternativas a fim de reduzir os riscos operacionais.

Com tal motivação, este trabalho de graduação propõe-se a realizar uma análise da segurança operacional em sete aeroportos brasileiros através da aplicação de um método internacional de análise de risco, que já considera a ocorrência de landing overrun, landing undershoot e takeoff overrun e que irá avaliar também a ocorrência de veer-off nas operações de pouso e decolagem. Tal análise avalia a probabilidade e a severidade por tipos de evento em função de não conformidades do ponto de vista de engenharia existentes em cada dos sítios aeroportuários analisados. A partir dessa análise, realizou-se a avaliação da segurança operacional para cada aeroporto, bem como um levantamento de alternativas a fim de reduzir os riscos operacionais identificados.

Palavras-Chave: Aeroportos; Transporte Aéreo; Segurança Operacional

ABSTRACT

Despite constant efforts of aviation authorities, airlines, and airport operators, damage to people, aircrafts and ground equipments in operations are still frequent. This fact is compounded by the existence of a series of non-conformities that compromise airport operations within an acceptable level of operational safety. These failures in the infrastructure of Brazilian airports are related to the physical aspects of the airport site, which corrective actions are quite costly in economic and political terms. Thus, it becomes essential to the analysis of operational safety in Brazilian airports, as well as a survey of alternatives in order to reduce operational risks.

With this motivation, this study proposes to conduct safety analysis at seven Brazilian airports through the implementation of an international method of risk analysis, which already considers the occurrence of landing overrun, takeoff overrun and landing undershoot and will also evaluate the occurrence of veer-off on landing and takeoff operations. It evaluates the likelihood and severity of event types due to engineering non-compliance at each of the airport sites examined. This analysis of safety assessment was performed at each airport as well as a survey of alternatives in order to reduce operational risks identified.

Keywords: Airports; Air Transportation; Safety

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Taxa de acidentes fatais no mundo por milhão de vôos	16
Figura 2 – Taxa de acidentes fatais no Brasil por milhão de vôos	16
Figura 3 – Número de ocorrências por tipo de eventos – ACRP Report 50	17
Figura 4 – Distribuição por tipo de evento – ACRP Report 50	18
Figura 5 – Conceito para modelagem de Overruns	28
Figura 6 – Conceito para modelagem de Undershoots	28
Figura 7 – Conceito para modelagem de Veer-offs.....	29
Figura 8 – Sequência de atividades para avaliação de segurança operacional	31
Figura 9 – Ocorrência do evento de Undershoot	33
Figura 10 – Ocorrência do evento de Overrun	33
Figura 11 – Ocorrência do evento de Veer-off.....	34
Figura 12 – Modelo típico para localização longitudinal	48
Figura 13 – Modelo típico para localização transversal	49
Figura 14 – Sistema de referências para a ocorrência de overruns	50
Figura 15 – Sistema de referências para a ocorrência de undershoots	50
Figura 16 – Sistema de referências para ocorrência de veer-offs.....	50
Figura 17 – Modelos de localização para desvio longitudinal – ACRP Report 03.....	52
Figura 18 – Modelos de localização para desvio transversal – ACRP Report 03	52
Figura 19 – Modelos de localização para desvio longitudinal – ACRP Report 50.....	53
Figura 20 – Modelos de localização para desvio transversal - ACRP Report 50	53
Figura 21 – Disposição de um impacto entre aeronave e obstáculo	56
Figura 22 – Cenários de impactos de uma aeronave.....	56
Figura 23 – Custos diretos de acidentes e incidentes	57
Figura 24 – Aeroporto Internacional de Guarulhos	58
Figura 25 – Aeroporto Internacional de Manaus	59
Figura 26 – Aeroporto Internacional Tom Jobim	60
Figura 27 – Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek	61
Figura 28 – Aeroporto Internacional Val de Cans	62
Figura 29 – Aeroporto Internacional Salgado Filho	63
Figura 30 – Aeroporto Internacional Gilberto Freire	64
Figura 31 – Número de ocorrências por tipo e evento – ACRP Report 03	66

Figura 32 – Distribuição por tipo de evento – ACRP Report 03	66
Figura 33 – Obstáculos no Aeroporto Internacional de Guarulhos	71
Figura 34 – Obstáculos no Aeroporto Internacional do Galeão	72
Figura 35 – Obstáculos no Aeroporto Internacional de Brasília.....	72
Figura 36 – Obstáculos no Aeroporto Internacional de Porto Alegre	73
Figura 37 – Obstáculos no Aeroporto Internacional de Recife.....	73
Figura 38 – Obstáculos no Aeroporto Internacional de Belém.....	74
Figura 39 – Obstáculos no Aeroporto Internacional de Manaus	74
Figura 40 – Distribuição de frequência por severidade de riscos	82
Figura 41 – Índices de segurança operacional nos aeroportos analisados	89
Figura 42 – Aumento das dimensões da Runway Safety Area (RSA)	91
Figura 43 – Mudança de pista para aumento da Runway Safety Area (RSA).....	91
Figura 44 – Dimensões declaradas para aumento da Runway Safety Area (RSA)	92
Figura 45 – EMAS para redução das dimensões da Runway Safety Area (RSA).....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Discriminação dos eventos por aeroportos.....	24
Tabela 2 – Movimento nos aeroportos que ocorreram eventos	25
Tabela 3 – Frequência de eventos por tipo e por aeroporto	25
Tabela 4 – Definição qualitativa para probabilidade de eventos	29
Tabela 5 – Definição da severidade das consequências de um evento	30
Tabela 6 – Matriz de Probabilidade e Severidade	30
Tabela 7 – Dados sobre condições normais de operação.....	35
Tabela 8 – Características das aeronaves críticas de projeto	36
Tabela 9 – Classes das aeronaves em análise	36
Tabela 10 – Classes de uso das aeronaves em análise.....	36
Tabela 11 – Condições meteorológicas para SBGU, SBMN, SBGL e SBBS	38
Tabela 12 – Condições meteorológicas para SBBE, SBPA e SBRF	38
Tabela 13 – Variáveis independentes utilizadas nos modelos de frequência	41
Tabela 14 – Valores de referência das variáveis independentes utilizadas nos modelos de frequência – ACRP Report 03	43
Tabela 15 – Valores de referência das variáveis independentes utilizadas nos modelos de frequência – ACRP Report 50	44
Tabela 16 – Coeficientes das variáveis independentes utilizadas para os modelos de regressão – ACRP Report 50	46
Tabela 17 – Modelos de localização da aeronave por tipo de evento – ACRP Report 03.....	51
Tabela 18 – Modelos de localização da aeronave por tipo de evento – ACRP Report 50	51
Tabela 19 – Critérios para adequação do evento à matriz de severidade	55
Tabela 20 – Categoria dos obstáculos em função da velocidade máxima de colisão ..	55
Figura 21 – Probabilidade de acidentes/incidentes – ACRP Report 03.....	65
Figura 22 – Probabilidade de acidentes/incidentes – ACRP Report 50	67
Figura 23 – Condições que maximizam a ocorrência de acidentes - ACRP Report 03	69
Figura 24 – Condições que maximizam a ocorrência de acidentes - ACRP Report 50	69

Figura 25 – Condições que minimizam a ocorrência de acidentes - ACRP Report 50	70
Figura 26 – Probabilidades de ocorrências máximas e mínimas por tipo de evento ...	70
Figura 27 – Não-conformidades existentes nos aeroportos analisados	75
Figura 28 – Diferença dos resultados - ACRP Report 03 x ACRP Report 50	76
Figura 29 – Probabilidade de ocorrência de impacto com os obstáculos - ACRP Report 03.....	77
Figura 30 – Probabilidade de ocorrência de impacto com os obstáculos - ACRP Report 50.....	78
Figura 31 – Probabilidade de ocorrência de impacto em eventos de veer-offs.....	79
Figura 32 – Severidade do risco por obstáculos e tipos de evento	80
Figura 33 – Quantidade de obstáculos por severidade de riscos	82
Figura 34 – Severidade global dos aeroportos analisados	83
Figura 35 – Definição de Categorias de Risco.....	84
Figura 36 – Categorias de risco para os aeroportos analisados – ACRP Report 03.....	85
Figura 37 – Categorias de risco para os aeroportos analisados – ACRP Report 50.....	86
Figura 38 – Distribuição das categorias de riscos por aeroporto	88
Figura 39 – Índice global de avaliação de riscos	88

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil
ACRP – Airport Cooperative Research Program
CENIPA – Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CRM – Collision Risk Model
DAC – Departamento de Aviação Civil
EMAS - Engineered Material Arresting System
FAA – Federal Aviation Administration
ICAO – International Civil Aviation Organization
ILS – Instrument Landing System
INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
LDOR – Landing Overrun
LDVOFF – Landing Veer-off
LDUS – Landing Undershoot
NSCA – Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica
OACI – Organização da Aviação Civil Internacional
PSO – Programa de Segurança Operacional
REDEMET – Rede Meteorológica da Aeronáutica
RSA – Runway Safety Area
SIPAER – Sistema de Investigação e Prevenção de Sistemas Aeronáuticos
TOOR – Takeoff Overrun
TOVOFF – Takeoff Veer-off
TRB – Transportation Research Board
VOFF – Veer-off

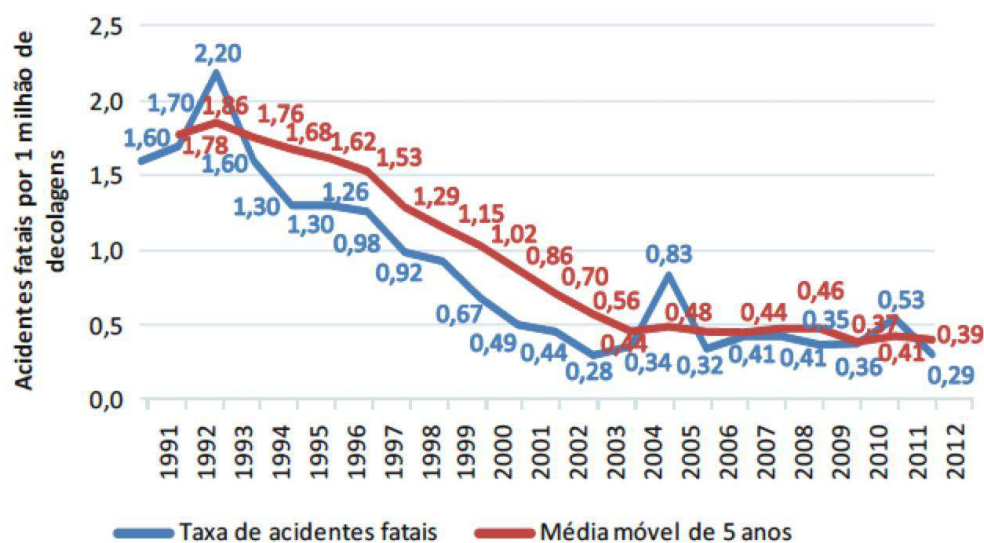
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1. Histórico da segurança operacional em aeroportos	21
2.2. Veer-offs, undershoots e overruns nos Aeroportos Brasileiros	23
2.3. Práticas vigentes para garantia da segurança operacional em Aeroportos Brasileiros	26
3. METODOLOGIA	27
3.1. Estrutura e métodos utilizados	27
3.2. Escolha dos aeroportos para análise	31
3.3. Tipos de eventos	32
3.4. Coleta de dados	34
3.4.1. Operações & Aeronaves	34
3.4.2. Condições Meteorológicas	37
3.4.3. Não-conformidades nos sítios aeroportuários	39
3.5. Desenvolvimento dos modelos de avaliação de riscos	40
3.5.1. Probabilidade de ocorrência dos eventos	41
3.5.2. Probabilidade de localização por evento	48
3.5.2. Consequências por tipo de evento	54
4. AVALIAÇÃO DE RISCOS OPERACIONAIS PARA OS AEROPORTOS BRASILEIROS	58
4.1. Características do aeroportos brasileiros em análise	58
4.1.1. Aeroporto Internacional André Franco Montoro (SBGR)	58
4.1.2. Aeroporto Internacional Eduardo Gomes (SBEG)	59
4.1.3. Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim (SBGL)	60
4.1.4. Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek (SBBR)	61
4.1.5. Aeroporto Internacional Val de Cans (SBBE)	62
4.1.6. Aeroporto Internacional Salgado Filho (SBPA)	63
4.1.7. Aeroporto Internacional Gilberto Freire (SBGR)	64
4.2. Determinação das probabilidades de ocorrência de eventos	65
4.3. Condições críticas para segurança operacional	68
4.4. Determinação da probabilidade de localização por tipo de evento	71
4.4.1. Seleção dos obstáculos nos sítios aeroportuários	71
4.4.2. Determinação da probabilidade de impacto com obstáculos selecionados	76
4.5. Severidade de ocorrência dos eventos analisados	79
5. AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA OPERACIONAL	84
6. ALTERNATIVAS PARA ALCANCE DA SEGURANÇA OPERACIONAL	90
7. CONCLUSÕES	93
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1 Introdução

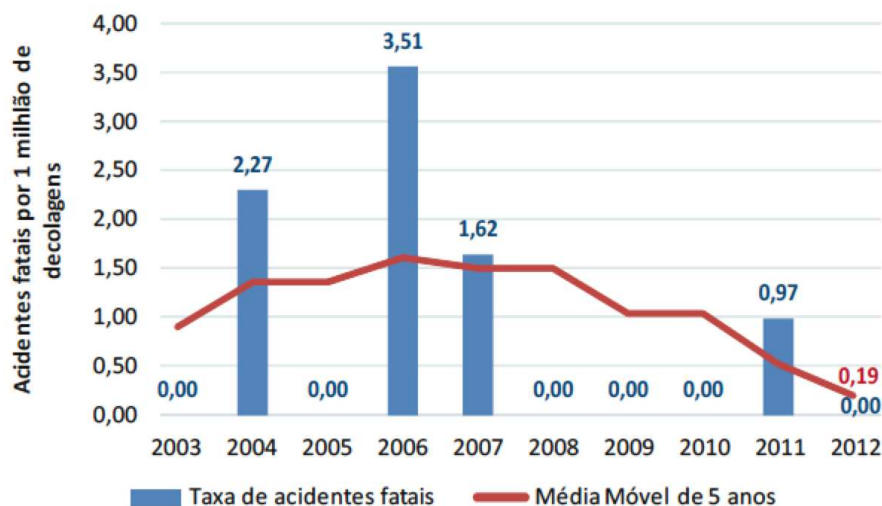
Nas últimas décadas, o transporte aéreo mundial tem alcançado elevadas taxas de segurança operacional, apresentando indicadores cada vez menores de acidentes por operações. Prova disso é que ao longo dos últimos 15 anos houve uma significativa redução da taxa mundial de acidentes fatais por milhão de vôos, conforme apresenta a Figura 1.

Figura 1: Taxa de acidentes fatais no mundo por milhão de vôos (ANAC, 2012)



O transporte aéreo brasileiro também segue uma tendência semelhante, como mostra a Figura 2.

Figura 2: Taxa de acidentes fatais no Brasil por milhão de vôos (ANAC, 2012)



Tal redução é resultado em grande parte da evolução das aeronaves utilizadas, que passaram a garantir maior segurança ao longo do vôos. Mesmo assim, percebe-se um leve crescimento da taxa de acidentes nos últimos anos. Esse crescimento pode ser consequência do aumento das operações aéreas, impulsionado pela relativa desregulamentação do transporte aéreo brasileiro e pela deficiência de investimentos na infraestrutura aeroportuária, comprometendo a integridade operacional da aviação brasileira.

Dados históricos obtidos entre os anos de 1995 e 2004 demonstram que 71% dos acidentes e incidentes ocorridos no mundo com aeronaves a jato ocorreram durante as operações de pouso e decolagem e 41% das ocorrências a bordo e um terço das fatalidades no transporte aéreo se deram nas situações de pouso e decolagem (BOEING, 2005). Em tais operações, os eventos com as aeronaves estão muitas vezes relacionados com a ocorrência dos fenômenos de Landing Undershoot (LDUS), que é configurado quando a aeronave realiza o pouso antes da cabeceira da pista em operação, Landing Overrun (LDOR), que é tido quando a aeronave pousa após o final da pista em operação, e Takeoff Overrun (TOOR), caracterizado quando o avião ao decolar não consegue levantar vôo antes do término do comprimento da pista (CAVES, 1996). Além dos eventos citados anteriormente, há também a ocorrência de Veer Off (VOFF), que corresponde ao desvio lateral da aeronave com relação ao eixo de pista e que pode acontecer simultaneamente com os fenômenos já citados, seja no pouso (LDVOFF) ou na decolagem (TOVOFF). As Figuras 3 e 4 demonstram os principais indicadores de incidentes destas categorias em nível internacional (AYRES et al., 2011).

Figura 3: Número de ocorrências por tipo de evento (AYRES et al., 2011)

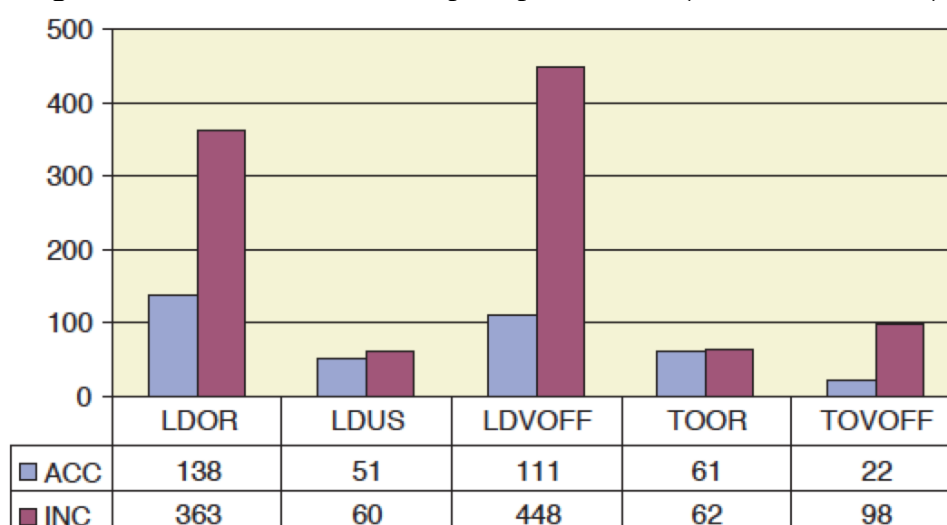
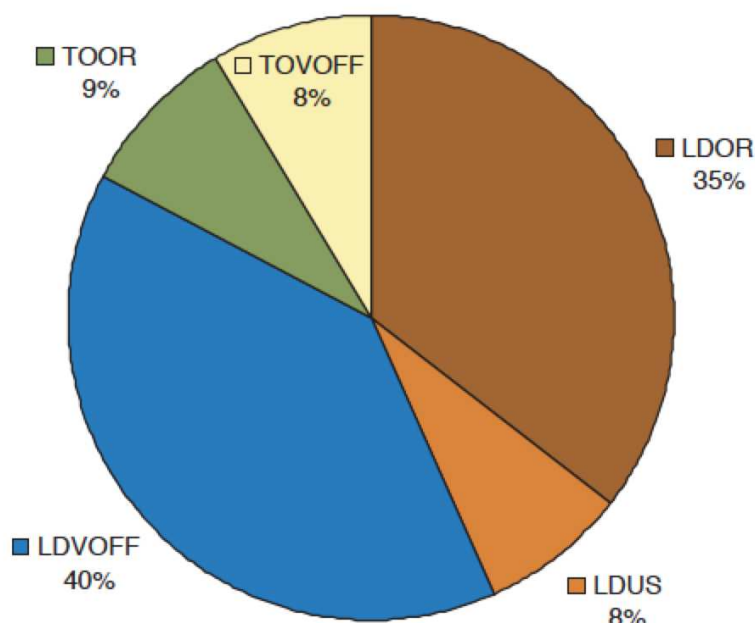


Figura 4: Distribuição por tipo de evento (AYRES et al., 2011)

A fim de reduzir os riscos de ocorrência dos eventos nas três categorias mencionadas anteriormente, é necessário quantificar o risco associado aos pousos e decolagens quando da presença de determinados fatores no sítio aeroportuário e das características da aeronave. A partir dos valores obtidos para a ocorrência de um evento, caso a taxa de ocorrência com relação ao número total de movimentos (operações de pouso e decolagem) for maior que o limite de 10^{-7} (uma ocorrência a cada 10 milhões de operações), conforme preconizado pelo Anexo 14 da ICAO (Internacional Civil Aviation Organization) e identificado os fatores intervenientes que influenciam no risco da operação aeroportuária, será necessário corrigir as não-conformidades presentes a fim de aumentar a segurança operacional no aeroporto analisado (DAC, 2004).

Além da quantificação da probabilidade de ocorrência de um acidente aéreo, é necessário avaliar os seus possíveis impactos, caso efetivamente ocorra um acidente ou incidente nas operações de um determinado sítio aeroportuário. Dessa maneira, surge a necessidade de obter a probabilidade de localização para a aeronave, pois a depender da posição ocupada pela aeronave no do espaço físico do aeroporto, será comprometido o funcionamento dos elementos operacionais que constituem o aeródromo (EDDOWES et al., 2001). Também se busca analisar as possíveis posições de localização da aeronave quando ocorrido um acidente a fim de realizar a

verificação do dimensionamento e da localização da área de segurança da pista de pouso e decolagem, em inglês, RSA (Runway Safety Area) (HALL et al., 2008).

A partir da análise de probabilidade de ocorrência de um evento de undershoot, overrun ou veer-off nas operações de pouso e decolagem, bem como a localização da aeronave quando ocorrido o suposto evento, torna-se possível analisar os impactos de um possível acidente em determinado aeroporto, permitindo a identificação de eventuais não-conformidades na infraestrutura aeroportuária e possibilitando a avaliação da severidade das consequências da ocorrência de acidentes e incidentes. A severidade dos acidentes depende, dentre outros fatores, do tipo de obstáculo existente e velocidade do choque. Quanto maior a severidade, maiores serão os danos a equipamentos e pessoas existentes na aeronave. Segundo Medeiros (2009), que desenvolveu uma análise de não-conformidades construtivas em 8 dos 20 maiores aeroportos Brasileiros, existiam à época 74 não-conformidades nos aeroportos Brasileiros. Muitas destas não-conformidades estão relacionadas a obstáculos presentes em regiões que deveriam estar isentas deles.

Este trabalho de graduação (TG) possui como finalidade realizar a verificação dos riscos de ocorrência dos eventos de undershoot, overrun e veer-off em 7 aeroportos brasileiros, analisando a probabilidade de ocorrência de tais eventos através da aplicação de um método quantitativo consagrado internacionalmente, como também a partir recomendações expedidas pela OACI - Organização da Aviação Civil Internacional.

Especificamente, este trabalho de graduação propõe-se a realizar uma análise da segurança operacional nos aeroportos brasileiros através da aplicação de um método quantitativo de análise de riscos, que determina a probabilidade de ocorrência de landing overrun, landing undershoot e takeoff overrun, além da ocorrência de veer-offs nas operações de pouso e decolagem. Tal método considera a probabilidade, bem como a severidade dos eventos em função de não conformidades do ponto de vista de engenharia, como por exemplo a presença de obstáculos no sítio aeroportuário. Dos resultados da aplicação do método, pretende-se realizar um levantamento de alternativas a fim de reduzir os riscos operacionais identificados, como a retirada de obstáculos ou determinação de uma área livre para segurança das aeronaves. A partir das alternativas propostas, são avaliados o impacto na capacidade operacional do aeródromo decorrente da correção das não-conformidades encontradas, bem como a exequibilidade político-econômica das intervenções

necessárias para garantir a melhoria dos níveis de segurança operacional nos aeroportos analisados.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Histórico da segurança operacional em aeroportos

A avaliação de riscos é utilizada em diversas áreas da aviação, desde o projeto de sistemas aeronáuticos até a determinação de padrões operacionais e regras de controle de tráfego. Entretanto, as informações relativas à avaliação de riscos de acidentes no aeroporto e em seu entorno são limitadas. Os estudos já realizados sobre a temática podem ser categorizados em quatro áreas: projeto aeroportuário, risco para terceiros, risco para as instalações e risco operacional.

Para avaliação de riscos na fase de projeto de um sítio aeroportuário, a U.K. Civil Aviation Authority (CAA), autoridade aeroportuária do Reino Unido criou o Safety Regulation Group. Tal grupo conduziu estudos sobre a ocorrência de saídas de aeronaves da pistas nas operações de pouso e decolagem. Esses estudos serviram como referência para avaliação de riscos de ocorrência de overrun, bem como identificou alternativas para mitigar tais riscos (CAA, 1998).

Outro estudo nesta categoria é o *AEA Technology's risk assessment of airfield design rules* (Eddowes et al. 2001). Durante este estudo, os autores revisaram padrões de projeto, como comprimento de pista, códigos de referência, dimensões de faixa de pista e distâncias de separação entre pista de pouso e de táxi. Tais recomendações foram inseridas no Anexo 14 da ICAO com o intuito de estabelecer critérios específicos de nível de segurança operacional.

Nos Estados Unidos, em especial na Califórnia, também foram realizados alguns estudos que consideravam características de projeto de aeroportos na obtenção de critérios de segurança operacional. Garbell (1988) foi pioneiro na utilização do conceito de acidente potencial para determinar a adoção de áreas de segurança (Safety Areas) em diversos aeroportos. Em 1990, a Federal Aviation Administration (FAA) passou a compilar informações sobre localização das aeronaves envolvidas em acidentes. Esses dados eram tomados adotando a pista de pouso como referência e foram utilizados posteriormete para validar as dimensões de áreas de segurança adotadas até hoje.

Com relação à avaliação da segurança em aeroportos através do risco para terceiros, há limitação nas metodologias utilizadas (Piers, 1996), que foram

subsidiados pelos governos britânico e holandês e obtiveram resultados semelhantes (Ale and Piers, 2000).

A terceira categoria de estudos busca avaliar os riscos atrelados à operação de aeronaves considerando características específicas dos entorno dos aeroportos. Alguns exemplos foram o estudo realizado pelo U.S Nuclear Regulatory Commission, que verificou a segurança de plantas nucleares próximas a alguns sítios aeroportuários, e o estudo realizado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, que avaliou o risco do choque de aeronaves em instalações com armamento e material nuclear (Eisenhut, 1973; NRC, 1981). Já um estudo realizado no Aeroporto Internacional de Salt Lake City buscou avaliar a probabilidade de impacto em hospitais, escolas e shopping center nos arredores do aeroporto (Kimura et al., 1995).

O último grupo de estudos voltados para avaliação de riscos concentra-se em segurança de voo, não se restringindo a avaliação de riscos nos aeroportos. Logo, certos elementos desses estudos são relevantes para a ocorrência de acidentes e incidentes em aeroportos. Por exemplo, um estudo em navegação estabelece condições de riscos para a maioria das características aeroportuárias que influenciam na aproximação e pouso de aeronaves (Enders et al., 1996). Pesquisa realizada pela Flight Safety Foundation mensura o risco de ocorrência de acidentes se baseando, entre outros parâmetros, nas condições de um aeroporto (Khatwa and Helmreich, 1998). Já a ICAO, utiliza o Collision Risk Model (CRM), que calcula a probabilidade de colisão de uma operação com obstáculos conhecidos durante uma aproximação via instrumentos – Instrument Landing System (ILS). Tal modelo é utilizado como ferramenta de tomada de decisão para realização de procedimentos seguros de aproximação e planejamento aeroportuário (ICAO, 1980).

Uma das principais razões para a grande simplificação dos modelos de frequência de acidentes é a carência de dados relativos às condições normais de operações. Sem essas informações, as relações entre as taxas de acidentes e a presença de fatores de risco não pode ser estabelecida.

2.2 Veeroffs, Undershoots e Overruns nos Aeroportos Brasileiros

A investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos no Brasil é realizada pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), órgão vinculado ao Comando da Aeronáutica. As investigações de acidentes/incidentes aeronáuticos é regido pela Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica (NSCA-3.6). Ao longo das investigações são obtidos os dados necessários para o entendimento da ocorrência, que também podem ser utilizados na estimativa de riscos operacionais.

Porém, para desenvolver tais estimativas seria necessária a sistematização de diversos dados dos acidentes e incidentes, que atualmente não se encontram disponíveis na grande parcela dos relatórios de investigação. Dentre as informações que seriam necessárias, tem-se como exemplo a localização da aeronave com relação às cabeceiras de pista, condições meteorológicas e características operacionais do voo.

Não se encontra nos atuais relatórios de investigação de acidentes aeronáuticos desenvolvidos no Brasil nem no processo de investigação definido pela NSCA-3.6 nenhuma previsão de aquisição de dados precisos sobre a ocorrência de veer-offs, undershoots e overruns. Além disso, a taxonomia utilizada para categorização dos tipos de eventos em análise não apresenta relação clara com denominação dos eventos definidos como veer-offs, undershoots e overruns. Por exemplo:

- Eventos de overrun podem ser classificados como “pouso longo”, “perda de controle em solo” ou “estouro de pneu”;
- Eventos de undershoot podem ser classificados como “pouso antes da pista” ou “pouso em local não previsto”;
- Eventos de vieroff podem ser classificados como “colisão com obstáculos no solo”, “estouro de pneu” ou “perda de controle no solo”.

Devido à diferente sistematização dos eventos, Medeiros (2009) listou os eventos registrados entre 1988 a 2007 em 48 aeroportos brasileiros, definindo o tipo de evento em veer-offs, undershoots ou overruns a partir de dados que utilizavam a taxonomia “pouso longo”, “perda de controle no solo”, “pouso antes da pista”, “pouso

em local não previsto”, “colisão com obstáculos no solo”, “estouro de pneu” e “pouso brusco”. Foi obtida a seguinte totalização dos eventos:

- Veeroff na decolagem : 1
- Veeroff no pouso: 8
- Overrun na decolagem: 0
- Overrun no pouso: 9
- Undershoot no pouso: 0

A Tabela 1 apresenta a discriminação dos eventos por aeroporto e a Tabela 2 apresenta o número de movimentos nos aeroportos onde ocorreram eventos durante o período analisado. Vale salientar que a totalização do número de movimentos nos aeroportos considerou o período entre os anos de 1991 e 1995, o ano de 1997 e o período de 2000 a 2006.

Tabela 1: Discriminação dos eventos por aeroporto (Medeiros, 2009)

Aeroporto	Veeroff Pouso	Veeroff Decolagem	Overrun Pouso	Overrun Decolagem	Undershoot	TOTAL
SBBR	1					1
SBCJ	1					1
SBCT			1			1
SBCY			1			1
SBEG	2	1				3
SBFL	1					1
SBGO	1					1
SBGR	1		1			2
SBLO	1					1
SBNF			1			1
SBPA			1			1
SBRJ			2			2
SBSP			1			1
SBVT			1			1
TOTAL	8	1	9	0	0	18

Tabela 2: Movimento nos aeroportos que ocorreram eventos (Medeiros, 2009)

AEROPORTOS Fonte: INFRAERO	MOVIMENTOS 1991-1995/1997/2000-2006
SBBR - Aeroporto de Brasília	1.285.993
SBCJ - Aeroporto de Carajás	33.704
SBCT - Aeroporto de Curitiba	592.175
SBCY - Aeroporto de Cuiabá	252.137
SBEG - Aeroporto de Manaus	418.805
SBFL - Aeroporto de Florianópolis	254.643
SBGO - Aeroporto de Goiânia	265.481
SBGR - Aeroporto de Guarulhos	1.817.428
SBLO - Aeroporto de Londrina	171.228
SBNF - Aeroporto de Navegantes	125.475
SBPA - Aeroporto de Porto Alegre	530.121
SBRJ - Aeroporto Santos Dumont	846.842
SBSP - Aeroporto de Congonhas	2.044.182
SBVT - Aeroporto de Vitória	266.409

A Tabela 3 apresenta a frequência de eventos obtida por Medeiros (2009) a partir da totalidade dos eventos ocorridos e do número de movimentos nos aeroportos durante o período de análise.

Tabela 3: Frequência de eventos por tipo e por aeroporto

AEROP.	<i>Veero</i> ff Pouso	<i>Veero</i> ff Decolagem	<i>Overrun</i> Pouso	<i>Overrun</i> Decolagem	<i>Undershoot</i>
SBBR	1,55522E-06	-	-	-	-
SBCJ	5,93401E-05	-	-	-	-
SBCT	-	-	3,37738E-06	-	-
SBCY	-	-	7,9322E-06	-	-
SBEG	0,000132851	6,64253E-05	-	-	-
SBFL	7,85413E-06	-	-	-	-
SBGO	7,5335E-06	-	-	-	-
SBGR	1,10046E-06	-	1,10046E-06	-	-
SBLO	1,16803E-05	-	-	-	-
SBNF	-	-	1,59394E-05	-	-
SBPA	-	-	3,77272E-06	-	-
SBRJ	-	-	4,72343E-06	-	-
SBSP	-	-	9,78386E-07	-	-
SBVT	-	-	7,50725E-06	-	-
Evento / operação de pouso ou decolagem					

2.3 Práticas vigentes para garantia da segurança operacional nos aeroportos brasileiros

O Brasil é signatário da Convenção da Aviação Civil Internacional. Dessa maneira, a fim de garantir níveis aceitáveis de segurança operacional, as autoridades brasileiras seguem o Anexo 13 dessa convenção, que estabelece o padrão internacional e as práticas recomendadas relacionadas à segurança operacional.

Além disso, o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) determinou a NSCA 3-3, norma brasileira para gestão de segurança operacional. Foi estabelecido também o Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil (PSO-BR), cujo objetivo é estabelecer o alinhamento entre a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e o Comando da Aeronáutica (COMAER) na elaboração dos Programas de Segurança Operacional específicos de cada entidade.

O PSO-BR estabelece como indicador para avaliação da segurança operacional uma taxa de anual de acidentes que envolvem mortes de passageiros em operações regulares, por 100 mil decolagens, envolvendo aeronaves de asa fixa com massa máxima de decolagem igual ou superior a 2.250 quilogramas. Porém, não há estabelecido práticas normativas que orientem a operação aeronáutica para a obtenção de maiores níveis de segurança operacional.

3 Metodologia

3.1 Estrutura e métodos utilizados

O método utilizado para avaliação dos riscos de acidentes em aeroportos brasileiros é resultado de um esforço de pesquisa patrocinado pelo Transportation Research Board (TRB) e pela Federal Aviation Administration (FAA), no âmbito do convênio ACRP – Airport Cooperative Research Program. Desse esforço, foram desenvolvidos dois estudos relativos à segurança operacional em aeroportos, tratando-se dentre os poucos métodos desenvolvidos que avaliam dados de acidentes aéreos em nível mundial. Os relatórios do projeto foram intitulados: “Analysis of Aircraft Overruns and Undershoots for Runway Safety – ACRP - REPORT 03” (Análise de Overruns e Undershoots para Segurança de Pistas Aeroportuárias – ACRP – Relatório 03) (HALL et al., 2008) e “Improved Models for Risk Assessment of Runway Safety Area – ACRP – REPORT 50” (Modelos Melhorados para Avaliação de Riscos de Área de Segurança de Pistas – ACRP – Relatório 50).

Para a implementação de tais métodos de análise de riscos, foram realizados levantamentos das características das operações de pouso e decolagem nos aeroportos em análise, como por exemplo as informações meteorológicas, obtidas a partir dos dados disponibilizadas pela Rede Meteorológica da Aeronáutica (REDEMET). Para avaliação da severidade das consequências de um possível acidente envolvendo uma aeronave em operação de pouso ou decolagem, foram utilizadas as recomendações e diretrizes da OACI para o gerenciamento dos riscos da aviação civil, conforme apresentado (OACI, 2009). Tal metodologia define qualitativamente o grau de severidade de determinados eventos a fim de identificar as não-conformidades que resultam na redução da segurança operacional, bem como orientar as ações mitigadoras de tais consequências resultantes de acidentes das operações nos sítios aeroportuários.

A determinação da probabilidade de ocorrência dos eventos baseia-se em um modelo probabilístico, que a partir de uma série de variáveis independentes quantifica a ocorrência de determinado tipo de evento. Tais variáveis independentes se referem as características operacionais do aeroporto, as quais serão detalhadas ao longo deste estudo.

A partir da ocorrência de determinado evento, passa a ser necessário avaliar a localização da aeronave além dos limites da pista de pouso e decolagem. Dessa maneira, utiliza-se um modelo probabilístico que determina para cada aeroporto analisado uma distribuição de probabilidade para a localização da aeronave no sítio aeroportuário. As Figuras 5, 6 e 7 apresentam o conceito utilizado para a modelagem dos eventos de undershoot, overrun e veer-off.

Figura 5: Conceito para a modelagem de Overruns (HALL et al., 2008)

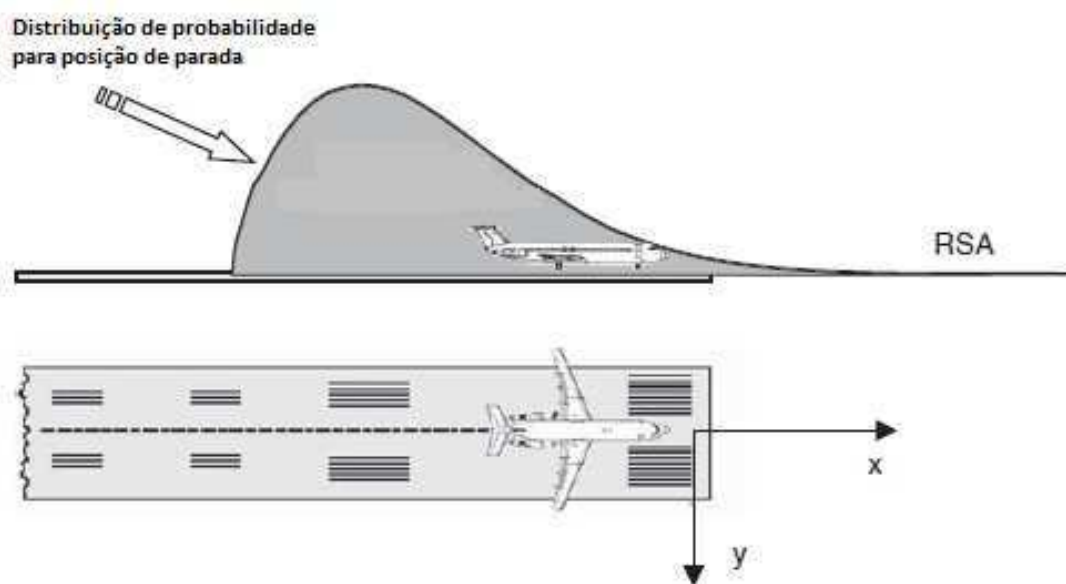


Figura 6: Conceito para a modelagem de Undershoots (HALL et al., 2008)

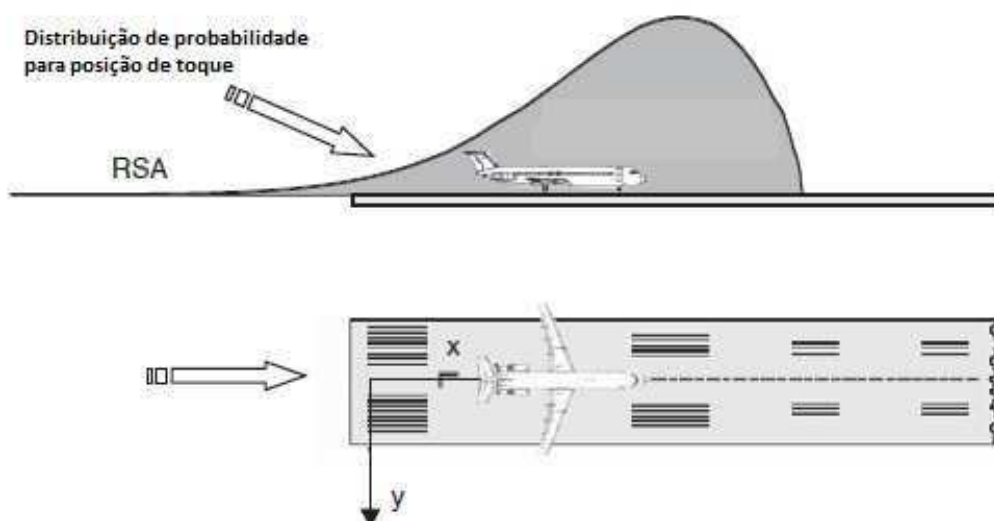
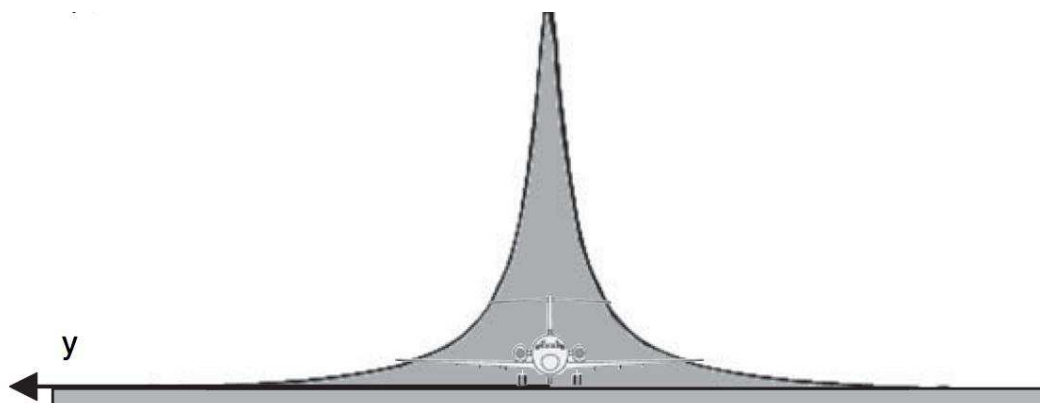


Figura 7: Conceito para a modelagem de Veer-offs (AYRES et al., 2011)

De posse dos dados de probabilidades de ocorrência dos eventos e das localizações da aeronave (obtidos pela modelagem previamente descrita e apresentadas qualitativamente na Tabela 4) e das estimativas das severidades (definidas com base nas diretrizes da Tabela 5), é possível definir uma matriz de probabilidade e severidade que avalie as não-conformidades encontradas no aeroporto, de acordo com o apresentado na Tabela 6.

Tabela 4: Definição qualitive para probabilidade de eventos (OACI, 2009)

Probabilidade do evento		
Definição qualitativa	Significado	Valor
Frequente	<i>É provável que ocorra muitas vezes (tem ocorrido frequentemente).</i>	5
Ocasional	<i>É provável que ocorra algumas vezes (tem ocorrido com pouca frequência).</i>	4
Remoto	<i>Improvável, mas é possível que venha a ocorrer (ocorre raramente).</i>	3
Improvável	<i>Bastante improvável que ocorra (não se tem notícia de que tenha ocorrido).</i>	2
Muito improvável	<i>Quase impossível que o evento ocorra.</i>	1

Tabela 5: Definição da severidade das consequências de um evento (OACI, 2009)

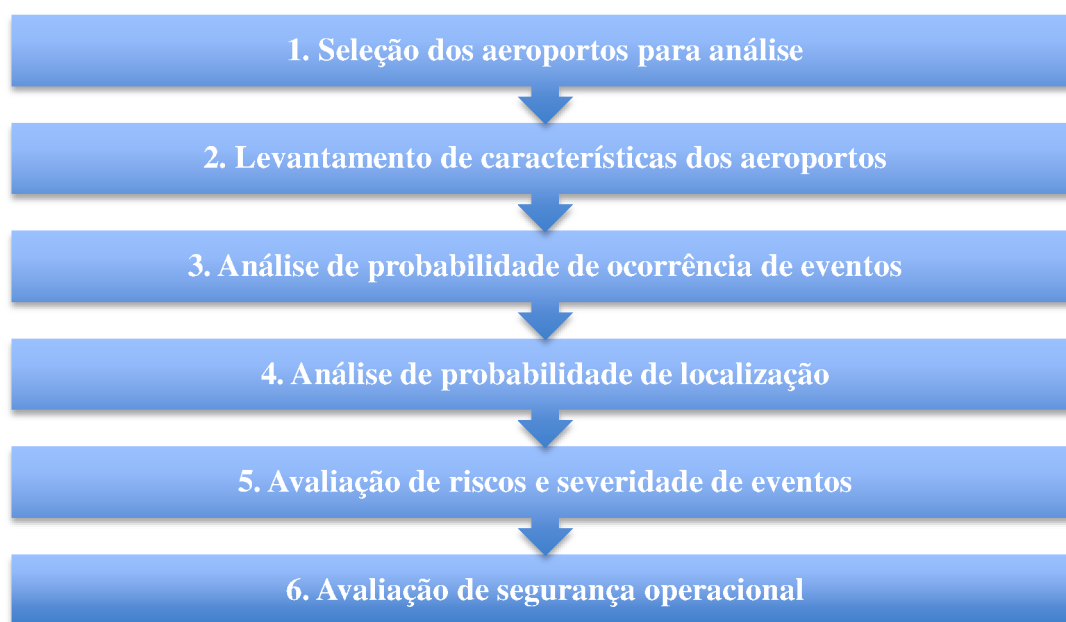
Severidade dos eventos		
Definições na aviação	Significado	Valor
Catastrófico	➤ Destruição dos equipamentos. ➤ Múltiplas mortes.	A
Crítico	➤ Uma redução importante das margens de segurança operacional, dano físico ou uma carga de trabalho tal que os operadores não podem desempenhar suas tarefas de forma precisa e completa. ➤ Lesões sérias. ➤ Graves danos ao equipamento.	B
Significativo	➤ Uma redução significativa das margens de segurança operacional, uma redução na habilidade do operador em responder a condições operacionais adversas como resultado do aumento da carga de trabalho ou como resultado de condições que impedem sua eficiência. ➤ Incidente sério. ➤ Lesões às pessoas.	C
Pequeno	➤ Interferência. ➤ Limitações operacionais. ➤ Utilização de procedimentos de emergência. ➤ Incidentes menores.	D
Insignificante	➤ Consequências leves.	E

Tabela 6: Matriz de Probabilidade e Severidade (OACI, 2009)

Probabilidade do risco	Severidade do risco				
	Catastrófico A	Crítico B	Significativo C	Pequeno D	Insignificante E
Frequente 5	5A	5B	5C	5D	5E
Ocasional 4	4A	4B	4C	4D	4E
Remoto 3	3A	3B	3C	3D	3E
Improvável 2	2A	2B	2C	2D	2E
Muito improvável 1	1A	1B	1C	1D	1E

Seguindo a estrutura e os métodos propostos, tem-se a seguinte sequência de atividades, apresentada na Figura 8.

Figura 8: Sequência de atividades para avaliação de segurança operacional



3.2 Escolha dos aeroportos para análise

Dentre os critérios avaliados para seleção dos aeroportos brasileiros a serem analisados, foram considerados número de movimentos anuais, discriminação de eventos ocorridos, frequência de ocorrência de eventos, relevância do aeroporto para as autoridades aeroportuárias, existência de não-conformidades no sítio aeroportuário, existência de interesses de investimentos no aeroporto e características do entorno próximo do sítio aeroportuário.

Frente a isso, foram selecionados os seguintes aeroportos para realização da análise de segurança operacional proposta neste estudo.

- Aeroporto Internacional Gov. André Franco Montoro (SBGR), Guarulhos – SP;
- Aeroporto Internacional Eduardo Gomes (SBEG), Manaus – AM;
- Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim (SBGL), Rio de Janeiro – RJ;
- Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek (SBBR), Brasília – DF;
- Aeroporto Internacional Val de Cans (SBBE), Belém – PA;
- Aeroporto Internacional Salgado Filho (SBPA), Porto Alegre – RS;
- Aeroporto Internacional Gilberto Freyre (SBRF), Recife – PE.

Vale salientar que cada aeroporto apresenta características peculiares e distintas que tornam relevante a necessidade de avaliação das condições de segurança das operações no sítio aeroportuário em questão. Porém, deu-se maior relevância às considerações das autoridades aeroportuárias sobre quais deveriam ser os aeroportos analisados, já que assim as análises a serem desenvolvidas teriam como finalidade prática apresentar informações sobre a situação dos aeroportos no âmbito da segurança operacional e sua conformidade com os padrões recomendados.

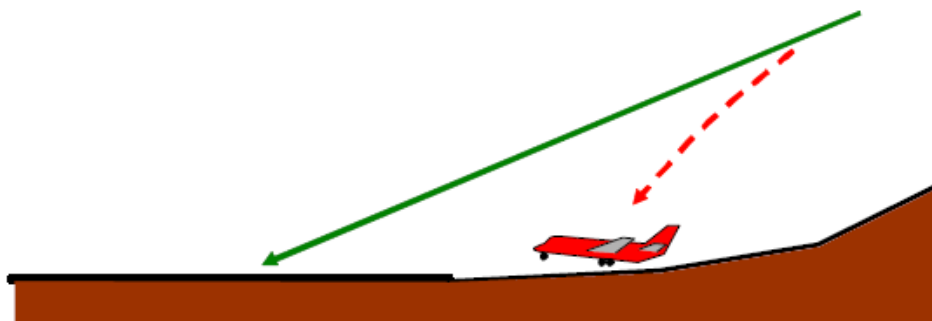
Durante a etapa de seleção dos aeroportos a serem analisados, foram consultados representantes da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), que estavam envolvidos no desenvolvimento do Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil (PSO-BR).

3.3 Tipos de eventos

Neste estudo, a avaliação da segurança operacional no sítio operacional se dá através da análise da ocorrência de eventual saída de pista de uma aeronave em operação. Dessa maneira, quando aeronaves em operações de pouso e decolagem saem dos limites da pista do aeródromo é possível caracterizar o fenômeno de acordo com a operação vigente - pouso ou decolagem – e com relação à localização da aeronave além dos limites da pista – desvio longitudinal ao eixo de pista (antes da cabeceira ou após a cabeceira) ou desvio transversal ao eixo de pista (deslocamento além dos limites laterais da pista). De acordo com o ACRP – Report 03 , os fenômenos são classificados como undershoots, overruns e veer-offs.

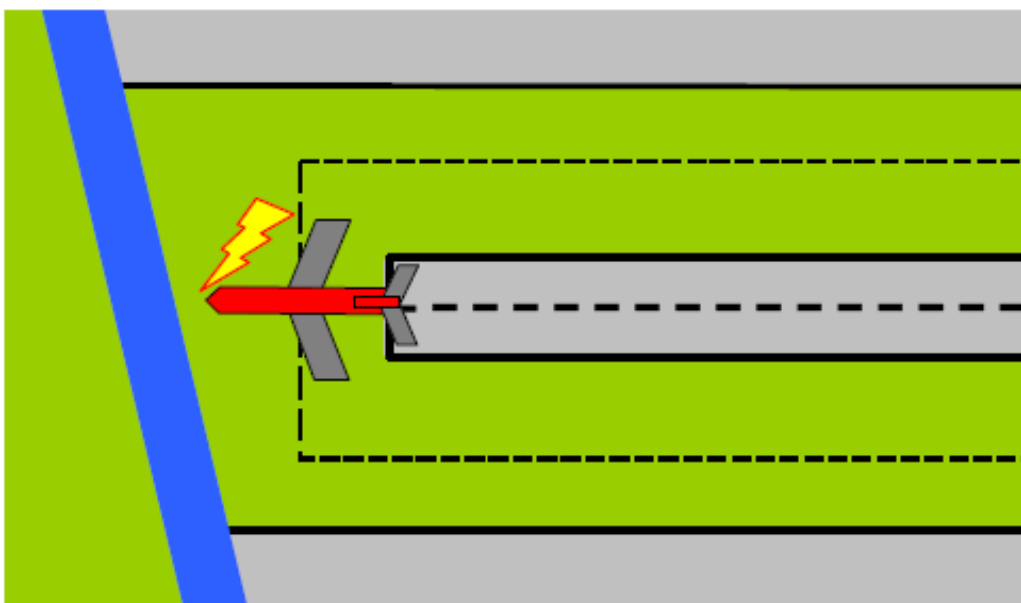
O fenômeno denominado como undershoot é definido pelo toque antecipado da aeronave, ou seja, durante o pouso a aeronave realiza o toque com o solo antes da cabeceira de pista devido a um desvio longitudinal. Como ocorre apenas nas operações de pouso, tal fenômeno é conhecido como Landing Undershoot (LDUS). A Figura 9 apresenta a ocorrência do evento em questão.

Figura 9: Ocorrência do evento de Undershoot



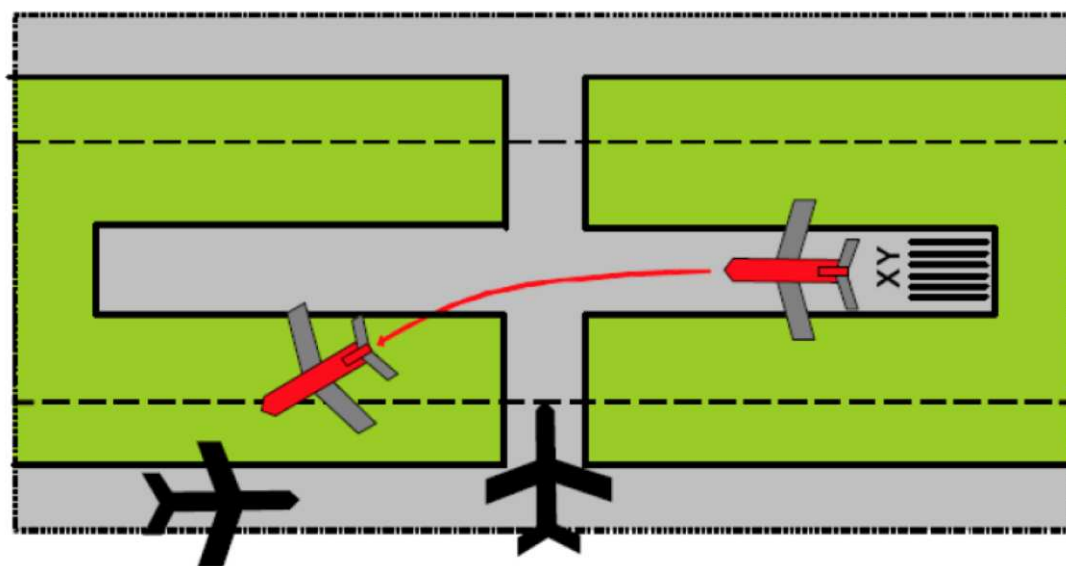
O fenômeno denominado como overrun é caracterizado pelo transpasse da aeronave além cabeceira de pista, ou seja, a aeronave ultrapassa os limites da pista indo além da cabeceira devido a um desvio longitudinal. Como pode ocorrer tanto nas operações de pouso como nas operações de decolagem, tal fenômeno pode ser conhecido por Landing Overrun (LDOR), quando acontece durante a decolagem, ou por Takeoff Overrun (TOOR), quando acontece durante o pouso. A Figura 10 apresenta a ocorrência do evento de overrun.

Figura 10: Ocorrência do evento de Overrun



Já o fenômeno denominado como veer-off é caracterizado pelo transpasse dos limites laterais da pista pela aeronave devido a um desvio transversal em relação ao eixo longitudinal da pista. Caso o fenômeno de veer-off ocorra em operações de pouso, tem-se um Landing Veer-Off (LDVO). Já em operações de decolagem, o evento denomina-se Takeoff Veer-off (TOVO). A Figura 11 descreve a ocorrência de um veer-off.

Figura 11: Ocorrência do evento de Veer-off



3.4 Coleta de dados

3.4.1 Operações & Aeronaves

De acordo com o ACRP – Report 03, além das características da operação na qual ocorreu um acidente/incidente, também é necessário considerar para fins de avaliação de riscos não apenas os dados relativos à ocorrência de um tipo de evento, mas também informações sobre condições normais de operação, ou seja, as características das operações de pouso e decolagem que não apresentaram anormalidades.

Porém, diversos estudos mostraram que a falta de informações sistematizadas sobre as condições normais das operações tem sido a principal dificuldade para o desenvolvimento dos modelos quantitativos para determinação das probabilidades de ocorrência dos eventos (Department of Transport, 1979; Piers et al., 1993; Khatwa et al., 1996; Khatwa and Helmreich, 1998; Eddowes et al., 2001; Li et al., 2001).

Com tais informações é possível avaliar um maior número de operações submetidas a condições semelhantes, permitindo combinar diferentes situações operacionais, calcular razões de riscos e quantificar a sensibilidade da ocorrência ou não de determinado evento com relação a uma característica específica da operação. A Tabela 7 apresenta os dados relativos às condições normais de operação coletados neste estudo.

Tabela 7: Dados sobre condições normais de operação

Aeronave em operação	Ocorrência de tempestade
Comprimento de pista(m)	Ocorrência de granizo
Largura de pista(m)	Presença de neve
Coordenadas Geográficas	Velocidade de vento través (km/h)
Umidade	Ocorrência de chuva
Altitude(m)	Origem/Destino internacional do voo
Classe da aeronave	Presença de fatores de Criticidade
Classe de uso da aeronave	Direção do vento
Visibilidade (Km)	Velocidade do Vento (km/h)
Temperatura (°C)	Teto (pés)
Presença de neblina	Presença de gelo

Com relação às aeronaves utilizadas na operação vigente e sob análise em cada um dos aeroportos, utiliza-se as características das aeronaves críticas para o projeto de cada sítio aeroportuário. Dessa maneira, ao analisar os riscos devido aos eventos de undershoots, overruns ou veer-off, a avaliação das consequências é a favor da segurança em comparação ao que aconteceria considerando as demais condições de operação de cada aeroporto.

Por aeronave crítica de projeto entende-se como sendo as maiores aeronaves que operam em cada um dos aeroportos e que assim definiram as características físicas máximas do sítio aeroportuário, como por exemplo o comprimento e a largura da pista de pouso e decolagem. A Tabela 8 apresenta as aeronaves críticas de projeto para os aeroportos analisados.

Tabela 8: Características das aeronaves críticas de projeto (FRAGA, 2008)

Aeroporto	Localização	Código ICAO	Aeronave	Envergadura (m)	Distância - Trem de pouso principal (m)
SBGR	Guarulhos-SP	4E	B747 - 400	64,92	11,00
SBMN	Manaus - AM	4C	B737 - 800	34,30	5,72
SBGL	Rio de Janeiro - RJ	4E	B747 - 300	59,64	11,00
SBBS	Brasília - DF	4E	A340 - 300	60,30	10,69
SBBE	Belém - PA	4C	B737 - 800	34,30	5,72
SBPA	Porto Alegre - RS	4D	MD - 11	51,97	10,70
SBRF	Recife - PE	4E	A330 - 200	60,30	10,69

Ainda sobre a caracterização das aeronaves analisadas em determinada operação, também são estabelecidas as classificação de classe da aeronave e de classe de uso. Por classe da aeronave, entende-se a faixa de pesos máximos de decolagem (MTOW) que a aeronave se encontra, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9: Classes das aeronaves em análise

Classe do equipamento	Ref : D	Large jet of < MTOW 41k-255k lb (B737, A320, etc)
HeavyAcft	AB	Heavy jets of MTOW 255k lb+
CommuterAcft	D	Large commuter of MTOW 41k-255k lb (small RJs, ATR42, etc)
MediumAcft	E	Medium aircraft of MTOW 12.5k-41k lb (biz jets, Embraer 120, Learjet 35, etc)
SmallAcft	F	Small aircraft of MTOW 12.5k or less (small, single or twin engine Beech90, Cessna Caravan, etc)

Já a classe de uso da aeronave corresponde à finalidade de utilização de determinada aeronave, ou seja: aviação comercial, aviação de carga ou aviação geral. A Tabela 10 apresenta a categorias utilizadas para classificar a classe de uso.

Tabela 10: Classes de uso das aeronaves em análise

Classe de uso	Referência: C = Aviação Comercial
Classe de uso 1	F = Aviação de Carga
Classe de uso 2	G =Aviação Geral

Vale salientar que há distinções com relação à interpretação das características da aeronave utilizada na operação em análise de acordo com o modelo utilizado para quantificação da probabilidade de ocorrência do evento. Diferentemente do ACRP – Report 03, a modelagem apresentada no ACRP – Report 50 considera, além das

características da aeronave, a distância disponível para pouso ou decolagem e a performance da aeronave.

3.4.2 Condições Meteorológicas

Para caracterização das condições operacionais vigentes necessárias para avaliação da segurança operacional de cada um dos aeroportos, foi realizado um levantamento das informações meteorológicas dos sítios aeroportuários. Tais informações são relativas a uma situação específica, ou seja a um determinado período de tempo, no qual foi realizada a coleta. Porém, para um estudo mais conclusivo, deveria se analisar uma série histórica com os dados meteorológicos da localidade onde se situa o aeroporto.

Os resultados utilizados para a probabilidade de ocorrência de determinado evento foram alimentados pelos dados gerados pela Rede Meteorológica da Aeronáutica (REDEMET), sendo tais dados atualizados em períodos de 6 horas. Como tais dados necessários para a quantificação de riscos variam significativamente ao longo de cada operação aérea e não foram encontrados valores médios das condições meteorológicas, novas análises de riscos ficam dependente da atualização manual das informações, tornando tal modo de trabalho inviável. Dessa maneira, as conclusões desenvolvidas ao longo deste estudo para determinado sítio aeroportuário considera apenas as operações ocorridas no dia 10/02/2011. As Tabelas 11 e 12 mostram os dados das condições operacionais vigentes nos aeroportos analisados.

Tabela 11: Condições meteorológicas para SBGU, SBMN, SBGL e SBBS

Cidade – UF	Guarulhos-SP	Manaus - AM	Rio de Janeiro - RJ	Brasília - DF
Aeroporto	SBGU	SBMN	SBGL	SBBS
Coordenadas Geográficas	23°25" S ; 46°28" W	03°02" S ; 60°02" W	22°48" S ; 23°15" W	15°52" S ; 47°55" W
Umidade	0,73	0,89	0,66	0,54
Altitude(m)	751	85	9	1060
Visibilidade (Km)	>10	7	8	>10
Temperatura (°C)	22	25	29	25
Neblina	Não	Não	Não	Não
Gelo	Não	Não	Não	Não
Tempestade Elétrica	Não	Não	Não	Não
Granizo	Não	Não	Não	Não
Neve	Não	Não	Não	Não
Vento Través (km/h)	8,02	3,22	2,46	8,24
Chuva	Não	Não	Não	Não
Direção do Vento	330°	90°	70°	90°
Velocidade do Vento (km/h)	9,26	18,52	16,67	24,08
Teto (ft)	3000	1760	1480	2110

Tabela 12: Condições meteorológicas para SBBE, SBPA e SBRF

Cidade - UF	Belém - PA	Porto Alegre - RS	Recife - PE
Aeroporto	SBBE	SBPA	SBRF
Coordenadas Geográficas	01°23" S ; 48°29" W	30°00" S ; 51°10" W	08°07" S ; 34°55" W
Umidade	0,79	1	0,62
Altitude(m)	17	4	11
Visibilidade (Km)	>10	3	>10
Temperatura (°C)	27	24	29
Neblina	Não	Sim	Não
Gelo	Não	Não	Não
Tempestade Elétrica	Não	Não	Não
Granizo	Não	Não	Não
Neve	Não	Não	Não
Vento Través (km/h)	4,43	4,76	14,19
Chuva	Não	Sim	Não
Direção do Vento	40°	330°	130°
Velocidade do Vento (km/h)	12,96	7,41	18,52
Teto (ft)	3270	3180	1720

Algumas das informações necessárias para a caracterização das condições operacionais normais não são disponibilizadas pela Rede Meteorológica da Aeronáutica (REDEMET), já que não há registros relevantes sobre sua ocorrência em aeroportos brasileiros. Porém, para possibilitar a utilização da modelagem quantitativa proposta, definiu-se valores de referência. Por exemplo, para as variáveis de Gelo, Granizo e Tempestade Elétrica, a referência adotada é sua não-ocorrência.

3.4.3 Não-conformidades nos sítios aeroportuários

Além da verificação das prováveis ocorrências dos eventos de undershoots, overruns e veer-offs, é necessário realizar uma avaliação das consequências que tais eventos podem acarretar nos sítios aeroportuários. Ou seja, caso a aeronave sofra uma saída de pista, a mesma pode chocar-se com algum obstáculo que se encontre nas proximidades da pista de pouso e decolagem. Do ponto de vista de engenharia, entende-se as não-conformidades nos sítios aeroportuários como sendo a existência de características físicas dos aeroportos (pistas, obstáculos, edificações, áreas de segurança, dentre outros) que ferem as designações encontradas no processo regulatório de aeródromos brasileiros.

Atualmente, a construção de aeródromos para aeronaves de asa fixa no Brasil é regulada pelos seguintes documentos:

- RBAC 154 – Emenda 00 – Projeto de Aeródromos (Públicos);
- Portaria 1.141/GM5 – Dispõe sobre Zonas de Proteção e aprova o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos, o Plano Básico de Zoneamento de Ruído, o Plano Básico de Zona de Proteção de Helipontos e Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea e menciona outras providências;
- Portaria 395/GM5 – Dispõe sobre a aplicação do Anexo 14 à Convenção de Aviação Civil Internacional no Território Nacional (e o Anexo por consequência).

A partir da legislação vigente, Medeiros (2009) identificou que as não-conformidades de maior incidência nos aeroportos brasileiros são: ausência de Runway End Safety Area (RESA), presença de obstáculos na faixa de pista de pouso e

decolagem e existência de obstáculos violando a rampa de transição. Dessa maneira, para os aeroportos analisados neste estudo, buscou-se identificar a partir de imagens de satélite e de plantas do sítios aeroportuários quais não-conformidades existentes nos aeroportos podem comprometer uma operação de pouso ou decolagem caso ocorra eventos de undershoot, overruns e veer-offs.

O levantamento realizado para identificar as não-conformidades não contempla todos os obstáculos existentes nos sítios aeroportuários, mas apenas aqueles que podem gerar graves consequências caso ocorra um impacto com uma aeronave sujeita a um desvio da pista de pouso e decolagem. Além disso, mesmo que possam comprometer a segurança operacional, não se considerou como obstáculos as instalações necessárias ao funcionamento do aeroporto, como por exemplo: terminal de passageiros, brigada anti-incêndio, torre de controle, dentre outros.

Percebe-se que a maior parte das não-conformidades é resultado da ocupação descontrolada do entorno imediato do sítio aeroportuário. Já os obstáculos encontrados dentro do sítio aeroportuário são oriundos de uma concepção das características físicas do aeroporto em desacordo com a atual regulação, mas que provavelmente não estava estabelecida na época de concepção de projeto.

3.5 Desenvolvimento dos modelos de avaliação de riscos

3.5.1 Probabilidade de ocorrência dos eventos

A chance de uma aeronave passar por algum incidente de ultrapassagem, desvio lateral ou toque antecipado depende da probabilidade de ocorrência de um desses fenômenos não-esperados em relação ao número de movimentos de aeronaves ou ao número de operações realizadas, sejam pousos ou decolagens.

O modelo aplicado neste estudo utiliza regressão logística para modelar a probabilidade de ocorrência dos fenômenos de undershoot, overruns e veer-offs, já que usualmente a regressão logística é aplicada em modelos com dicotomia nas variáveis de saída, neste caso, ocorrência ou não-ocorrência de determinado evento.

O modelo básico utilizado para a regressão logística é apresentado pela seguinte equação:

$$P\{\text{Ocorrência de Acidente}\} = \frac{1}{(1 + e^{b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 \dots})}$$

onde:

$P\{\text{Ocorrência de Acidente}\}$ é a probabilidade (0% - 100%) de um determinado tipo de evento ocorrer dadas certas condições operacionais.

X_i são as variáveis independentes que caracterizam as condições operacionais vigentes para a operação em análise (ex: teto, visibilidade, vento, classe do equipamento, precipitação)

b_i são os coeficientes obtidos através da regressão logística

No ACRP Report 03, as variáveis independentes utilizadas na regressão logística foram determinadas a partir de testes de relevância nos modelos probabilísticos de cada um dos eventos analisados. Tais testes indicaram distribuições de frequência das anomalias mais frequentes encontradas nos acidentes já ocorridos em comparação com as condições normais de operação. A Tabela 13 apresenta as variáveis independentes utilizadas na modelagem de frequências para os eventos de undershoots e overruns a partir do ACRP Report 03.

Tabela 13: Variáveis independentes utilizadas nos modelos de frequência

Variáveis	LDOR	LDUS	TOOR
Peso/Tamanho da aeronave	X	X	X
Classe de uso da aeronave		X	X
Teto	X	X	X
Visibilidade	X	X	X
Neblina		X	X
Vento través	X		X
Rajadas de vento			
Gelo	X	X	X
Neve	X	X	X
Chuva		X	
Temperatura	X	X	X
Tempestade Elétrica	X		
Turboprop / Jato	X		
Origem/Destino Internacional	X	X	
Hub/Non-Hub Aeroporto	X		

Porém, para que as variáveis independentes sejam aplicadas nos modelos de frequência, tais variáveis são representadas na forma unitária, determinada a partir de valores ou intervalos de referência. A representação das variáveis na forma binária evita que a existência de não-linearidades afetem os resultados obtidos pelo modelo exponencial. Dessa maneira, quando determinada condição operacional está presente na operação, a variável independente que a representa é igual a 1. Já quando a condição operacional não é encontrada, a variável independente que a representa é igual a 0. A Tabela 14 apresenta os valores de referência utilizadas nos modelos de frequência a partir do ACRP Report 03. Já a Tabela 15 possui os valores de referência utilizadas nos modelos de frequência a partir do ACRP Report 50.

Tabela 14: Valores de referência das variáveis independentes utilizadas nos modelos de frequência (ACRP Report 03)

Classe do equipamento	Ref:	
HeavyAcft	D	Large jet of <TOW 41k-255k lb (B737, A320, etc)
CommuterAcft	AB	Heavy jets of MTOW 255k lb+
MediumAcft	D	Large commuter of MTOW 41k-255k lb (small RJs, ATR42, etc)
SmallAcft	E	Medium aircraft of MTOW 12.5k-41k lb (biz jets, Embraer 120, Learjet 35, etc)
	F	Small aircraft of MTOW 12.5k or less (small, single or twin engine Beech90, Cessna Caravan, etc)
Classe de uso	Ref: C = Commercial	
Classe de uso 1	F = Cargo // Freighter	
Classe de uso 2	G =Aviação Geral	
Origem/Destino Internacional	Origem/Destino Internacional (Sim/Não) - Ref: Doméstico	
Teto	Ref: >2500ft	
Teto < 200ft	<1000	
Teto 200 - 1000ft	<1000	
Teto 1000 - 2500ft	1001-2500	
Visibilidade	Ref: 4-8 milhas terrestres (SM)	
Visibilidade <2SM	< 2SM	
Visibilidade 2-4SM	2-4SM	
Visibilidade 4-8SM	4-6SM	
Vento través	Ref:<2 nós	
Vento través 2-5 nós	2-5 nós	
Vento través 5-12 nós	5-12 nós	
Vento través >12 nós	>12	
Tempestade	Tempestade (Sim/Não) - Ref: Não	
Gelo	Gelo (Sim/Não) - Ref: Não	
Neve	Neve (Sim/Não) - Ref: Não	
Temperatura	Ref: 15-25 °C	
Temp < 5C	<5 °C	
Temp 5-15C	5-15 °C	
Temp > 25C	>25°C	
Chuva	Chuva (Sim/Não) - Ref: Não	
Neblina	Neblina (Sim/Não) - Ref: Não	
Granizo	Granizo (Sim/Não) - Ref: Não	
Condições Noturnas	Condições Noturnas (Sim/Não) - Ref: Não	
Rajadas de Vento	Rajadas de Vento (Sim/Não) - Ref: Não	

Vale salientar que mesmo apresentando semelhanças na modelagem quantitativa, há alterações significativas nas variáveis independentes utilizadas para o ACRP Report 50 e em seus respectivos valores de referência. Isso se deve à coleta de informações relativas às condições normais de operação desde o estudo anterior.

Tabela 15: Valores de referência das variáveis independentes utilizadas nos modelos de frequência (ACRP Report 50)

Classe do equipamento	Ref: C	Large jet of MTOW 41k-255k lb (B737, A320 etc.)
Heavy Acft	AB	Heavy jets of MTOW 255k lb+ (B777, A340, etc.)
Commuter Acft	D	Large commuter of MTOW 41k-255k lb (Regional Jets, ERJ-190, CRJ-900, ATR42, etc.)
Medium Acft	E	Medium aircraft of MTOW 12.5k-41k lb (biz jets, Embraer 120, Learjet 35 etc.)
Small Acft	F	Small aircraft of MTOW 12.5k or less (small, Beech-90, Cessna Caravan, etc.)
Classe de uso	Ref: C = Comercial	
Classe de uso F	Cargo	
Classe de uso G	Taxi/Commuter	
Classe de uso T/C	Aviação Geral	
Velocidade do vento (nós)	Ref: Vento través < 2 nós e Vento de popa < 5 nós	
Vento través 2-5 nós		
Vento través 5-12 nós		
Vento través >12 nós		
Vento de popa 5 - 12 nós		
Vento de popa > 12 nós		
Teto (ft)	Ref: >2500ft	
Teto < 200 ft	<200	
Teto 200 - 1000 ft	201-1000	
Teto 1000 - 2500 ft	1001-2500	
Visibilidade (SM)	Ref: Visibilidade > 8 SM	
Visibilidade < 2 SM	< 2 SM	
Visibilidade 2 - 4 SM	2 - 4 SM	
Visibilidade 4 - 8 SM	4 - 8 SM	
Temperatura (°C)	Ref: 15-25 °C	
Temperatura <5°C	<5 °C	
Temperetaura 5-25°C	5-25 °C	
Temperatura >25°C	>25°C	
Neblina	Neblina (Sim/Não) - Ref: Não	
Gelo	Gelo (Sim/Não) - Ref: Não	
Tempestade	Tempestade (Sim/Não) - Ref: Não	
Turbo Prop		
Granizo	Granizo (Sim/Não) - Ref: Não	
Neve	Neve (Sim/Não) - Ref: Não	
Rajadas de vento	Rajadas de Vento (Sim/Não) - Ref: Não	
Chuva	Chuva (Sim/Não) - Ref: Não	
Origem/Destino Internacional	Origem/Destino Internacional (Sim/Não) - Ref: Doméstico	
Hub/Non-Hub Aeroporto	Ref: Aeroporto Hub	
Fator de criticidade	Se distância disponível é menor que distância requerida	
Condições noturnas	Condições Noturnas (Sim/Não) - Ref: Não	

Dessa maneira, como as regressões logísticas desenvolvidas pelo o ACRP Report 03 e ACRP Report 50 utilizaram amostras de dados diferentes para as condições normais de operação, foram obtidos coeficientes diferentes para as variáveis independentes utilizadas nos modelos quantitativos. Abaixo, seguem os modelos de frequência para os eventos de Landing Overrun, Landing Undershoot e Take-off Overrun desenvolvidos no ACRP Report 03, utilizados para determinar o coeficiente exponencial b da regressão logística.

Landing Overrun:

$$b = -15,456 + 0,551(\text{aeronave pesada}) - 2,113(\text{aeronave commuter}) - 1,064(\text{aeronave média}) - 0,876(\text{aeronave pequena}) + 0,445(\text{aeronave turbo hélice}) - 0,857(\text{Origem/Destino Internacional}) + 1,832(\text{Nível do Teto} < 1000 \text{ pés}) + 1,639(\text{Nível do Teto } 1001 - 2500 \text{ pés}) + 2,428(\text{Visibilidade} < 2\text{SM}) + 1,186(\text{Visibilidade } 2 - 4\text{SM}) + 1,741(\text{Visibilidade } 4 - 6\text{SM}) + 0,322(\text{Visibilidade } 6 - 8\text{SM}) - 0,532(\text{Vento través } 2 - 5 \text{ knots}) + 1,566(\text{Vento través } 5 - 12 \text{ knots}) + 1,518(\text{Vento través } > 12 \text{ knots}) + 0,986(\text{Tempestade elétrica}) + 1,926(\text{Condições de gelo}) + 1,499(\text{Neve}) - 1,009(\text{Temperatura} < 5^{\circ}\text{C}) - 0,631(\text{Temperatura } 5 - 15^{\circ}\text{C}) + 0,265(\text{Temperatura} > 25^{\circ}\text{C}) + 1,006(\text{aeródromo não-hub}) + 0,924(\text{Terreno significante})$$

Take-off Overrun:

$$b = -16,6515 + 0,721(\text{aeronave pesada}) - 0,619(\text{aeronave commuter}) - 0,009(\text{aeronave média}) + 1,669(\text{aeronave pequena}) + 1,336(\text{Classe de utilização } 1) + 1,052(\text{Classe de utilização } 2) + 1,225(\text{Nível do Teto} < 1000 \text{ pés}) + 1,497(\text{Nível do Teto } 1001 - 2500 \text{ pés}) + 0,201(\text{Visibilidade} < 2\text{SM}) - 1,941(\text{Visibilidade } 2 - 4\text{SM}) - 0,366(\text{Visibilidade } 4 - 6\text{SM}) + 0,317(\text{Visibilidade } 6 - 8\text{SM}) + 1,660(\text{Fog}) - 0,292(\text{Vento través } 2 - 5 \text{ knots}) + 1,598(\text{Vento través } 5 - 12 \text{ knots}) + 1,781(\text{Vento través } > 12 \text{ knots}) - 0,536(\text{Temperatura} < 5^{\circ}\text{C}) - 0,507(\text{Temperatura } 5 - 15^{\circ}\text{C}) + 0,502(\text{Temperatura} > 25^{\circ}\text{C}) + 1,805(\text{Condições de gelo}) + 2,567(\text{Neve})$$

Landing Undershoot:

$$b = -14,9642 + 0,036(\text{aeronave pesada}) - 1,699(\text{aeronave commuter}) - 0,427(\text{aeronave média}) + 1,760(\text{aeronave pequena}) + 0,288(\text{Classe de utilização 1}) + 0,908(\text{Classe de utilização 2}) - 1,042(\text{Origem/Destino Internacional}) + 0,199(\text{Nível do Teto} < 1000 \text{ pés}) + 1,463(\text{Nível do Teto } 1001 - 2500 \text{ pés}) + 2,074(\text{Visibilidade} < 2\text{SM}) + 0,069(\text{Visibilidade } 2 - 4\text{SM}) - 0,185(\text{Visibilidade } 4 - 6\text{SM}) - 0,295(\text{Visibilidade } 6 - 8\text{SM}) + 1,830(\text{Fog}) - 1,705(\text{Chuva}) - 0,505(\text{Temperatura} < 5^\circ\text{C}) - 0,874(\text{Temperatura } 5 - 15^\circ\text{C}) - 0,446(\text{Temperatura} > 25^\circ\text{C}) + 2,815(\text{Condições de gelo}) + 2,412(\text{Neve})$$

Já os modelos de frequência desenvolvidos pelo ACRP Report 50, além de apresentar valores distintos para os coeficientes da regressão e diferentes variáveis independentes, consideram também a ocorrência de desvios laterais nas operações de pouso e decolagem. A Tabela 16 apresenta os coeficientes obtidos a partir da regressão logística para o ACRP Report 50.

Tabela 16: Coeficientes das variáveis independentes utilizadas para os modelos de regressão (ACRP Report 50)

Variável	LDOR	LDUS	LDVO	TOOR	TOVO
Constante	-13,065	-15,378	-13,088	-14,293	-15,612
Classe de uso F		1,693		1,266	
Classe de uso G	1,539	1,288	1,682		2,094
Classe de uso T/C	-0,498	0,017			
Classe do equipamento A/B	-1,013	-0,778	-0,77	-1,15	-0,852
Classe do equipamento D/E/F	0,935	0,138	-0,252	-2,108	-0,091
Teto < 200 ft	-0,019	0,07		0,792	
Teto 200 - 1000 ft	-0,772	-1,144		-0,114	
Teto 1000 - 2500 ft	-0,345	-0,721			
Visibilidade < 2 SM	2,881	3,096	2,143	1,364	2,042
Visibilidade 2 - 4 SM	1,532	1,824		-0,334	0,808
Visibilidade 4 - 8 SM	0,2	0,416		0,652	-1,5
Vento través 2-5 nós	-0,913	-0,295	0,653	-0,695	0,102
Vento través 5-12 nós	-1,342	-0,689	-0,091	-1,045	
Vento través >12 nós	-0,921	-1,166	2,192	0,219	0,706
Vento de popa 5 - 12 nós			0,066		
Vento de popa > 12 nós	0,786		0,98		
Temperatura <5°C	0,043	0,197	0,558	0,269	0,988

Variável	LDOR	LDUS	LDVO	TOOR	TOVO
Temperatura 5-15°C	-0,019	-0,71	-0,453	-0,544	-0,42
Temperatura >25°C	-1,067	-0,463	0,291	0,315	-0,921
Gelo	2,007	2,703	2,67	3,324	
Chuva		0,991	-0,126	0,355	-1,541
Neve	0,449	-0,25	0,548	0,721	0,963
Granizo			-0,103		
Rajadas de vento		0,041	-0,036	0,006	
Neblina			1,74		
Tempestade	-1,344				
Turboprop			-2,517	0,56	1,522
Origem/Destino Internacional	0,929	1,354	-0,334		-0,236
Hub/Non-Hub Aeroporto	1,334				-0,692
Fator de criticidade	9,237	1,629	4,318		1,707
Condições Noturnas			-1,36		

A partir dos coeficientes da regressão logística, percebe-se que existem variáveis que sua ocorrência em determinada condição operacional já condiciona a não-ocorrência de outras variáveis. Ou seja, não é possível a utilização de duas variáveis simultaneamente para caracterizar, por exemplo, classe de equipamento, classe de uso, teto, visibilidade, vento e temperatura.

Além de algumas variáveis condicionarem as demais, também é necessário avaliar se a ocorrência de um determinado conjunto de condições operacionais é factível no âmbito das operações de pouso e decolagem. Por exemplo, através do modelo é possível calcular a probabilidade de ocorrência de algum evento caso haja simultaneamente uma aeronave de pequeno porte em operação num aeroporto que não seja hub em condições de gelo e neve. Porém, não será significativa tal avaliação já que é bastante improvável sua ocorrência em aeroportos brasileiros.

É importante destacar que os dados utilizados nos estudos apresentados acima refletem a realidade de países como Inglaterra e Estados Unidos, onde as condições climáticas são bem diferentes da brasileira, como por exemplo: a ocorrência de neve e gelo, o que certamente tornaria diferente o resultado caso um estudo nacional fosse realizado. De qualquer forma, a não existência de estudo nacional leva os especialistas brasileiros a tomarem esses resultados como referência.

Portanto, é possível afirmar que a modelagem quantitativa aplicada para mensuração da probabilidade de ocorrência dos eventos de undershoot, overruns e veer-offs foi desenvolvida para condições diferentes das encontradas na maioria dos

aeroportos brasileiros. Dessa forma, mesmo que os resultados obtidos a partir dos modelos de frequência indiquem determinado nível de ocorrência para cada um dos fenômenos analisados, é necessário que haja reflexão crítica acerca das variáveis independentes que estão caracterizando a condição operacional vigente, bem como do significado prático dos valores obtidos no âmbito da avaliação de segurança operacional.

3.5.2. Probabilidade de localização por evento

Considerada a ocorrência dos fenômenos de undershoot, overruns e veer-offs em um sítio aeroportuário, é necessário determinar a localização prevista da aeronave além dos limites de pista a fim de analisar eventuais impactos com obstáculos existentes, caracterizando-as como não-conformidades do ponto de vista de engenharia. Dessa maneira, baseado em dados coletados acerca da localização de destroços de acidentes ocorridos em sítios aeroportuários, desenvolveu-se o modelo de localização por tipo de evento.

Os modelos desenvolvidos nos ACRP Report 03 e ACRP Report 50 são similares à abordagem utilizada por Eddowes et al. (2001). Tal abordagem, baseada em dados de localização de acidentes/incidentes, define distribuições de probabilidade acumulada para cada tipo de evento. Através dessas distribuições, é possível estimar que parcela dos acidentes excedem uma determinada distância a partir do fim da pista ou de sua cabeceira. Multiplicando os resultados obtidos para frequência de ocorrência para determinado evento, obtém-se as distribuições de probabilidade acumulada por tipo de evento. As Figuras 12 e 13 apresentam, respectivamente, a distribuição de localização longitudinal e transversal.

Figura 12: Modelo típico para localização longitudinal

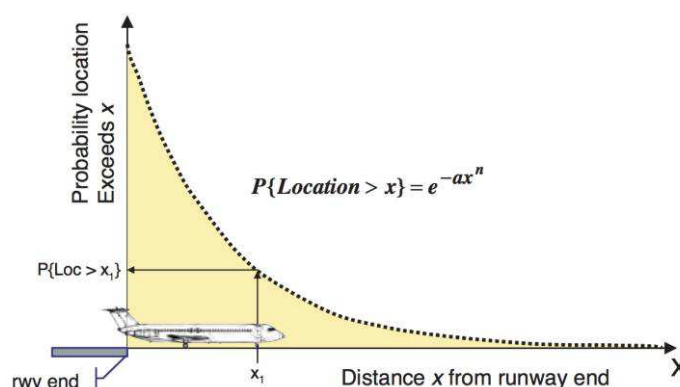
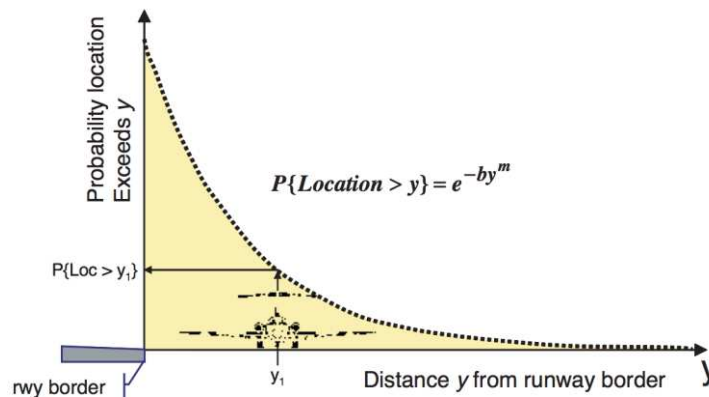


Figura 13: Modelo típico para localização transversal

Para distribuição longitudinal, a modelagem básica é representada por:

$$P \{Localização > x\} = e^{-ax^n}$$

onde:

$P \{Localização > x\}$ é a probabilidade (0% - 100%) da distância percorrida na ocorrência de undershoot ou overrun ao longo do eixo longitudinal além da pista ser superior que determinada distância x ;

x é uma dada distância ou localização além da pista de pouso e decolagem; e

a e n são os coeficientes obtidos através da regressão.

Para a distribuição transversal, a mesma estrutura de modelo quantitativo é utilizada. Entretanto, dado que as distâncias transversais das aeronaves, em geral, não são reportadas quando os desvios transversais vão além dos limites laterais da pista, é necessária a utilização de fatores ponderados a fim de reduzir desvios para os resultados obtidos, particularmente para a cauda da distribuição de probabilidade. O modelo pode ser representado pela seguinte equação:

$$P \{Localização > y\} = e^{-by^m}$$

onde:

$P \{Localização > y\}$ é a probabilidade (0% - 100%) da distância percorrida na ocorrência de undershoot ou overrun a partir do bordo lateral da pista (veer-offs) ou eixo central da pista (overruns e undershoots) ser maior que determinada distância y .

x é uma dada distância ou localização do eixo central da pista ou do seu bordo lateral; e

b e m são os coeficientes obtidos através da regressão.

As Figuras 14 a 16 apresentam a localização dos eixos utilizados como referência para a localização de um aeronave para cada tipo de evento analisado. O ponto de referência de localização da aeronave é a roda dianteira do trem de pouso. Para a ocorrência de overruns e undershoots, a origem do sistema de coordenadas XY é o encontro da linha do eixo central com o término da pista. Para a ocorrência de veer-offs, a origem do eixo Y é o limite lateral da pista, não necessariamente o limite lateral da área pavimentada quando a pista possui acostamento.

Figura 14: Sistema de referências para a ocorrência de overruns



Figura 15: Sistema de referências para a ocorrência de undershoots

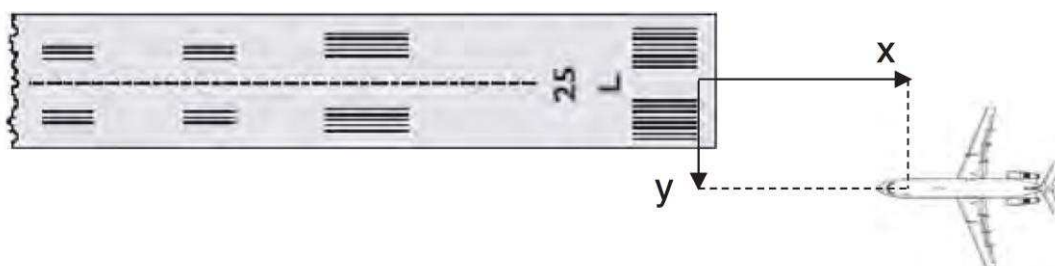
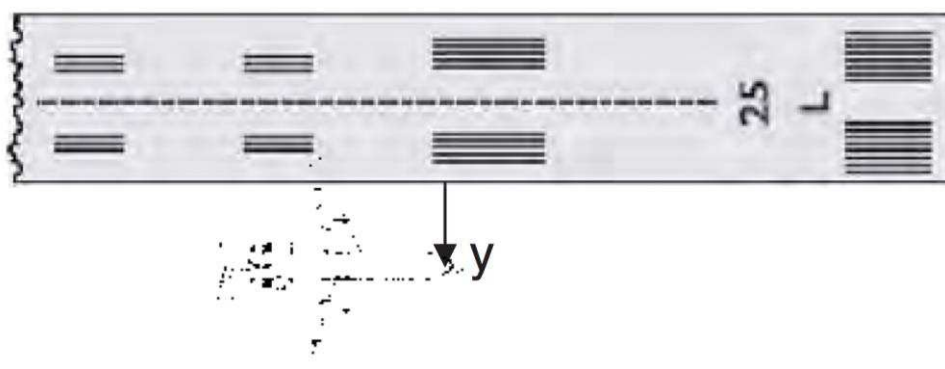


Figura 16: Sistema de referências para a ocorrência de veer-offs



A determinação dos valores dos coeficientes foi desenvolvida através de regressões a partir de um conjunto de dados históricos sobre a localização dos destroços das aeronaves. Porém, devido à diferença dos dados utilizados entre o ACRP Report 03 e o ACRP Report 50, foram obtidos diferentes modelos para a probabilidade de localização da aeronave. Além disso, nos modelos desenvolvidos a partir do ACRP Report 50 se considera os desvios transversais e longitudinais para veeroff. As Tabelas 17 e 18 apresentam os modelos de localização utilizados, respectivamente pelo ACRP Report 03 e ACRP Report 50.

Tabela 17: Modelos de localização da aeronave por tipo de evento - ACRP Report 03

Tipo de Acidente	Coordenada	Modelo $P\{d\}$
LDOR	X	$e^{-0.003871x^{0,955175}}$
	Y	$e^{-0.243692y^{0,388726}}$
LDUS	X	$e^{-0.022078x^{0,585959}}$
	Y	$e^{-0.19539y^{0,433399}}$
TOOR	X	$e^{-0.003364x^{0,807138}}$
	Y	$e^{-0.181046y^{0,406544}}$

Tabela 18: Modelos de localização da aeronave por tipo de evento - ACRP Report 50

Tipo de Acidente	Coordenada	Modelo $P\{d\}$
LDOR	X	$e^{-0.00321x^{0,984991}}$
	Y	$e^{-0.20983y^{0,4862}}$
LDUS	X	$e^{-0.01481x^{0,751499}}$
	Y	$e^{-0.02159y^{0,433399}}$
LDVO	Y	$e^{-0.02568y^{0,803946}}$
TOOR	X	$e^{-0.00109x^{1,06764}}$
	Y	$e^{-0.04282y^{0,659566}}$
TOVO	Y	$e^{-0.01369x^{0,863461}}$

A partir da determinação das expressões dos modelos de localização para cada tipo de evento, é possível estabelecer qual a probabilidade de uma aeronave encontrar-se a determinada distância dos eixos de referência. Logo, conhecida a localização de um obstáculo, é determinada a probabilidade de localização para que ocorra um impacto entre a aeronave e um obstáculo.

As Figuras 17 e 18 apresentam os resultados para os modelos de frequência para os modelos de localização desenvolvidos pelo ACRP Report 03.

Figura 17: Modelos de localização para desvio longitudinal - ACRP Report 03

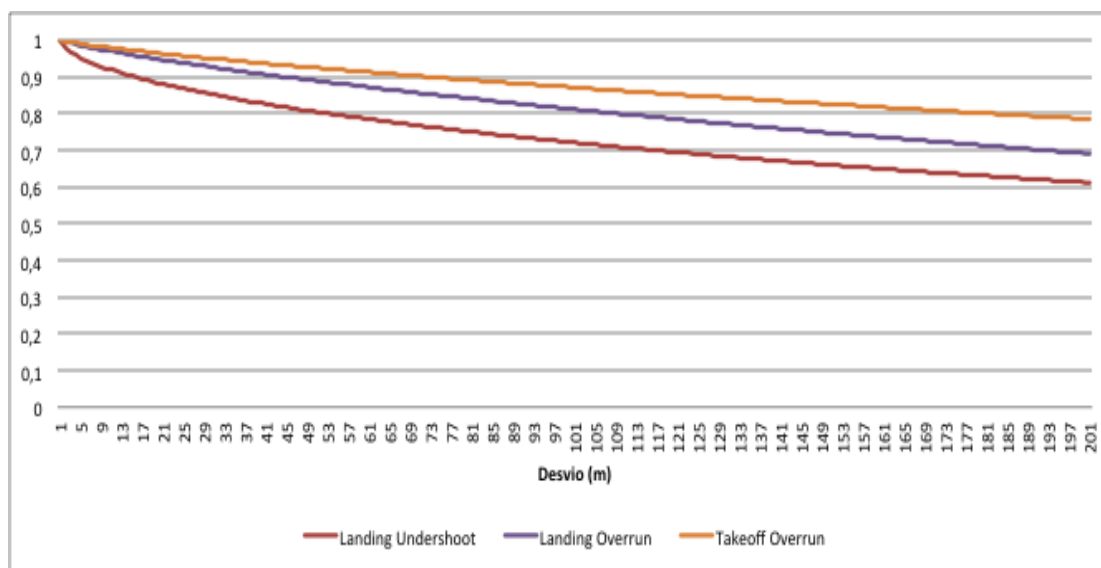
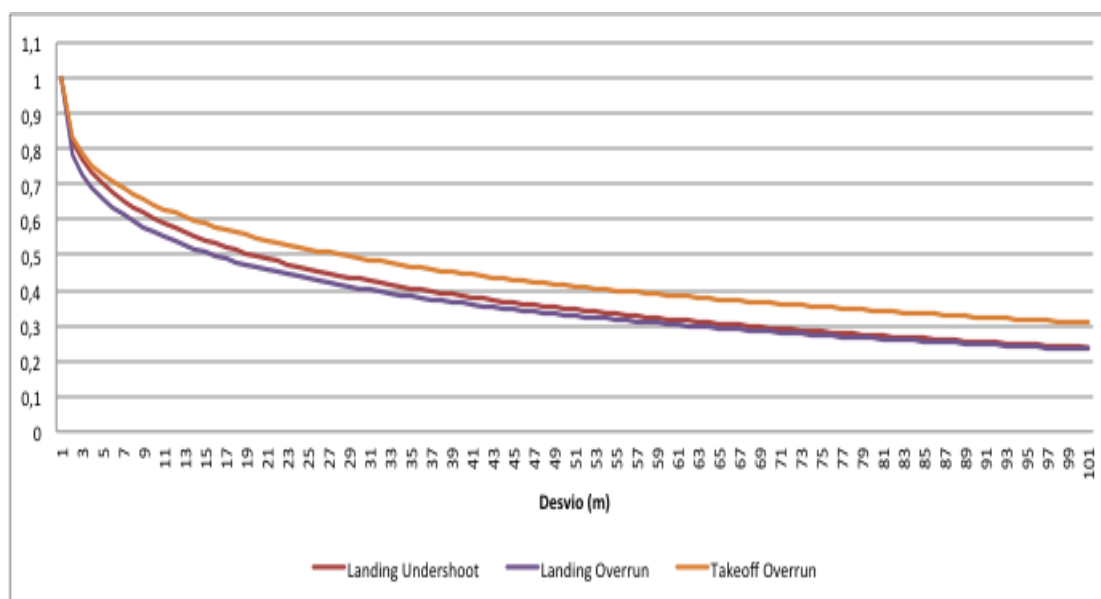


Figura 18: Modelos de localização para desvio transversal - ACRP Report 03



Já as Figuras 19 e 20 apresentam os modelos de frequência para os modelos de localização desenvolvidos pelo ACRP Report 03.

Figura 19: Modelos de localização para desvio longitudinal - ACRP Report 50

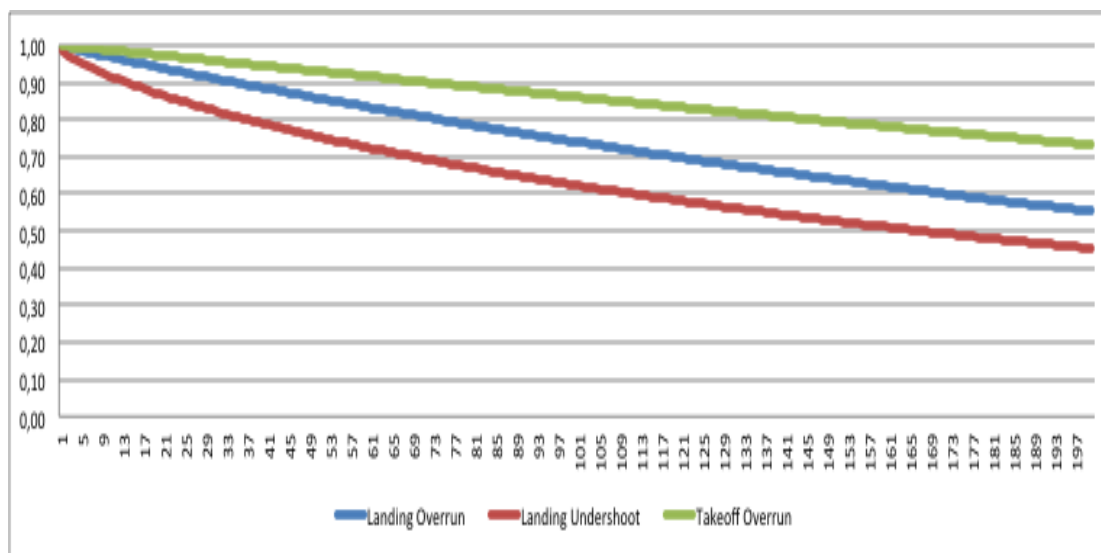
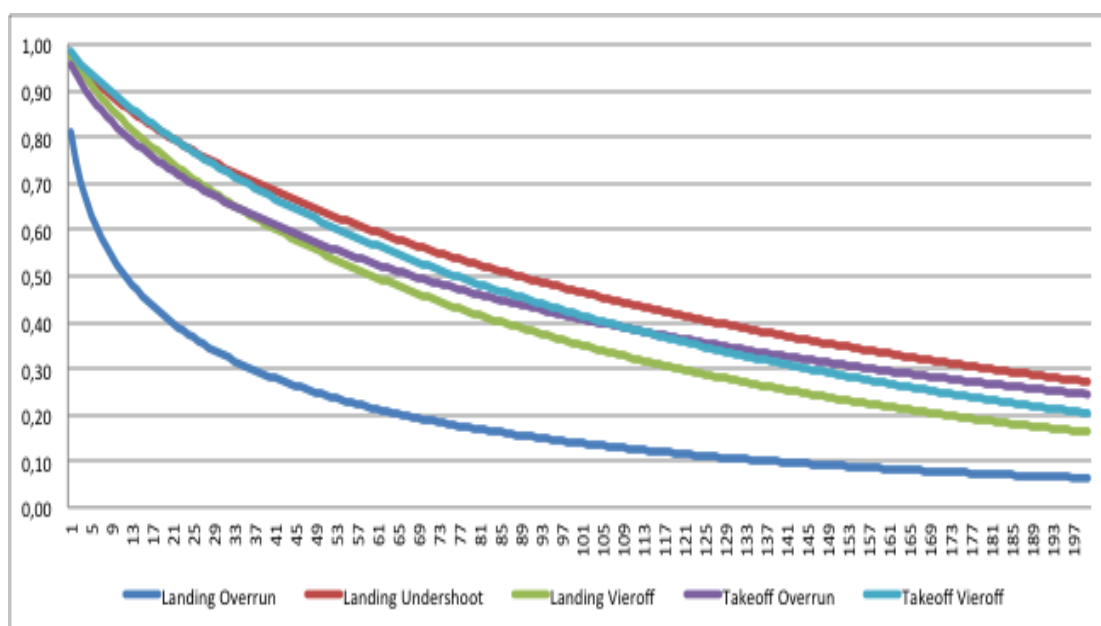


Figura 20: Modelos de localização para desvio longitudinal - ACRP Report 50



Dos gráficos obtidos, caso ocorra algum tipo de eventoe, tem-se que Takeoff Overrun e Landing Undershoot são os fenômenos que apresentam os maiores desvios com relação a pista de pouso. Dessa maneira, maiores são as chances de impacto da aeronave com algum obstáculo com a ocorrência de tais eventos, como também será maior sua severidade, devido a maior energia de um ocasional impacto.

3.5.3. Consequências por tipo de evento

As consequências geradas por um acidente nas operações de pouso e decolagem usualmente acarretam sérios transtornos às operações aeroportuárias, pois uma simples saída de pista de uma aeronave já resulta no mínimo em restrições operacionais, sem considerar possíveis perdas físicas e humanas a depender da severidade do evento.

Basicamente, as consequências dependem do tipo de obstáculos e da quantidade de energia do impacto da aeronave. Possíveis obstáculos incluem edificações, muros, valas, rodovias, cercas, desníveis de terreno, solo não-preparado, árvores e até mesmo os dispositivos de navegação e localização utilizados em aeroportos, como torres de iluminação e localizers.

A energia da colisão depende da velocidade da aeronave quando ocorre o impacto. Ou seja, quanto maior a velocidade, espera-se consequências mais graves. Além disso, as consequências dependem também do tipo de obstáculo. Por exemplo, o choque de uma aeronave com um muro a uma velocidade de 40 milhas trará consequências mais grave se comparado com o impacto de mesma velocidade, porém com uma cerca.

Os fatores considerados para a avaliação da severidade de um eventual impacto são:

- Tipo de obstáculo, tamanho e localização;
- Tamanho da aeronave (envergadura) e velocidade;
- Número de obstáculos e distribuição de localização.

Avalia-se a severidade de impacto para cada um dos obstáculos que podem ser atingidos por uma aeronave em operação de pouso ou decolagem. Para cada um dos obstáculos identificados em um sítio aeroportuário, classifica-se as consequências da ocorrência de um evento através da matriz de severidade da OACI. Para classificar os resultados quantitativos obtidos com a matriz de severidade, define-se que quanto maior a dimensão do obstáculo em comparação com as grandezas da aeronave, maior a gravidade do acidente. Da mesma maneira, caso a probabilidade de ocorrência entre a aeronave em operação e o obstáculo analisado possua ordem de grandeza maior, considera-se que o evento é tido como sendo frequente.

Portanto, correlacionando os dados quantitativos com as considerações qualitativas da matriz de severidade tem-se que definido P como sendo o valor

aceitável para a probabilidade de ocorrência de acidente e S a razão entre as dimensões da aeronave e dos obstáculos, pode-se caracterizar os eventos que ocorrem nas operações aeroportuárias com relação às situações identificadas na matriz de severidade através dos critérios apresentados na Tabela 19.

Tabela 19: Critérios para adequação do evento à matriz de severidade

Probabilidade do evento (P)				
1	2	3	4	5
< 0,1P	< P	< 10P	< 100P	> 100P
	> 0,1P	> P	> 10P	
Severidade dos eventos (S)				
A	B	C	D	E
> 95%	> 70%	> 35%	> 10%	< 10%
	< 95%	< 70%	< 35%	

Com relação aos obstáculos, é possível classificá-los também com relação a sua inércia, já que assim é possível fazer inferências sobre a qual a velocidade máxima de colisão que não gera consequências para os ocupantes. Dessa maneira, quando o impacto ocorre com velocidade superior à máxima permitida para determinada categoria de obstáculo ou a colisão ocorre na porção central da aeronave, tem-se um dano severo. A Tabela 20 apresenta a categoria dos obstáculos em função da velocidade máxima de colisão. Já Figuras 21 e 22 ilustram, respectivamente, as possíveis localizações laterais de impacto e o impacto com diferentes obstáculos localizados nas proximidades da pista de pouso e decolagem (RSA).

Tabela 20: Categoria de obstáculos por velocidade de colisão (AYRES et al., 2011)

Categoria	Velocidade de colisão	Exemplos de obstáculos
1	Velocidade máxima nula	Taludes e muros de concreto
2	Velocidade máxima igual a 5 nós	Muros e edificações de alvenaria
3	Velocidade máxima igual a 20 nós	Valas e cercas
4	Velocidade máxima igual a 40 nós	Estruturas frágeis e ALS

Figura 21: Disposição de um impacto entre aeronave e obstáculo (AYRES et al., 2011)

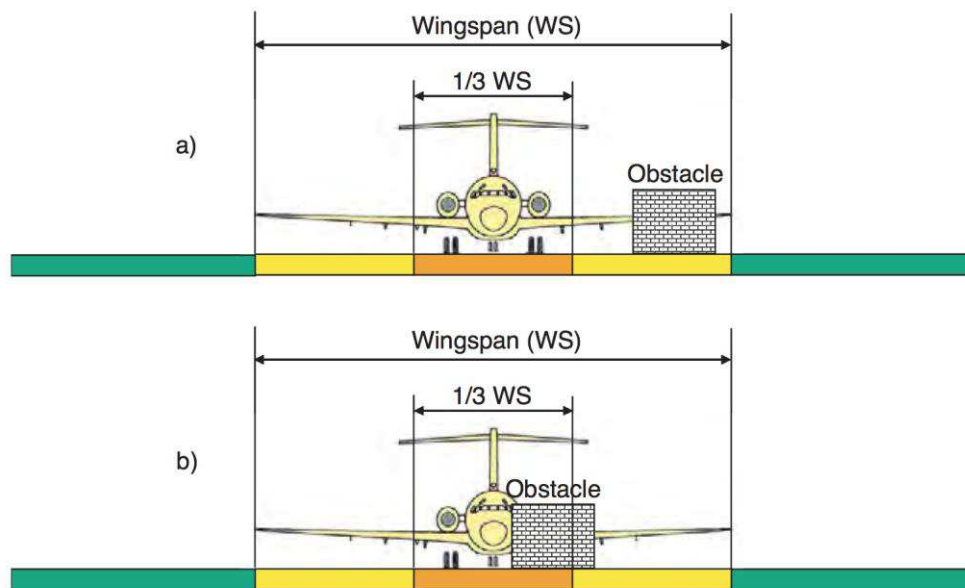
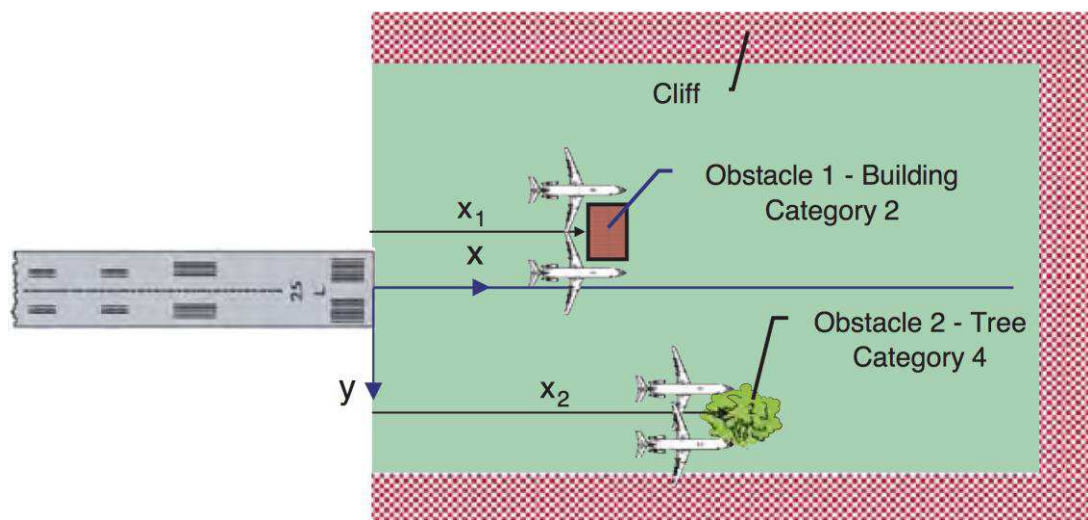
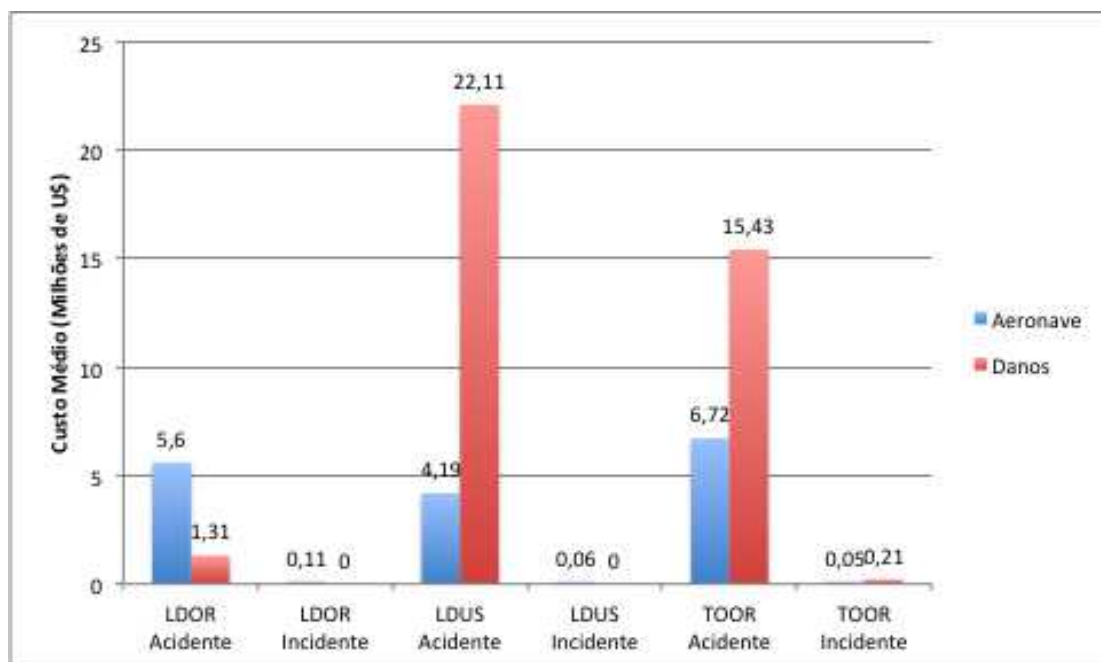


Figura 22: Cenários de impactos de uma aeronave (AYRES et al., 2011)



Vale salientar que a ocorrência de cada um dos eventos analisados geram custos, seja devido aos esforços de investigação realizados ou pelos danos físicos resultantes. As consequências totais resultantes de um acidente/incidente são estimadas em custos totais por danos, perda e reparo de aeronaves, além da investigação da ocorrência. A Figura 23 apresenta os custos diretos de determinados tipos de eventos. Observa-se que quando há um evento, os custos devido à aeronave são relativamente semelhantes. Porém quando há um Landing Undershoot, os custos devido aos feridos é maior, já que a este evento ocorre em grandes velocidades e com elevada energia, o que pode gerar graves consequências.

Figura 23: Custos diretos de acidentes e incidentes

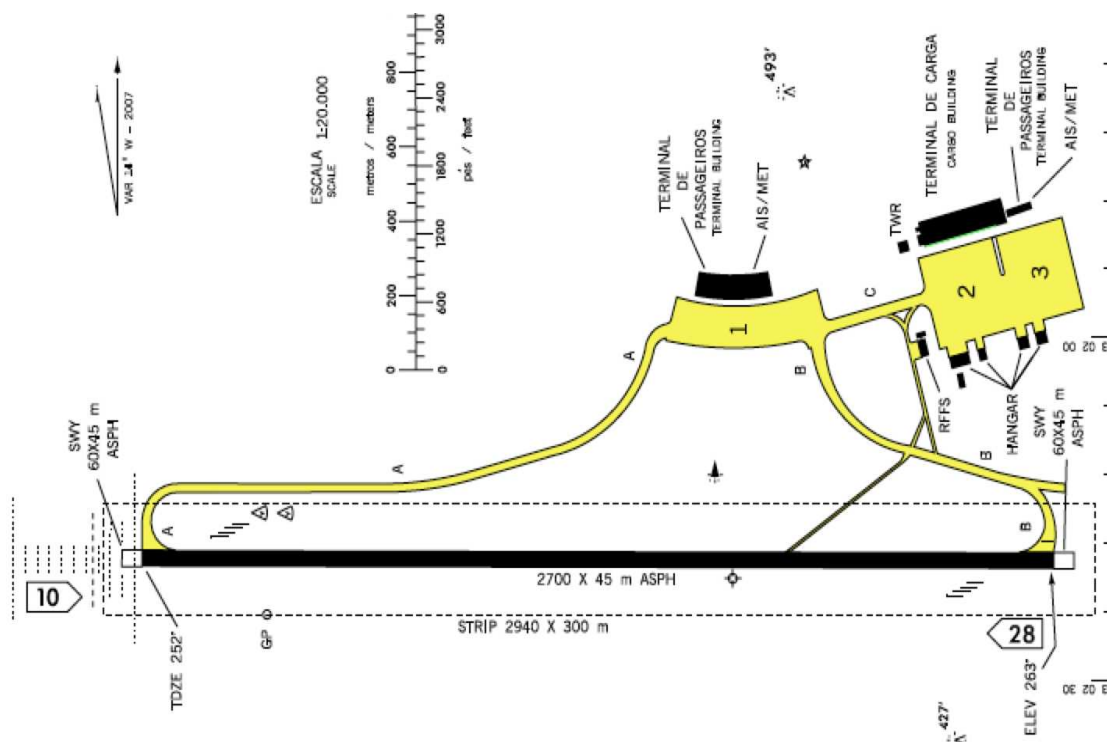


4.1.2. Aeroporto Internacional Eduardo Gomes (SBEG)

O Aeroporto Internacional de Manaus — Eduardo Gomes (IATA: MAO, ICAO: SBEG) é o aeroporto que serve às cidades da Região Metropolitana de Manaus. É o segundo aeroporto mais movimentado da região norte, além de ser o 16º mais movimentado de todo o país, e o 3º do Brasil em movimentação de cargas em 2013, atrás apenas de Cumbica e Viracopos, ambos em São Paulo.

Situado a 14 km do centro da cidade de Manaus, possui pista única (10/28) para pousos e decolagem com dimensões de 2700x45m, além de três Terminais de Carga Aérea (TECA). A cabeceira 10 é predominante para as operações de pouso e decolagem. Além da pista e dos terminais de cargas, o complexo aeroportuário está dividido em dois terminais de passageiros, sendo que o Terminal 1 serve às principais rotas domésticas e internacionais e o Terminal 2 serve às rotas domésticas secundárias e regionais. A Figura 25 apresenta uma representação do Aeroporto Internacional de Manaus.

Figura 25: Aeroporto Internacional de Manaus



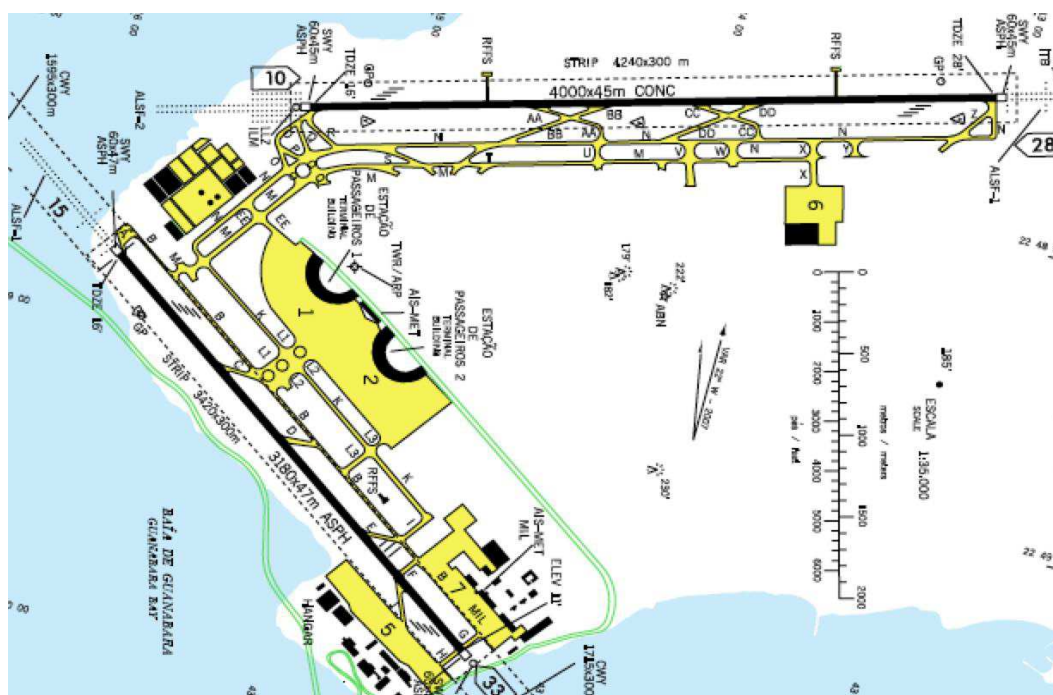
5.1.3. Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim (SBGL)

O Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro / Galeão – Antônio Carlos Jobim (IATA: GIG, ICAO: SBGL) é o segundo maior aeroporto internacional do Brasil, estando localizado na cidade do Rio de Janeiro (RJ), mais especificamente na Ilha do Governador. O Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro / Galeão possui o maior sítio aeroportuário e a segunda maior pista de pouso e decolagem do Brasil, sendo a mais importante porta de entrada aérea para todo o estado do Rio de Janeiro.

Localizado a apenas 20 km do Centro da Cidade do Rio de Janeiro, é servido por várias vias expressas, como a Linha Vermelha, a Linha Amarela e a Avenida Brasil, o que facilita os deslocamentos para os diversos pontos da Cidade, tanto na Zona Sul quanto na Zona Norte e Oeste.

Com uma área de 17,88 km², o complexo aeroportuário conta com 2 terminais de passageiros (TPS 1 e TPS 2) e um sistema com 2 pistas. A pista principal (15/33) tem como cabeceira predominante a 15 e possui 3.180 metros de extensão. Já a pista secundária tem a cabeceira 10 como predominante e possui 4.000 metros de extensão, sendo esta a segunda maior pista de aterrissagem do Brasil, perdendo apenas para a Pista de Gavião Peixoto - EMBRAER, esta com 4.967 metros de comprimento, no Estado de São Paulo. A Figura 26 apresenta a representação em planta do Aeroporto Internacional Tom Jobim.

Figura 26: Aeroporto Internacional Tom Jobim



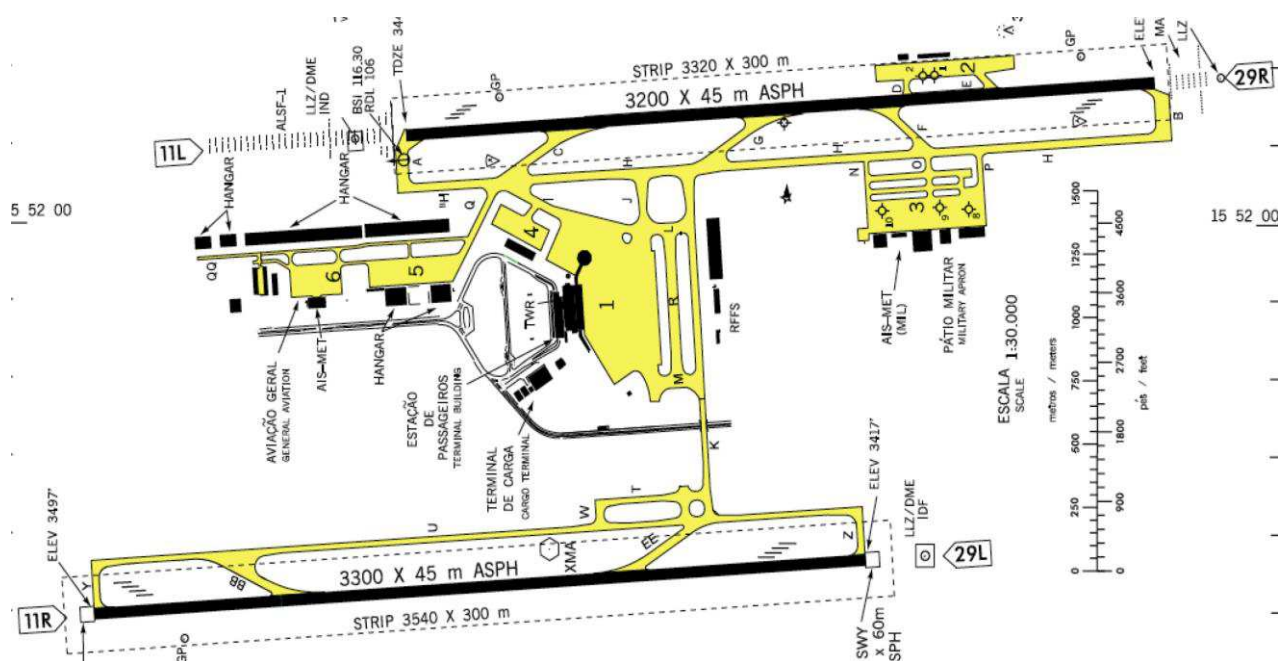
4.1.4. Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek (SBBR)

O Aeroporto Internacional de Brasília — Presidente Juscelino Kubitschek (IATA: BSB, ICAO: SBBR) é o aeroporto que serve a capital do Brasil, Brasília. Seu nome é uma homenagem ao ex-presidente do Brasil, Juscelino Kubitschek. É o quarto aeroporto mais movimentado do país, atrás apenas de Guarulhos, Galeão e Congonhas.

O Aeroporto de Brasília é de propriedade do Governo Federal e operado pela Consórcio Inframérica e a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero). O aeroporto localiza-se a 11 km ao sul do centro de Brasília, sendo o acesso principal através da Estrada Parque Aeroporto, que pode ser acessada pela Estrada Parque Dom Bosco ou pela Estrada Parque Industrial e Abastecimento.

O Aeroporto abrange aproximadamente 1.032 hectares e é delimitado pelo desenvolvimento urbano ao norte e a oeste, e por reservas ambientais ao sul e a leste. Conta com duas pistas de pouso e decolagem paralelas na direção leste-oeste, pistas de táxi e respectivas zonas de proteção. O sistema de pistas (11/29) permite operações simultâneas e tem a cabeceira 11 como predominante. A pista sul (11R/29R) possui 3.200 metros de extensão e a pista norte (11L/29L) possui 3.300 metros de extensão. A Figura 27 mostra a representação em planta do Aeroporto Internacional de Brasília.

Figura 27: Aeroporto Internacional Juscelino Jubitschek

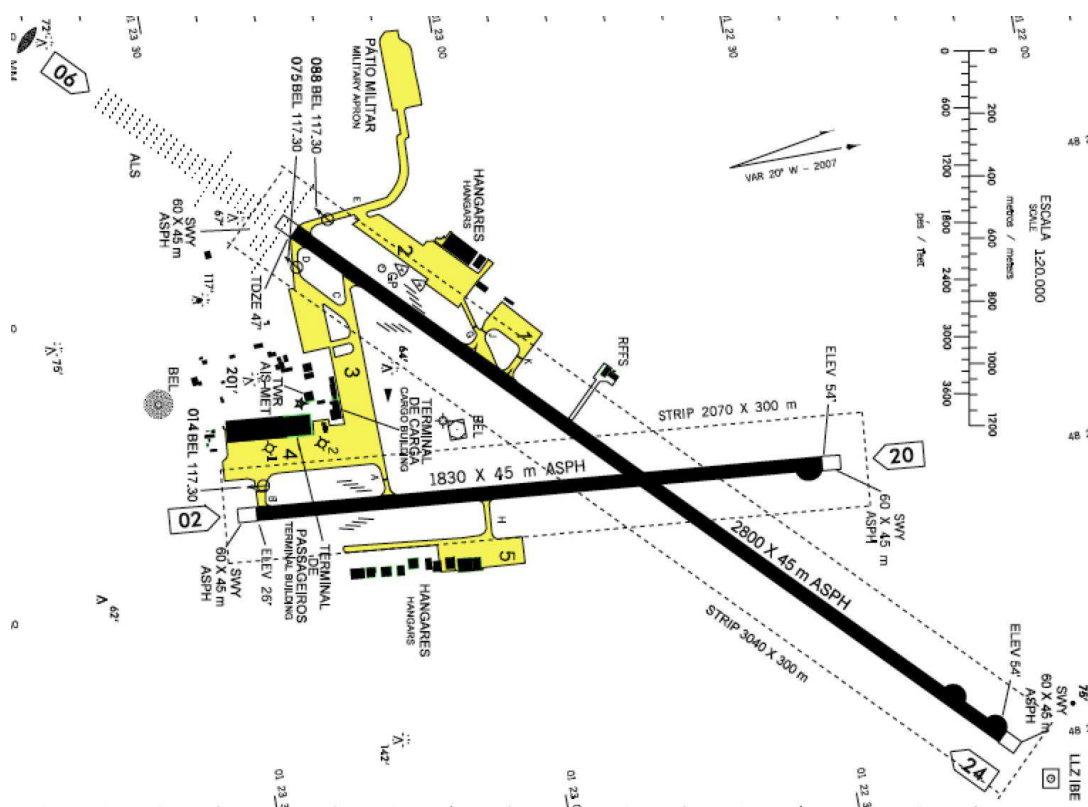


4.1.5. Aeroporto Internacional Val de Cans (SBBE)

O Aeroporto Internacional de Belém - Júlio Cezar Ribeiro (IATA: BEL, ICAO: SBBE), conhecido também como Aeroporto Val de Cans, serve a cidade brasileira de Belém, capital do estado do Pará. É o aeroporto mais movimentado da região Norte, sendo o 14º do Brasil.

O Aeroporto se localiza a 12 km do centro de Belém e seu principal acesso se dá através da Avenida Júlio César. O sítio aeroportuário conta com uma área de 5.615.783,22 m², onde se encontram as 2 pistas de pouso e decolagem. A pista principal (06/24) tem a cabeceira 06 como predominante e possui 2.800 metros de extensão. Já a pista secundária (02/20) tem a cabeceira 02 com predominante e conta com 1.830 metros de extensão. A Figura 28 mostra a representação em planta do Aeroporto Internacional Val de Cans.

Figura 28: Aeroporto Internacional Val de Cans



4.1.6. Aeroporto Internacional Salgado Filho (SBPA)

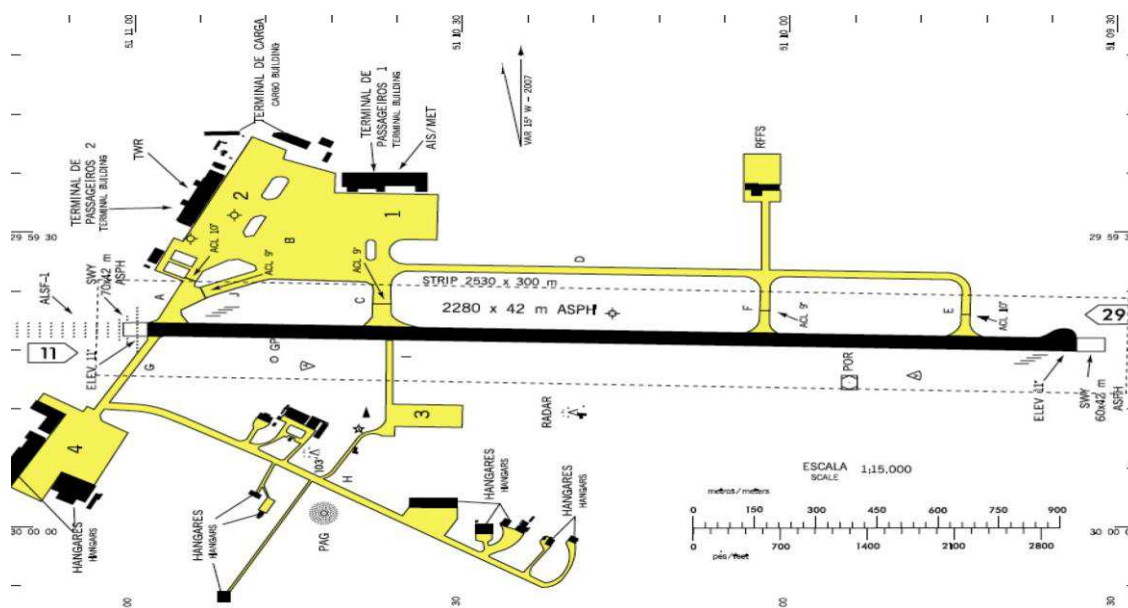
O Aeroporto Internacional Salgado Filho (IATA: POA, ICAO: SBPA) é o aeroporto da cidade de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Possui uma área de aproximadamente 3 600 000 metros quadrados e está situado no bairro São João, zona norte da cidade. É o principal aeroporto da região Sul do Brasil, com o maior número de aeronaves e passageiros.

O Aeroporto Salgado Filho é o terceiro aeroporto brasileiro em número de passageiros internacionais transportados, ficando atrás apenas dos aeroportos de Guarulhos em São Paulo, e do Galeão, no Rio de Janeiro.

Atualmente o Aeroporto Internacional Salgado Filho possui dois terminais para embarque de passageiros (TPS) e um terminal de cargas (TECA). O terminal 2 (TPS2 - o mais antigo) esteve por muito tempo desativado, e foi reformado para voltar a operar. Há apenas uma pista de pouso e decolagem, que conta com 2.280 metros de extensão por 45 metros de largura, sendo a cabeceira 11 predominante.

Para a copa de 2014, estão previstas a ampliação e alargamento da pista, que ficará com 3200 m x 45 m, ampliação das taxiways para otimizar as operações na pista e construção de novo prédio de estacionamento, além da conclusão da instalação do ILS. Para que a ampliação da pista seja realizada, é necessária a remoção da Vila Dique, próxima à cabeceira 29. A Figura 29 mostra a representação em planta do Aeroporto Internacional Salgado Filho.

Figura 29: Aeroporto Internacional Salgado Filho

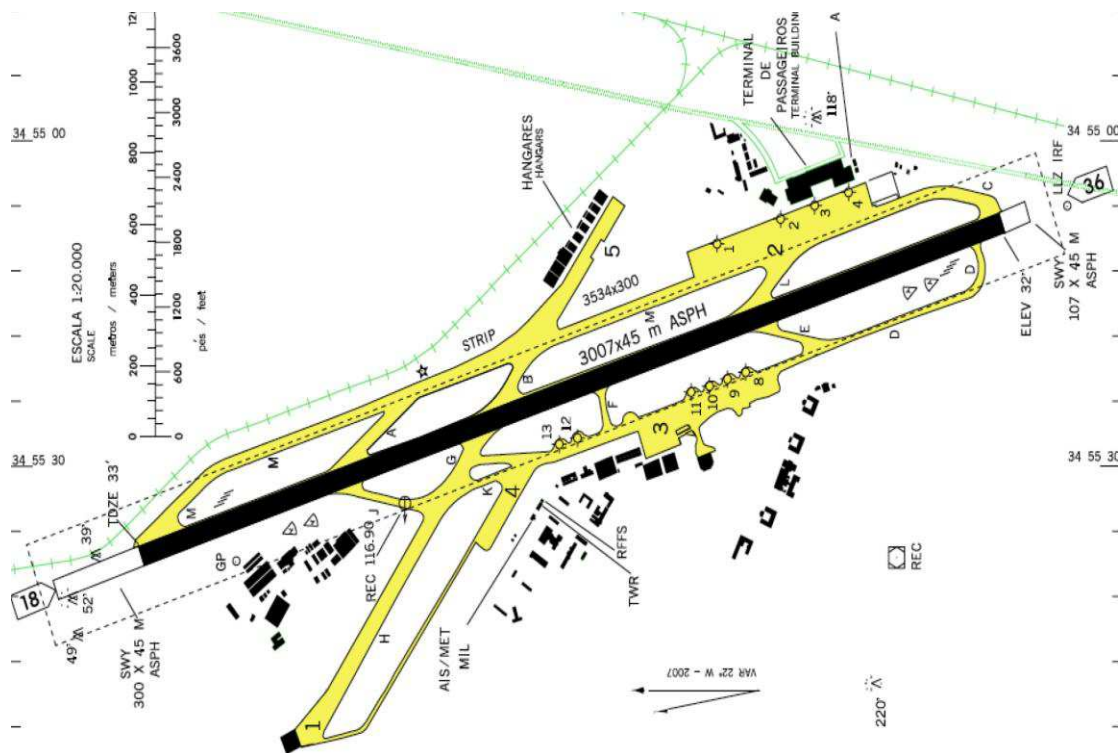


4.1.7. Aeroporto Internacional Gilberto Freyre (SBRF)

O Aeroporto Internacional dos Guararapes - Gilberto Freyre (IATA: REC, ICAO: SBRF) é o principal terminal aeroportuário do estado de Pernambuco. Considerado o melhor aeroporto do Brasil e o segundo melhor da América do Sul de acordo com o ranking 2012 da Skytrax, e um dos maiores complexos aeroportuários do Norte-Nordeste brasileiro. De acordo com a lista dos mais movimentados aeroportos do Brasil, é o décimo primeiro mais movimentado do país, sendo o segundo terminal mais movimentado do Nordeste, além de sétimo do país em voos internacionais.

De acordo com a Infraero, o Aeroporto Internacional dos Guararapes possui a maior pista de pouso e decolagem do Nordeste, com 3.305 metros, tendo a cabeceira 18 como predominante. Sua extensão permite a operação de grandes aviões, como o Boeing 747-400, que comporta cerca de 350 passageiros e 62 toneladas de carga. A Figura 30 mostra a representação em planta do Aeroporto Internacional Gilberto Freire.

Figura 30: Aeroporto Internacional Gilberto Freire



4.2 Determinação das probabilidades de ocorrência de eventos

De posse dos modelos de frequência desenvolvidos pelos ACRP Report 03 e ACRP Report 50, das características dos sítios aeroportuários, das condições operacionais vigentes para uma operações de pouso ou de decolagem para cada um dos aeroportos analisados, determinou-se as probabilidades para ocorrência dos eventos de undershoots, overruns e veer-offs. A Tabela 21 apresenta os valores obtidos para a ocorrência de Takeoff Overrun, Landing Undershoot e Landing Overrun a partir da modelagem quantitativa desenvolvida pelo ACRP Report 03.

Tabela 21: Probabilidade de acidentes/incidentes - ACRP Report 03

Aeroportos Analisados	Landing Undershoot	Landing Overrun	Takeoff Overrun
Aeroporto Internacional Gov. André Franco Montoro (SBGU)	7,87333E-08	5,72307E-06	7,02584E-07
Aeroporto Internacional Eduardo Gomes (SBMN)	7,28556E-07	3,55335E-05	2,24251E-07
Aeroporto Internacional Antonio Carlos Jobim (SBGL)	7,52688E-08	3,17369E-05	2,32567E-06
Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek (SBBS)	5,00729E-07	3,35519E-06	4,02528E-07
Aeroporto Internacional Val de Cans (SBBE)	6,52666E-07	2,88495E-06	4,43974E-07
Aeroporto Internacional Salgado Filho (SBPA)	4,01042E-07	2,10120E-06	3,06668E-07
Aeroporto Internacional Gilberto Freyre (SBRF)	8,76612E-07	1,59187E-05	2,57026E-06

Seguindo as referências internacionais em segurança operacional, adota-se 1 ocorrência para cada 10 milhões de operações de pouso e decolagem como valor aceitável para a probabilidade de ocorrência dos eventos. Diante disso, os resultados mostram que de todas situações avaliadas, apenas as ocorrências de landing undershoot nos aeroportos de Guarulhos e Galeão possuem resultados abaixo do limite considerado como aceitável.

Vale lembrar que os resultados são relativos à situação operacional de uma operação em um dia particular de cada aeroporto. A partir dos dados obtidos neste dia específico, verifica-se que a probabilidade de ocorrência de acidentes na infraestrutura aeroportuária do Brasil está acima dos valores aceitáveis propostos pela OACI em quase todas as operações descritas neste estudo.

Comparando os resultados por tipo de evento, percebe-se que a probabilidade de ocorrência de landing overrun é superior que os demais tipos de acidentes. Tal resultado já era esperado pois ao analisar a série histórica de eventos utilizados para determinação da regressão logística do ACRP Report 03, tal evento apresentou a maior incidência, conforme se vê nas Figuras 31 e 32.

Figura 31: Número de ocorrências por tipo de evento (ACRP Report 03)

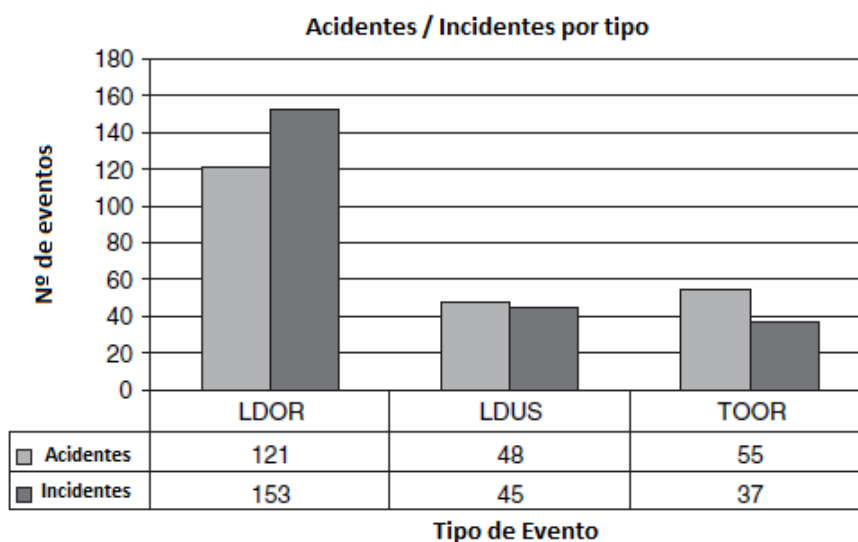
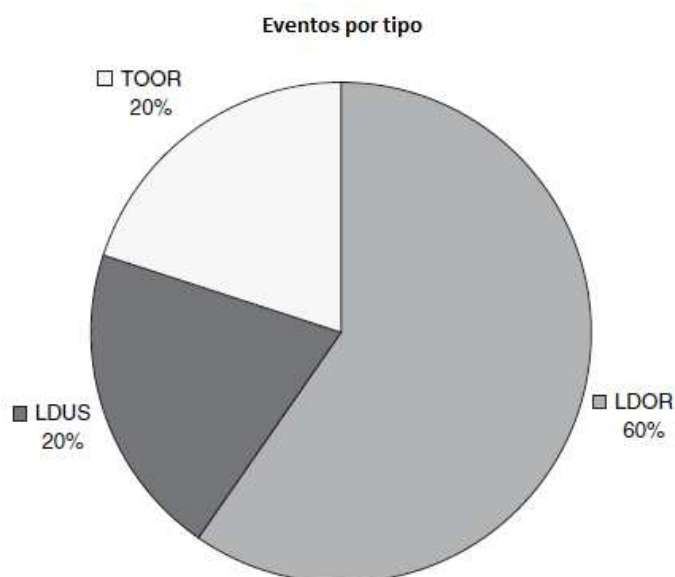


Figura 32: Distribuição por tipo de evento (ACRP Report 03)



Também-se realizou a determinação das probabilidades de ocorrência para cada tipo de evento utilizando os modelos de frequência desenvolvidos no ACRP Report 50, que passou a considerar os fenômenos de veer-off além dos undershoot e

overruns. A Tabela 22 apresenta os valores obtidos para a ocorrência de Takeoff Overrun, Landing Undershoot e Landing Overrun a partir da modelagem quantitativa desenvolvida pelo ACRP Report 03.

Tabela 22: Probabilidade de acidentes/incidentes - ACRP Report 50

Aeroportos Analisados	Landing Overrun	Landing Undershoot	Landing Veer-off	Takeoff Overrun	Takeoff Veer-off
Aeroporto Internacional Gov. André Franco Montoro (SBGU)	1,640E-06	9,523E-08	3,983E-07	2,729E-07	4,101E-09
Aeroporto Internacional Eduardo Gomes (SBMN)	3,916E-07	8,454E-08	4,135E-06	9,892E-08	1,490E-08
Aeroporto Internacional Antonio Carlos Jobim (SBGL)	3,494E-07	2,281E-08	8,382E-07	1,817E-07	2,485E-09
Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek (SBBS)	2,119E-07	3,383E-08	2,463E-06	2,578E-07	3,484E-09
Aeroporto Internacional Val de Cans (SBBE)	6,463E-07	3,893E-07	5,563E-07	1,018E-07	1,043E-07
Aeroporto Internacional Salgado Filho (SBPA)	3,029E-07	5,161E-07	5,880E-06	2,878E-07	1,103E-08
Aeroporto Internacional Gilberto Freyre (SBRF)	5,984E-07	4,521E-08	5,455E-06	1,016E-07	2,113E-07

Novamente, os resultados obtidos mostram que na maioria das situações analisadas, a probabilidade de ocorrência por tipos de eventos é superior ao nível considerado aceitável internacionalmente. Chama atenção os resultados obtidos para o Aeroporto Internacional Val de Cans, que apresentou frequências superiores ao limite aceitável em todos os tipos de eventos analisados.

Analisando os resultados por tipo de evento, a modelagem estabelecida a partir do ACRP Report 50 apresentou que o evento mais frequente é o landing veer-off. Diferentemente das conclusões obtidas do ACRP Report 03, ao considerar separadamente desvios longitudinais e desvios transversais, a série histórica utilizada na modelagem apresentou maior número de ocorrências de saídas de pista lateralmente.

Mesmo sabendo que os valores obtidos são apenas para as condições operacionais vigentes de um determinado dia, chama atenção o fato de que 90,41% das situações analisadas pelos modelos de frequência do ACRP Report 03 e 68,57% das operações analisadas pelos modelos de frequência do ACRP Report 50 apresentaram probabilidade de ocorrências superiores ao valor estabelecido pela OACI como aceitável.

Vale salientar ainda que analisando as condições operacionais vigentes colhidas para os 7 aeroportos em estudo, apenas o Aeroporto Internacional Salgado Filho apresentou variáveis independentes (chuva e neblina) com valores diferentes daqueles estabelecidos como referência, conforme Tabelas 14 e 15. Nos demais aeroportos, as características encontradas são tidas como condições normais de operação. Dessa maneira, devido às elevadas probabilidades de ocorrência dos eventos de undershoots, overruns e veer-offs, mesmo em condições normais de operação, há necessidade de identificar que condições podem potencializar os riscos nas operações de pouso e decolagem a fim de adotar medidas mitigadoras.

4.3 Condições críticas para segurança operacional

As condições encontradas para as operações de pouso e decolagem analisadas neste estudo não são consideradas situações críticas para a análise de riscos, já que desenvolvendo uma análise de sensibilidade para o modelo quantitativo, tem-se as variáveis que caracterizam um determinada operação aeroportuária com risco máximo. Determinando as condições que maximizam a ocorrência de dados tipos de eventos, torna-se possível avaliar se é possível, em outras condições operacionais, que as operações de pouso e decolagem tenham riscos mais elevados.

As variáveis que maximizam os riscos, obtidas a partir dos modelos de frequência definidos no ACRP Report 03 estão apresentadas na Tabela 23. Já as variáveis que maximizam os riscos, obtidas a partir da modelagem quantitativa desenvolvida no ACRP Report 50 são apresentadas na Tabela 24. Com isso, é possível estabelecer um critério comparativo, ou seja, caso uma operação de pouso ou decolagem específica apresente algumas das variáveis independentes que maximizam o risco de ocorrência de determinado de tipo de evento, tem-se uma operação com probabilidade de ocorrência mais elevada que as determinadas anteriormente. Dessa forma, torna-se possível avaliar comparativamente o risco de uma operação e determinar se a probabilidade de ocorrência é maior ou menor que o valor considerado como aceitável, de 1 acidente/incidente para cada 10 milhões de operações de pouso e decolagem.

Tabela 23: Condições que maximizam a ocorrência de acidentes - ACRP Report 03

Landing Undershoot	Landing Overrun	Take-off Overrun	
Aeronaves de pequeno porte	Aeronaves de grande porte	Aeronaves de pequeno porte	
Aviação geral	Teto < 1000 pés	Vôos cargueiros	
Teto < 2500 pés	Visibilidade < 2 milhas	Teto < 2500 pés	
Visibilidade < 2 milhas	Visibility < 2SM	Visibilidade > 6 milhas	Visibilidade < 8 milhas
Neblina	Tempestades elétricas		
Temperatura > 25 °C	Gelo	Neblina	
Gelo	Neve	Vento de través > 12 nós	
	Temperatura > 25 °C	Temperatura > 25 °C	
Neve	No-hub	Gelo	
		Neve	

Tabela 24: que maximizam a ocorrência de acidentes - ACRP Report 50

Landing Overrun	Landing Undershoot	Landing Veer-off	Takeoff Overrun	Takeoff Veer-off
Classe de equipamento D/E/F	Classe de equipamento D/E/F	Classe de uso G	Classe de equipamento A/B	Classe de equipamento A/B
Classe de uso G	Classe de uso T/C	Vento través > 12 nós	Classe de uso T/C	Classe de uso F
Vento de popa > 12 nós	Vento través 2-5 nós	Teto 1000 – 2500 pés	Vento través 2 – 5 nós	Vento través 5 – 12 nós
Visibilidade < 2SM	Teto 1000 – 2500 pés	Visibilidade < 2 SM	Teto 1000 – 2500 pés	Teto 1000 – 2500 pés
Temperatura < 25°C	Visibilidade 4 – 8 SM	Temperatura < 5°C	Visibilidade 4 – 8 SM	Visibilidade 2 – 4 SM
Gelo	Temperatura > 25°C	Neblina	Temperatura < 25°C	Temperatura 5 - 25°C
Neve	Gelo	Gelo	Gelo	Turboprop
Origem/Destino Internacional	Chuva	Neve	Neve	Neve
Aeroporto HUB	Fator de criticidade	Aeroporto HUB	Aeroporto HUB	Fator de criticidade

Vale lembrar que independentemente da ocorrência simultânea ou não das variáveis independentes apresentadas anteriormente, tais variáveis maximizam a probabilidade para cada tipo de evento. Se considerarmos casos extremamente críticos, onde todas as condições operacionais críticas são encontradas, chega-se a ter a frequência de 2 eventos para cada 100 operações, no caso do landing veer-off. Porém, espera-se que as chances de que todas as condições que maximizam tal evento seja muito baixa, o que torna pouco significativo o valor obtido.

Da mesma maneira que se estabeleceu um critério comparativo para análise das variáveis que maximizam a probabilidade de ocorrência de alguns eventos, é possível estabelecer também quais condições operacionais minimizam as chances de um acidente/incidente. A Tabela 25 apresenta tais condições de acordo com o modelo estabelecido pelo ACRP Report 50.

Tabela 25: Condições que minimizam a ocorrência de acidentes - ACRP Report 50

Landing Overrun	Landing Undershoot	Landing Veer-off	Takeoff Overrun	Takeoff Veer-off
Classe de equipamento A/B	Classe de equipamento A/B	Classe de equipamento A/B	Classe de equipamento D/E/F	Classe de equipamento A/B
Classe de uso T/C	Classe de uso T/C	Vento través 2-5 nós	Classe de uso F	Classe de uso F
Vento través 5 - 12 nós	Vento través 2-5 nós	Teto 1000 – 2500 pés	Vento través 5 – 12 nós	Vento través 5 – 12 nós
Teto 1000 – 2500 pés	Teto < 200 pés	Temperatura 5 - 25°C	Teto 200 – 1000 pés	Teto 1000 – 2500 pés
Visibilidade 4 – 8 SM	Visibilidade 4 – 8 SM	Turboprop	Visibilidade 4 – 8 SM	Visibilidade 4 – 8 SM
Temperatura >25°C	Temperatura 5 - 25°C	Chuva	Temperatura >25°C	Temperatura >25°C
Tempestade	Chuva	Aeroporto HUB		Chuva

Analisando as Tabelas 24 e 25, percebe-se que pequenas mudanças em uma ou mais condições operacionais já acarretam alterações significativas nas probabilidade de ocorrência por tipo de evento. Por exemplo, para a ocorrência de um takeoff veer-off, obtém-se uma frequência de aproximadamente de 6 ocorrências para 10.000.000.000 de operações caso se tenham as condições operacionais que minimizam riscos, conforme descritas anteriormente. Se devido à meteorologia, as condições de temperatura, visibilidade e chuva mudarem, passa-se a ter uma operação 10.000 vezes mais perigosa e acima do limite aceitável estabelecido pela OACI.

Tal avaliação mostra a necessidade de se ter um correto entendimento dos riscos atrelados a ocorrência ou não de algumas condições operacionais, pois mudanças naturais, consideradas talvez insignificantes do ponto de vista de engenharia, alteram significativamente o risco atrelado a uma operação. A Tabela 26 apresenta as frequências mínimas e máximas por tipo de evento.

Tabela 26: Probabilidades de ocorrências máximas e mínimas por tipo de evento

Condições críticas	LDOR	LDUS	LOVO	TOOR	TOVO
Probabilidade Máxima	1,03E-01	1,73E-05	1,74E-01	3,70E-05	6,90E-06
Probabilidade Mínima	9,48E-09	1,57E-07	2,47E-08	2,21E-07	5,32E-10

4.4 Determinação da probabilidade de localização por tipo de evento

4.4.1. Seleção dos obstáculos nos sítios aeroportuários

O levantamento e seleção dos obstáculos utilizados para análise nos sítios aeroportuários foi realizado através da visualização de plantas arquitetônicas e imagens de satélite. Dessa maneira, buscou-se identificar a existência de não-conformidades do ponto de vista de engenharia que poderiam gerar consequências caso ocorresse um impacto com uma aeronave. As Figuras 33 a 39 identificam a localização dos obstáculos nos aeroportos brasileiros analisados.

Figura 33: Localização dos obstáculos no Aeroporto Internacional de Guarulhos



Figura 34: Localização dos obstáculos no Aeroporto Internacional do Galeão

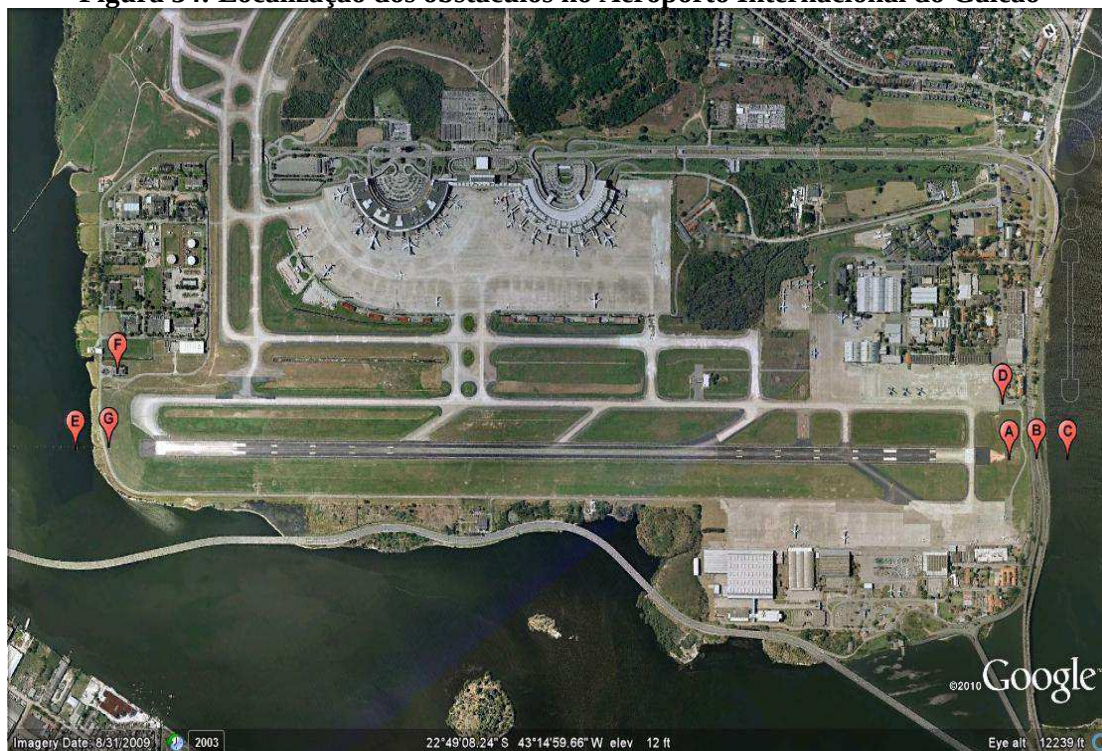


Figura 35: Localização dos obstáculos no Aeroporto Internacional de Brasília



Figura 36: Localização dos obstáculos no Aeroporto Internacional de Porto Alegre

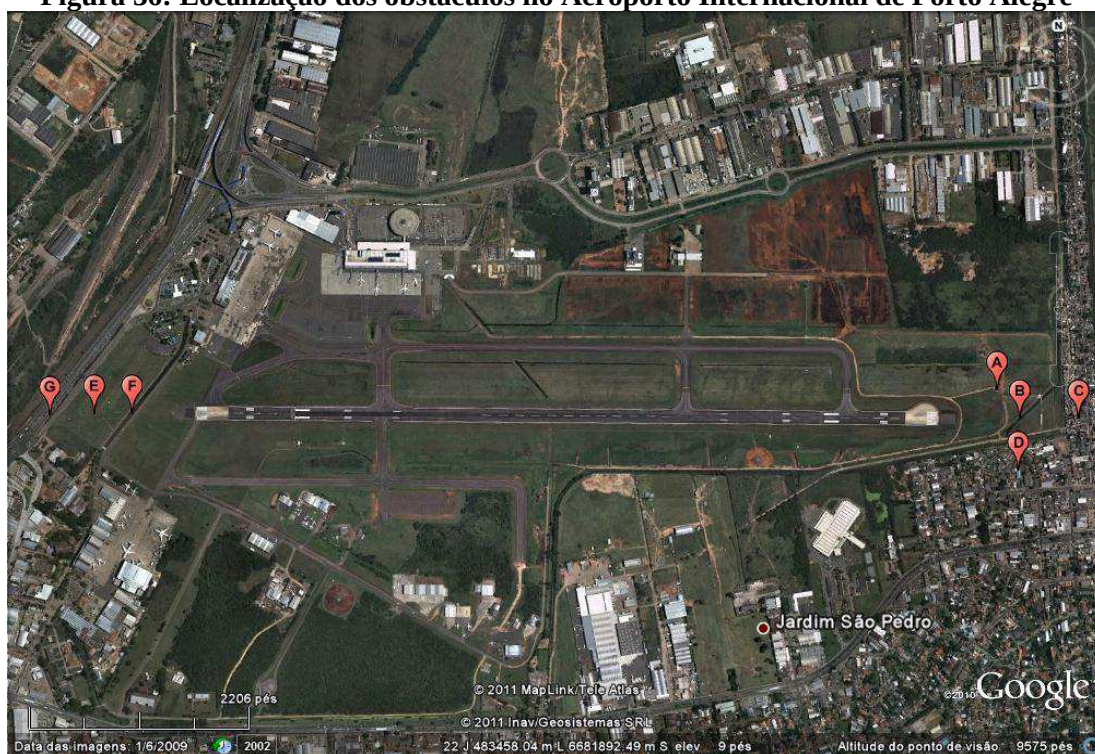


Figura 37: Localização dos obstáculos no Aeroporto Internacional de Recife



Figura 38: Localização dos obstáculos no Aeroporto Internacional de Belém

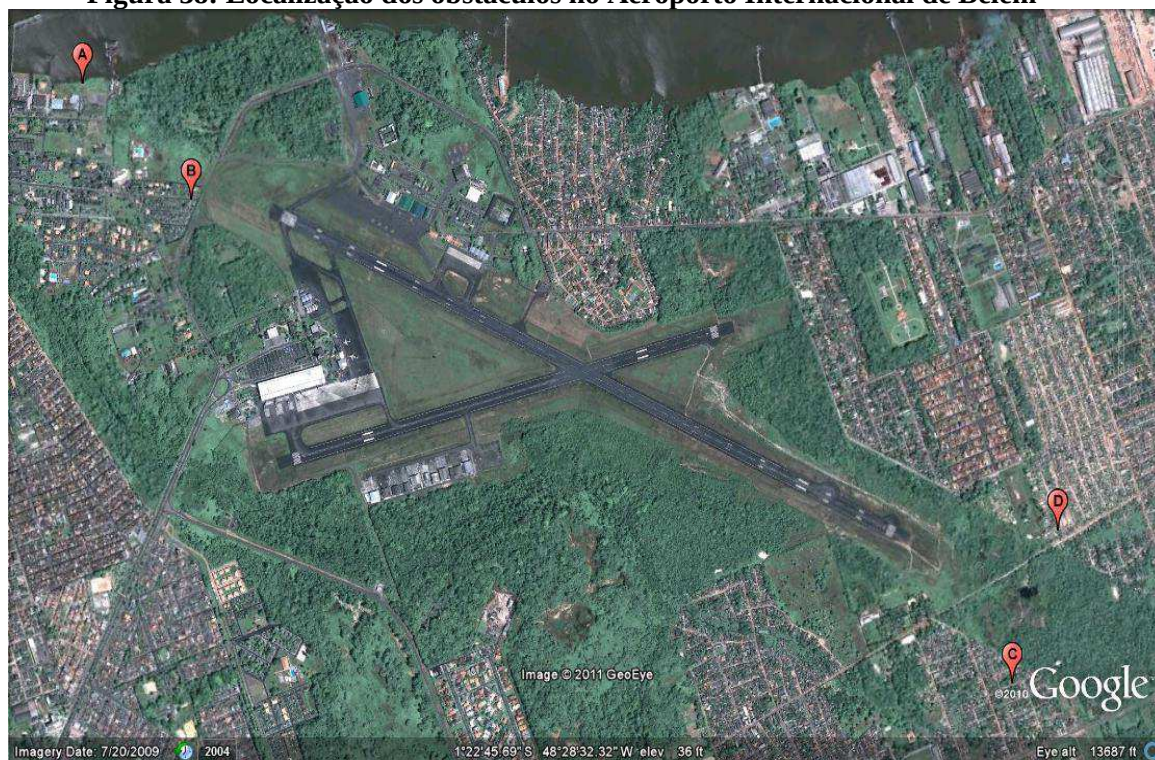


Figura 39: Localização dos obstáculos no Aeroporto Internacional de Manaus



A determinação dos obstáculos considerou como principal fator para escolha a proximidade entre a pista de pousos e decolagens e o obstáculo em questão. De tal forma, analisando os sete aeroportos brasileiros abordados neste estudo, foram definidos os seguintes obstáculos, apresentados na Tabela 27. Foram consideradas apenas as ocorrências de takeoff overrun, landing undershoot e landing overrun.

Tabela 27: Não-conformidades existentes nos aeroportos analisados.

Aeroporto	Cabeceira Predominante	Takeoff Overrun	Landing Undershoot	Landing Overrun
		Obstáculo		
Guarulhos	09	Talude (A)	Construção de Alvenaria (E)	Construção de Alvenaria (H)
		Rua Bela Vista do Paraíso (B)	Rodovia Hélio Smidt (SP-19) (F)	Vala (I)
		Localizer (C)	ETE (G)	Centro Manufatureiro do Aço LTDA (J)
		Construção de Alvenaria (D)		
Galeão	15	Localizer (A)	Baia de Guanabara (E)	Localizer (A)
		Estrada do Galeão (B)	Subestação CAB-15 (F)	Estrada do Galeão (B)
		Baia de Guanabara (C)	Via de circulação (G)	Baia de Guanabara (C)
		Estrada do Maracujá (D)		Estrada do Maracujá (D)
Brasília	11	Via de Serviço (A)	Estrada Epar (DF-055) (D)	Localizer (F)
		Clube de Campo(B)		VI Comar (G)
		Árvore (C)	Hangares (E)	Construção de Alvenaria (H)
Porto Alegre	11	Antena ILS (A)	Localizer (E)	Antena ILS (A)
		Vila Dique (B)	Avenida dos Estados (F)	Vila Dique (B)
		Jardim Floresta (C)	Vala (G)	Jardim Floresta (C)
		Vala (D)		Vala (D)
Manaus	10	Av. Torquato Tapajos (B)	Avenida do Turismo (A)	Av. Torquato Tapajos (B)
Belém	06	Bairro do Bengui (C)	Baia do Guajará (A)	Bairro do Bengui (C)
		Jardim São Clemente (D)	Rodovia Artur Bernardes (B)	Jardim São Clemente (D)
Recife	16	Av. Mascarenhas de Moraes (C)	Av. Dom Helder Camara (A)	Av. Mascarenhas de Moraes (C)
		Jardim Jordão (D)	Avenida Recife (B)	Jardim Jordão (D)

Com relação aos obstáculos que podem gerar consequências devido a um eventual desvio lateral, não foi possível identificar nitidamente nas imagens de satélite e mapas disponíveis a existência de tais obstáculos e quais seriam. Dessa maneira, para a determinação da probabilidade de localização nos eventos de veer-off utilizou-se os limites das faixas de pistas de cada um dos aeroportos analisados a partir do eixo longitudinal, sendo 150 metros para pistas com ILS e 75 metros para pistas de operação exclusivamente visual.

4.4.2. Determinação da probabilidade de impactos com obstáculos selecionados

A partir da probabilidade de localização dos obstáculos existentes nos sete aeroportos analisados e da probabilidade de ocorrência por tipo de evento, determinou-se a probabilidade do impacto de uma aeronave com um obstáculo, o que caracterizaria um acidente.

Foi realizada a determinação da probabilidade de ocorrência de impacto com cada um dos obstáculos identificados e analisados nos sítios aeroportuários. Com a obtenção dos resultados para os modelos de frequência desenvolvidos no ACRP Report 03 e ACRP Report 50, observou-se que houve uma redução nos valores para ocorrência de acidentes por tipo de evento. Tal constatação permite afirmar que com a atualização dos modelos, os resultados obtidos a partir dos modelos de probabilidade são menos conservadores. A Tabela 28 apresenta a diferença existente nos resultados obtidos a partir dos dois modelos utilizados.

Tabela 28:Diferença dos resultados - ACRP Report 03 x ACRP Report 50

Aeroportos	Landing Undershoot	Landing Overrun	Takeoff Overrun
Aeroporto Internacional Gov. André Franco Montoro (SBGU)	21%	-71%	-61%
Aeroporto Internacional Eduardo Gomes (SBMN)	-88%	-99%	-56%
Aeroporto Internacional Antonio Carlos Jobim (SBGL)	-70%	-99%	-92%
Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek (SBBS)	-93%	-94%	-36%
Aeroporto Internacional Val de Cans (SBBE)	-40%	-78%	-77%
Aeroporto Internacional Salgado Filho (SBPA)	29%	-86%	-6%
Aeroporto Internacional Gilberto Freyre (SBRF)	-95%	-96%	-96%

As Tabelas 29 e 30 apresentam os valores para as probabilidades de um eventual impacto entre a aeronave, sujeita a certo tipo de evento, e os obstáculos analisados a partir dos modelos de frequência desenvolvidos, respectivamente, pelo ACRP Report 03 e ACRP Report 50.

Tabela 29: Probabilidade de ocorrência de impacto com os obstáculos - ACRP Report 03

Aeroporto	Takeoff Overrun		Landing Undershoot		Landing Overrun	
	Obstáculo	Probabilidade	Obstáculo	Probabilidade	Obstáculo	Probabilidade
Guarulhos	Talude	9,33E-07	Construção de Alvenaria	3,43E-08	Construção de Alvenaria	1,43E-07
	Rua Bela Vista do Paraíso	7,85E-07	Rodovia Hélio Smidt (SP-19)	8,70E-08	Vala	8,00E-08
	Localizer	9,92E-07	ETE	3,98E-08	Complexo Man. Do Aço	1,16E-08
	Construção de Alvenaria	3,39E-07				
Galeão	Localizer	3,58E-06	Baia de Guanabara	8,78E-08	Localizer	2,96E-06
	Estrada do Galeão	3,07E-06	Subestação CAB-15	2,22E-08	Estrada do Galeão	8,97E-07
	Baia de Guanabara	2,83E-06	Via de circulação	8,99E-08	Baia de Guanabara	3,68E-07
	Estrada do Maracujá	1,53E-06			Estrada do Maracujá	3,60E-06
Brasília	Via de Serviço	4,77E-07	Estrada Epar (DF-055)	5,09E-07	Localizer	2,20E-07
	Clube de Campo	5,04E-07			VI Comar	2,71E-07
	Árvore	5,07E-07	Hangares	9,48E-08	Construção de Alvenaria	1,56E-06
Porto Alegre	Antena ILS	3,64E-07	Localizer	4,51E-07	Antena ILS	2,21E-06
	Vila Dique	3,44E-07	Avenida dos Estados	4,33E-07	Vila Dique	2,16E-06
	Jardim Floresta	1,58E-07	Vala	4,90E-07	Jardim Floresta	2,60E-06
	Vala	3,97E-07			Vala	2,33E-06
Manaus	Av. Torquato Tapajós	8,54E-11	Avenida do Turismo	2,29E-08	Av. Torquato Tapajós	2,34E-08
Recife	Av. Mascarenhas de Moraes	4,63E-07	Av. Dom Helder Camara	7,71E-08	Av. Mascarenhas de Moraes	1,17E-08
	Jardim Jordão	1,54E-08	Avenida Recife	5,81E-09	Jardim Jordão	2,47E-08
Belém	Bairro do Bengui	1,40E-07	Baia do Guajará	8,13E-09	Bairro do Bengui	2,35E-08
	Jardim São Clemente	1,55E-07	Rod. Artur Bernardes	3,56E-09	Jardim São Clemente	2,27E-08

Tabela 30: Probabilidade de ocorrência de impacto com os obstáculos - ACRP Report 50

Aeroporto	Takeoff Overrun		Landing Undershoot		Landing Overrun	
	Obstáculo	Probabilidade	Obstáculo	Probabilidade	Obstáculo	Probabilidade
Guarulhos	Talude	3,62E-07	Construção de Alvenaria	4,15E-08	Construção de Alvenaria	4,08E-08
	Rua Bela Vista do Paraíso	3,05E-07	Rodovia Hélio Smidt (SP-19)	1,05E-07	Vala	2,29E-08
	Localizer	3,85E-07	ETE	4,81E-08	Complexo Man. Do Aço	3,34E-09
	Construção de Alvenaria	1,32E-07				
Galeão	Localizer	2,79E-07	Baia de Guanabara	2,66E-08	Localizer	3,25E-08
	Estrada do Galeão	2,40E-07	Subestação CAB-15	6,73E-09	Estrada do Galeão	9,87E-09
	Baia de Guanabara	2,21E-07	Via de circulação	2,72E-08	Baia de Guanabara	4,05E-09
	Estrada do Maracujá	1,19E-07			Estrada do Maracujá	3,96E-08
Brasília	Via de Serviço	3,06E-07	Estrada Epar (DF-055)	3,44E-08	Localizer	1,39E-08
	Clube de Campo	3,23E-07			VI Comar	1,71E-08
	Árvore	3,25E-07	Hangares	6,40E-09	Construção de Alvenaria	9,83E-08
Porto Alegre	Antena ILS	3,42E-07	Localizer	5,80E-07	Antena ILS	3,19E-07
	Vila Dique	3,22E-07	Avenida dos Estados	5,58E-07	Vila Dique	3,11E-07
	Jardim Floresta	1,48E-07	Vala	6,30E-07	Jardim Floresta	3,74E-07
	Vala	4,44E-08			Vala	3,36E-07
Manaus	Av. Torquato Tapajós	3,77E-11	Avenida do Turismo	2,66E-09	Av. Torquato Tapajós	2,58E-10
Recife	Av. Mascarenhas de Moraes	1,83E-08	Av. Dom Helder Camara	8,94E-09	Av. Mascarenhas de Moraes	4,38E-10
	Jardim Jordão	6,10E-10	Avenida Recife	3,00E-10	Jardim Jordão	9,27E-10
Belém	Bairro do Bengui	3,22E-08	Baia do Guajará	4,85E-09	Bairro do Bengui	5,25E-09
	Jardim São Clemente	3,54E-08	Rod. Artur Bernardes	2,12E-09	Jardim São Clemente	5,09E-09

Já para os eventos de landing veer-off e takeoff veer-off, consideramos como obstáculo para fins de análise o limite da faixa de pista de cada aeroporto. Como todos os aeroportos operam com ILS, a faixa de pista possui 300 metros de largura, sendo 150 metros a distância do limite da faixa de pista a partir do eixo longitudinal. Logo, a partir da probabilidade de localização e da frequência para ocorrências dos eventos de desvio lateral, obtém-se a probabilidade para tais fenômenos, conforme apresentado na Tabela 31.

Tabela 31: Probabilidade de ocorrência de impacto em eventos de veer-offs

Aeroportos	Landing Veer-off	Takeoff Veer-off
Aeroporto Internacional Gov. André Franco Montoro (SBGU)	7,58E-08	9,70E-10
Aeroporto Internacional Eduardo Gomes (SBMN)	7,87E-07	3,52E-09
Aeroporto Internacional Antonio Carlos Jobim (SBGL)	1,60E-07	5,88E-10
Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek (SBBS)	4,69E-07	8,24E-10
Aeroporto Internacional Val de Cans (SBBE)	1,06E-07	2,47E-08
Aeroporto Internacional Salgado Filho (SBPA)	1,12E-06	2,61E-09
Aeroporto Internacional Gilberto Freyre (SBRF)	1,04E-06	5,00E-08

4.5 Severidade de ocorrência dos eventos analisados

A avaliação de severidade da ocorrência de acidentes/incidentes caracterizados nos tipos de eventos descritos ao longo deste estudo está relacionada a algumas variáveis como velocidade da aeronave, energia do impacto entre a aeronave e o obstáculo, inércia do obstáculo, tamanho da aeronave, posição do choque do obstáculo na aeronave com relação a sua envergadura, dentre outras.

Porém, devido à natureza da coleta dos dados sobre os obstáculos, foi considerado principalmente para a determinação da severidade apenas as características do obstáculo relativas à inércia do obstáculo, tamanho do obstáculo em relação a aeronave e energia do impacto. Utilizou-se a matriz de severidade da OACI como critério de classificação. A Tabela 32 apresenta a severidade do risco para uma ocorrência envolvendo cada um dos obstáculos levantados.

Tabela 32: Severidade do risco por obstáculos e tipos de evento

Aeroporto	Takeoff Overrun		Landing Undershoot		Landing Overrun		Takeoff
	Obstáculo	Severidade do Risco	Obstáculo	Severidade do Risco	Obstáculo	Severidade do Risco	Obstáculo
Aeroporto Internacional Gov. André Franco Montoro	Talude	C	Construção de Alvenaria	D	Construção de Alvenaria	B	Lado esquerdo à faixa de pista
	Rua Bela Vista do Paraíso	B	Rodovia Hélio Smidt (SP-19)	A	Vala	D	
	Localizer	E	ETE	C	Complexo Man. Do Aço	A	Lado direito à faixa de pista
	Construção de Alvenaria	C					
Aeroporto Internacional Antonio Carlos Jobim	Localizer	E	Baia de Guanabara	A	Localizer	D	Lado esquerdo à faixa de pista
	Estrada do Galeão	A	Subestação CAB-15	C	Estrada do Galeão	A	
	Baia de Guanabara	A	Via de circulação	D	Baia de Guanabara	A	Lado direito à faixa de pista
	Estrada do Maracujá	B			Estrada do Maracujá	B	
Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek	Via de Serviço	D	Estrada Epar (DF-055)	B	Localizer	E	Lado esquerdo à faixa de pista
	Clube de Campo	C			VI Comar	B	
	Árvore	C	Hangares	B	Construção de Alvenaria	C	Lado direito à faixa de pista
Aeroporto Internacional Salgado Filho	Antena ILS	E	Localizer	E	Antena ILS	E	Lado esquerdo à faixa de pista
	Vila Dique	A	Avenida dos Estados	A	Vila Dique	A	
	Jardim Floresta	A	Vala	D	Jardim Floresta	A	Lado direito à faixa de pista
	Vala	D			Vala	D	

Tabela 32:Severidade do risco por obstáculos e tipos de evento

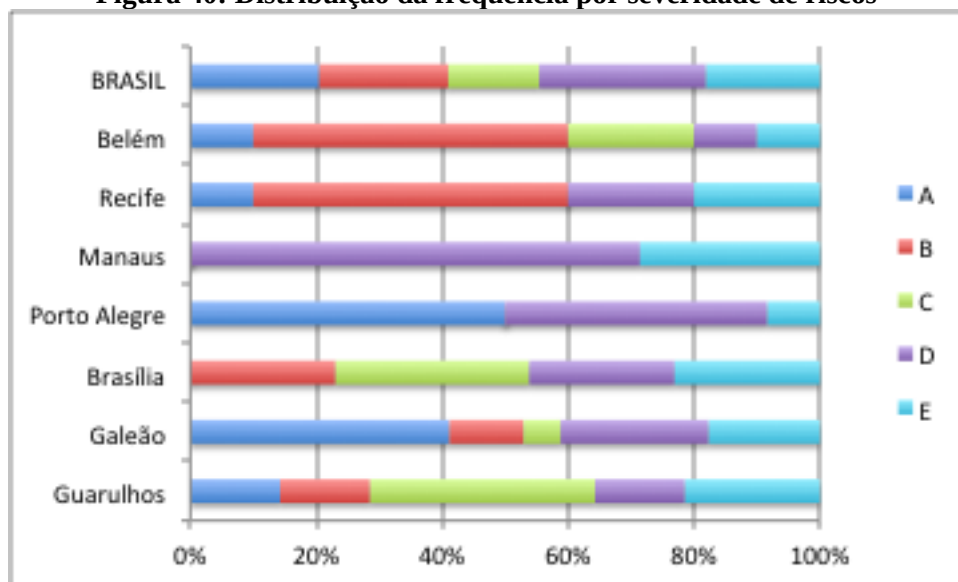
Aeroporto	Takeoff Overrun		Landing Undershoot		Landing Overrun		Takeoff
	Obstáculo	Severidade do Risco	Obstáculo	Severidade do Risco	Obstáculo	Severidade do Risco	Obstáculo
Aeroporto Internacional Eduardo Gomes	Av. Torquato Tapajós	D	Avenida do Turismo	D	Av. Torquato Tapajós	D	Lado esquerdo à faixa de pista
							Lado direito à faixa de pista
Aeroporto Internacional dos Guararapes	Av. Mascarenhas de Moraes	B	Av. Dom Helder Camara	B	Av. Mascarenhas de Moraes	B	Lado esquerdo à faixa de pista
	Jardim Jordão	B	Avenida Recife	A	Jardim Jordão	B	Lado direito à faixa de pista
Aeroporto Internacional Val de Cans	Bairro do Bengui	B	Baia do Guajará	A	Bairro do Bengui	B	Lado esquerdo à faixa de pista
	Jardim São Clemente	B	Rod. Artur Bernardes	B	Jardim São Clemente	B	Lado direito à faixa de pista

Determinado a severidade do risco atrelada a cada um dos obstáculos identificados, é possível determinar uma severidade global para os eventos que podem acontecer nos aeroportos analisados, conforme recomendação do ACRP Report 03. Tal severidade global é expressa pela severidade de risco de maior frequência em relação aos obstáculos encontrados em cada aeroporto. A Tabela 33 apresenta o número de obstáculos por tipo de severidade em cada aeroporto e a Figura 40 mostra a distribuição da frequência de severidade por aeroporto.

Tabela 33: Quantidade de obstáculos por severidade de riscos

Aeroportos	A	B	C	D	E
Aeroporto Internacional Gov. André Franco Montoro (SBGU)	2	2	5	2	3
Aeroporto Internacional Eduardo Gomes (SBMN)	7	2	1	4	3
Aeroporto Internacional Antonio Carlos Jobim (SBGL)	0	3	4	3	3
Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek (SBBS)	6	0	0	5	1
Aeroporto Internacional Val de Cans (SBBE)	0	0	0	5	2
Aeroporto Internacional Salgado Filho (SBPA)	1	5	0	2	2
Aeroporto Internacional Gilberto Freyre (SBRF)	1	5	2	1	1
BRASIL	17	17	12	22	15

Figura 40: Distribuição da frequência por severidade de riscos



A partir das análises realizadas, tem-se os aeroportos do Galeão e de Porto Alegre como os que apresentam o maior número de obstáculos com severidade A, ou seja, de consequências catastróficas. Já o Aeroporto de Manaus é o que apresenta a

maior número de obstáculos com severidade pequena ou insignificante. A Tabela 34 apresenta a severidade global dos obstáculos encontrados em cada aeroporto.

Tabela 34: Severidade global dos aeroportos analisados

Aeroportos	Severidade Global
Aeroporto Internacional Gov. André Franco Montoro (SBGU)	C
Aeroporto Internacional Eduardo Gomes (SBMN)	A
Aeroporto Internacional Antonio Carlos Jobim (SBGL)	C
Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek (SBBS)	A
Aeroporto Internacional Val de Cans (SBBE)	D
Aeroporto Internacional Salgado Filho (SBPA)	B
Aeroporto Internacional Gilberto Freyre (SBRF)	B

5 Avaliação de segurança operacional

Ao longo do estudo, foram realizados os seguintes procedimentos: seleção dos aeroportos para análise, levantamento das características dos aeroportos e de suas operações, determinação da probabilidade de ocorrência por tipos de eventos, identificação dos obstáculos existentes nos sítios aeroportuários, cálculo das probabilidades de localização e avaliação de severidade para ocorrência dos tipos de eventos.

Dessa maneira, com os resultados obtidos é possível realizar uma avaliação dos riscos existentes nas operações aeroportuárias para fins de gerenciamento da segurança operacional, conforme as práticas estabelecidas pela Organização de Aviação Civil Internacional (OACI).

De acordo com o manual de gerenciamento de riscos da OACI, a avaliação de riscos para determinado aeroporto é classificada em 3 categorias de gerenciamento – região intolerável, região tolerável e região aceitável. Tais regiões são determinados a partir dos índices de avaliação de riscos, determinados a partir da matriz de severidade da OACI. A Tabela 35 apresenta a definição das categorias de gerenciamento de riscos.

Tabela 35: Definição de Categorias de Risco (OACI, 2009)

Gerenciamento do risco	Índice de avaliação do risco	Critério sugerido
 Região intolerável	5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	Inaceitável sob as circunstâncias existentes
Região tolerável	5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D 2A, 2B, 2C	Aceitável com mitigação do risco. Pode requerer uma decisão da direção.
Região aceitável	3E, 2D, 2E, 1A, 1B 1C, 1D, 1E	Aceitável

Da Tabela 35, os eventos na “região intolerável” não são aceitáveis sob as circunstâncias existentes; a região tolerável define os riscos que são aceitáveis com mitigação do risco; finalmente, os eventos enquadrados na “região aceitável” são aceitáveis e não exigem mitigação de riscos.

As Tabelas 36 e 37 apresentam as definições das categorias de gerenciamento de riscos para os aeroportos analisados, respectivamente para os resultados obtidos através do ACRP Report 03 e ACRP Report 50.

Tabela 36: Categorias de risco para os aeroportos analisados – ACRP Report 03

Aeroporto	Takeoff Overrun		Landing Undershoot		Landing Overrun	
	Obstáculo	Matriz de Severidade	Obstáculo	Matriz de Severidade	Obstáculo	Matriz de Severidade
Aeroporto Internacional Gov. André Franco Montoro	Talude	3C	Construção de Alvenaria	2D	Construção de Alvenaria	3B
	Rua Bela Vista do Paraíso	3B	Rodovia Hélio Smidt (SP-19)	2A	Vala	2D
	Localizer	3E	ETE	2C	Complexo Man. Do Aço	2A
	Construção de Alvenaria	3C				
Aeroporto Internacional Antonio Carlos Jobim	Localizer	4E	Baia de Guanabara	2A	Localizer	4D
	Estrada do Galeão	4A	Subestação CAB-15	2C	Estrada do Galeão	3A
	Baia de Guanabara	4A	Via de circulação	2D	Baia de Guanabara	3A
	Estrada do Maracujá	4B			Estrada do Maracujá	4B
Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek	Via de Serviço	3D	Estrada Epar (DF-055)	3B	Localizer	3E
	Clube de Campo	3C			VI Comar	3B
	Árvore	3C	Hangares	2B	Construção de Alvenaria	4C
Aeroporto Internacional Salgado Filho	Antena ILS	3E	Localizer	3E	Antena ILS	4E
	Vila Dique	3A	Avenida dos Estados	3A	Vila Dique	4A
	Jardim Floresta	3A	Vala	3D	Jardim Floresta	4A
	Vala	3D			Vala	4D
Aeroporto Internacional Eduardo Gomes	Av. Torquato Tapajós	1D	Avenida do Turismo	2D	Av. Torquato Tapajós	2D
Aeroporto Internacional dos Guararapes	Av. Mascarenhas de Moraes	3B	Av. Dom Helder Camara	2B	Av. Mascarenhas de Moraes	2B
	Jardim Jordão	2B	Avenida Recife	1A	Jardim Jordão	2B
Aeroporto Internacional Val de Cans	Bairro do Bengui	3B	Baia do Guajará	1A	Bairro do Bengui	2B
	Jardim São Clemente	3B	Rod. Artur Bernardes	1B	Jardim São Clemente	2B

Tabela 37: Categorias de risco para os aeroportos analisados – ACRP Report

Aeroporto	Takeoff Overrun		Landing Undershoot		Landing Overrun		Takeoff
	Obstáculo	Severidade	Obstáculo	Severidade	Obstáculo	Severidade	Obstáculo
Aeroporto Internacional Gov. André Franco Montoro	Talude	3C	Construção de Alvenaria	2D	Construção de Alvenaria	2B	Lado esquerdo à faixa de pista
	Rua Bela Vista do Paraíso	3B	Rodovia Hélio Smidt (SP-19)	3A	Vala	2D	
	Localizer	3E	ETE	2C	Complexo Man. Do Aço	2A	Lado direito à faixa de pista
	Construção de Alvenaria	3C					
Aeroporto Internacional Antonio Carlos Jobim	Localizer	3E	Baia de Guanabara	2A	Localizer	2D	Lado esquerdo à faixa de pista
	Estrada do Galeão	3A	Subestação CAB-15	1C	Estrada do Galeão	1A	
	Baia de Guanabara	3A	Via de circulação	2D	Baia de Guanabara	1A	Lado direito à faixa de pista
	Estrada do Maracujá	3B			Estrada do Maracujá	2B	
Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek	Via de Serviço	3D	Estrada Epar (DF-055)	2B	Localizer	3E	Lado esquerdo à faixa de pista
	Clube de Campo	3C			VI Comar	3B	
	Árvore	3C	Hangares	1B	Construção de Alvenaria	3C	Lado direito à faixa de pista
Aeroporto Internacional Salgado Filho	Antena ILS	3E	Localizer	4E	Antena ILS	3E	Lado esquerdo à faixa de pista
	Vila Dique	3A	Avenida dos Estados	4A	Vila Dique	3A	
	Jardim Floresta	3A	Vala	4D	Jardim Floresta	3A	Lado direito à faixa de pista
	Vala	2D			Vala	3D	
Aeroporto Internacional Eduardo Gomes	Av. Torquato Tapajós	1D	Avenida do Turismo	1D	Av. Torquato Tapajós	1D	Lado esquerdo à faixa de pista
							Lado direito à faixa de pista

Tabela 37: Categorias de risco para os aeroportos analisados – ACRP Report

Aeroporto	Takeoff Overrun		Landing Overrun		Landing Overrun		Takeoff
	Obstáculo	Severidade	Obstáculo	Severidade	Obstáculo	Severidade	Obstáculo
Aeroporto Internacional dos Guararapes	Av. Mascarenhas de Moraes	2B	Av. Dom Helder Camara	1B	Av. Mascarenhas de Moraes	1B	Lado esquerdo à faixa de pista
	Jardim Jordão	1B	Avenida Recife	1A	Jardim Jordão	1B	Lado direito à faixa de pista
Aeroporto Internacional Val de Cans	Bairro do Bengui	2B	Baia do Guajará	1A	Bairro do Bengui	1B	Lado esquerdo à faixa de pista
	Jardim São Clemente	2B	Rod. Artur Bernardes	1B	Jardim São Clemente	1B	Lado direito à faixa de pista

Foram analisados 53 obstáculos a partir do ACRP Report 03 e 83 obstáculos a partir do ACRP Report 50. De maneira geral, a maioria dos obstáculos se situa na região tolerável para gerenciamento de riscos. Ou seja, é necessária a adoção de medidas mitigadoras. A Tabela 38 apresenta a distribuição percentual dos obstáculos dos aeroportos por categorias de gerenciamento.

Tabela 38: Distribuição das categorias de riscos por aeroporto

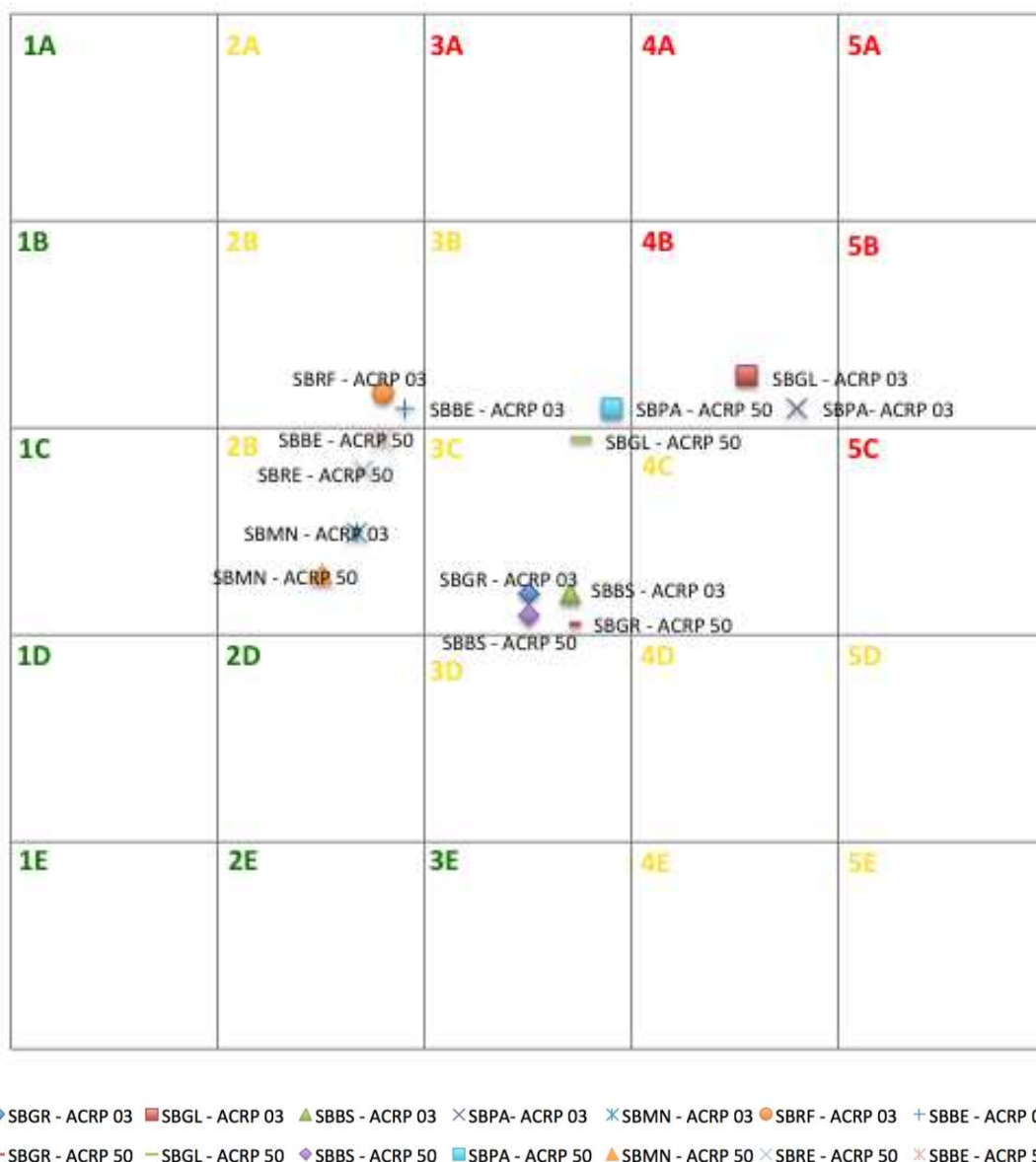
Aeroportos	ACRP Report 03			ACRP Report 50		
	Aceitável	Tolerável	Intolerável	Aceitável	Tolerável	Intolerável
Guarulhos	30,00%	70,00%	0,00%	50,00%	42,86%	7,14%
Galeão	0,00%	33,33%	66,67%	53,33%	26,67%	20,00%
Brasília	12,50%	87,50%	0,00%	33,33%	66,67%	0,00%
Porto Alegre	18,18%	36,36%	45,45%	33,33%	33,33%	33,33%
Manaus	100,00%	0,00%	0,00%	71,43%	28,57%	0,00%
Recife	16,67%	83,33%	0,00%	70,00%	30,00%	0,00%
Belém	33,33%	66,67%	0,00%	70,00%	30,00%	0,00%
TOTAL	22,64%	56,60%	20,75%	51,81%	37,35%	10,84%

Percebe-se que com a avaliação de riscos a partir dos resultados obtidos pelo ACRP Report 50, houve um aumento de 28,81% do número de obstáculos situados na região aceitável, uma redução de 34,01% do número de obstáculos situados na região tolerável e uma diminuição de 47,75% do número de obstáculos caracterizados na região intolerável. Dessa maneira, é possível afirmar que a avaliação de segurança operacional a partir do ACRP Report 03 é mais a favor da segurança que o desenvolvimento a partir do ACRP Report 50. Isso se verifica também na categorização global da segurança operacional para cada aeroporto com relação a matriz de severidade da OACI, conforme apresentado na Tabela 39 e na Figura 41.

Tabela 39: Índice global de avaliação de riscos

Aeroportos	ACRP 03	ACRP 50
Guarulhos	3C	3C
Galeão	4B	3B
Brasília	3C	3C
Porto Alegre	4B	4C
Manaus	2C	4D
Recife	2B	2C
Belém	2B	2C

Figura 41: Índices de segurança operacional nos aeroportos analisados



Das análises, a maioria dos aeroportos analisados tem uma situação definida como tolerável para a avaliação de segurança operacional, ou seja, é aceitável a realização das operações aeroportuárias desde que sejam tomadas ações a fim de mitigar tais riscos. Chama a atenção em particular os aeroportos do Galeão e de Porto Alegre, já que sua segurança operacional é tida como intolerável. Já os aeroportos mais seguros do ponto de vista da segurança operacional são os de Manaus e Recife.

Por fim, ratifica-se pela Figura 39 que através do ACRP Report 50 obteve avaliações com frequências e severidades menores.

6 Alternativas para alcance da segurança operacional

A avaliação dos níveis de segurança operacional mostra que para todos os aeroportos brasileiros analisados ao longo deste estudo é necessário se adotar medidas a fim de mitigar os riscos de eventuais acidentes e incidentes. Ao considerar apenas a severidade como critério de análise, tem-se que a maioria dos obstáculos são definidos como significativos, críticos ou catastróficos.

De tal forma, se faz preciso reduzir o nível de severidade atrelado a cada obstáculo, de maneira a garantir que não existam não-conformidades do ponto de vista de engenharia no sítio aeroportuário, a fim de não ocorra impacto entre uma aeronave e os obstáculos levantados. Para isso, é importante determinar uma área de segurança de pista.

O termo Área de Segurança de Pista (Runway Safety Area – RSA) é utilizado para designar qualquer área envolvendo a pista de pouso e decolagem, estabelecida por norma ou regulamento. Tal área tem o objetivo de reduzir os danos causados a uma aeronave que acidentalmente saia fora da pista. Por exemplo, a faixa de pista e área de segurança de fim de pista juntas podem definir a RSA de um aeroporto.

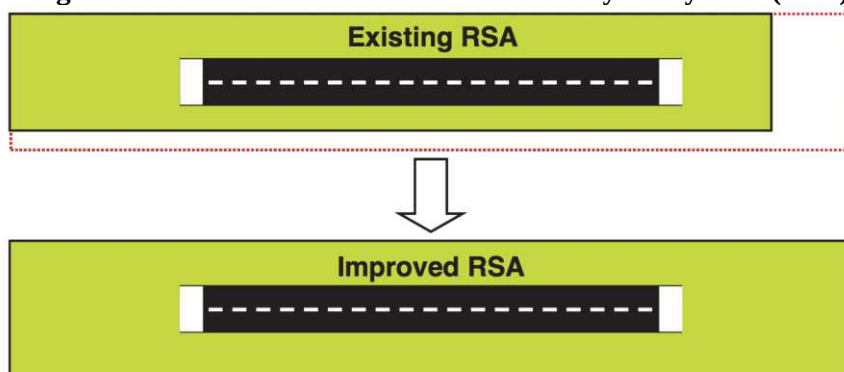
A RSA geralmente é uma área retangular livre de obstáculos e de irregularidades de terreno, que deve ser capaz de suportar a aeronave sem causar danos a aeronave ou aos seus ocupantes. Sua finalidade é aumentar a segurança de aeronaves sujeitas aos eventos de undershoots, overruns e veer-offs e buscar que potenciais acidentes tornem-se em incidentes de menores proporções.

De acordo com a FAA, as dimensões padrões da RSA para a operação de aeronaves de carreira são de 500 pés de largura e 1000 pés de comprimento além do fim da pista de pouso e decolagem. Além disso, caso não exista área disponível no sítio aeroportuário para instalação da RSA com suas dimensões padrão, é possível a utilização de materiais para desaceleração das aeronaves no caso de eventuais saídas de pista. Tais materiais, conhecidos como Engineered Material Arresting System – EMAS, permitem uma redução das dimensões necessárias para a RSA. No entanto, os aeroportos analisados não possuem área disponível para atender as dimensões padrão em seus sítios aeroportuários. Dessa maneira, pode-se aplicar as seguintes alternativas para aumentar determinada RSA que não atenda os padrões.

- Aumentar a RSA lateralmente ou longitudinalmente, se possível;
- Modificar ou realocar a pista de pouso e decolagem para expandir a RSA;
- Implementar dimensões declaradas através da redução da dimensões disponíveis para a pista e assim aumentando a seção da RSA adjacente a pista;
- Utilizar sistemas de desaceleração (EMAS) para obtenção de níveis de segurança similares ao que seria provido por uma RSA com dimensões padrão.

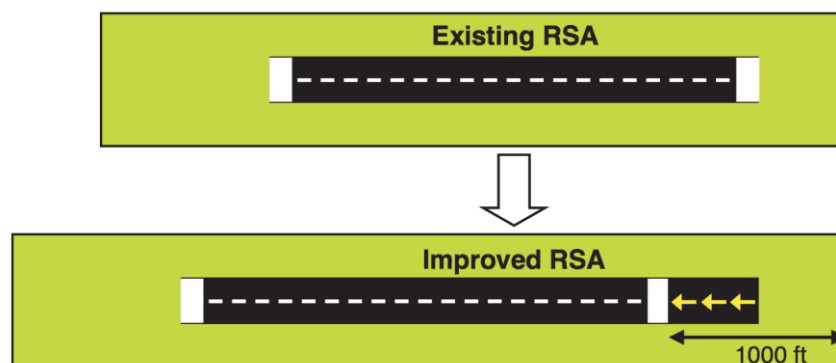
Caso haja espaço disponível no sítio aeroportuário ou em seu entorno, pode-se aumentar as dimensões da RSA lateralmente e/ou longitudinalmente, conforme apresenta a Figura 42. Porém, para os aeroportos analisados, tal alternativa poderia ser implementada apenas em Belém e Manaus.

Figura 42: Aumento das dimensões da Runway Safety Area (RSA)



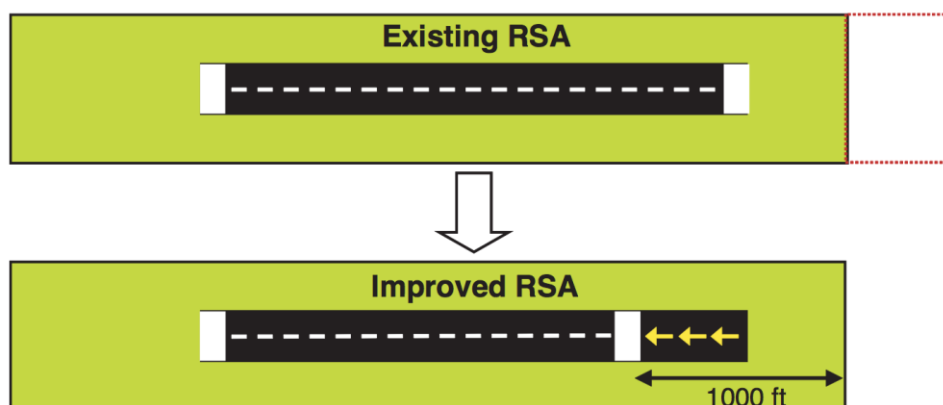
Já a modificação ou realocação das pistas de pouso e decolagem com o objetivo de expandir a RSA, conforme representado na Figura 43, consiste em mudar a posição da pista de pouso e decolagem no sítio aeroportuário para disponibilizar a área necessária para implantação da RSA com suas dimensões padrão. Entretanto, além dos elevados custos, os aeroportos analisados não tem espaço disponível para adoção de tal alternativa.

Figura 43: Mudança de pista para aumento da Runway Safety Area (RSA)



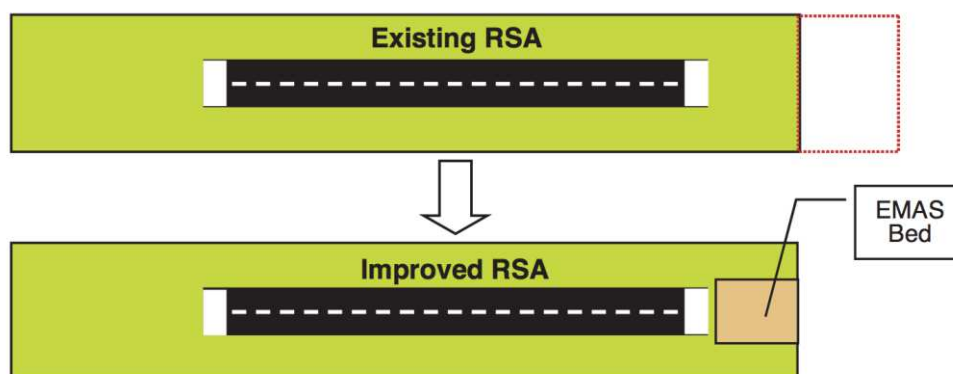
A implementação de dimensões declaradas significa a redução da distância útil da pista de pouso e decolagem, conforme ilustra a Figura 44. Tal alternativa pode ser adotada quando não há espaço disponível para a RSA nem é possível realocar a posição da pista, além de ser de baixo custo. Porém, esse tipo de solução causa sérios impactos à capacidade operacional do aeroporto. Dessa maneira, devido à realidade dos aeroportos analisados, que se encontram saturados, esta alternativa não é exequível.

Figura 44: Dimensões declaradas para aumento da Runway Safety Area (RSA)



Quando as tentativas de garantir as dimensões necessárias para a RSA não funcionam, é possível instalar sistemas de desaceleração (EMAS), conforme apresentado na Figura 45. As EMAS fixam os trens de pouso das aeronaves, o que dissipa mais rapidamente sua energia e faz com que a aeronave pare ao percorrer menores distâncias. No caso dos aeroportos analisados, onde não há área disponível nos sítios aeroportuários, a utilização de EMAS é a alternativa bastante recomendada, principalmente para os aeroportos do Galeão e de Porto Alegre, que tem obstáculos de elevada severidade nas proximidades das cabeceiras das pistas.

Figura 45: EMAS para redução das dimensões da Runway Safety Area (RSA)



7 Conclusões

Diante dos resultados obtidos ao longo deste estudo, torna-se possível a afirmação de que é necessária a adoção de medidas práticas para o gerenciamento de riscos na segurança operacional nos aeroportos brasileiros analisados. Conforme verificado nos 7 aeroportos selecionados como objetos de análise, são encontrados obstáculos que necessitam da adoção de medidas para mitigar os riscos operacionais existentes, principalmente nas situações cujo o gerenciamento de riscos é tipo como intolerável. Tem-se as situações mais críticas nos aeroportos do Galeão e em Porto Alegre, mas vale lembrar que todos os aeroportos possuem não-conformidades que exigem medidas para diminuição de riscos e que assim devem ser levadas em consideração nas tomadas de decisão das autoridades aeroportuárias.

Com relação a probabilidade de ocorrência dos eventos de undershoots, overruns e veer-offs, os modelos de frequência desenvolvidos a partir do ACRP Report 03 e ACRP Report 50 mostraram que diversas variáveis independentes influenciam na frequência dos eventos e que simples alterações em algumas das condições operacionais vigentes podem aumentar drasticamente o risco de ocorrência de um evento, mesmo que a mudança de condição operacional seja muitas vezes considerada natural e insignificante de perspectiva dos operadores aeroportuários. Logo, mostra-se a necessidade de um claro entendimento por parte dos operadores aeroportuários da relação das condições operacionais vigentes com a ocorrência de determinados tipos de eventos para que seja possível antecipar a mobilização necessária. Dessa maneira, as considerações realizadas ao longo deste estudo podem ser utilizadas como insumos para as tomadas de decisão no âmbito da segurança operacional por parte dos operadores aeroportuários.

É importante ressaltar que este estudo não é conclusivo, pois pesquisa futura deve ser direcionada para identificar a variação das características operacionais dos dados obtidos ao longo de diversos períodos das operações aeroportuárias. Dessa forma, podem ocorrer variações nas avaliações de segurança operacional para cada aeroporto. Conforme mencionado anteriormente, este trabalho foi desenvolvido com dados de apenas um dia de operação e para condições operacionais específicas de pouso e decolagem.

Com base nos resultados deste estudo, é importante observar que uma das maiores restrições operacionais dos aeroportos Brasileiros é a falta de espaço físico livre no entorno das pistas de pouso e decolagem. Diferentemente da prática internacional em países desenvolvidos, o Brasil possui sítios aeroportuários com área aquém das suas necessidades de longo prazo. Isto implica em edificações, vias de acesso e obstáculos naturais em áreas que deveriam estar isentas de qualquer obstáculo não-frangível. Obviamente que isto resulta em queda dos níveis de segurança operacional e, naturalmente, da capacidade segura de operação. Além disso, esta carência implica em dificuldades de planejamento de médio/longo prazo, pois restringe as possibilidades de acréscimos de operações e ampliações das pistas.

Pesquisa futura deveria ser desenvolvida para propor e avaliar ações operacionais e de infraestrutura que seriam capazes de reduzir os riscos existentes associados às não-conformidades apresentadas neste trabalho. Além disso, seria interessante estender e aplicar a metodologia proposta neste trabalho a outros aeroportos da rede aeroportuária nacional, bem como elaborar proposições práticas para a aplicação da metodologia de avaliação de riscos operacionais por partes das autoridades aeroportuárias brasileiras.

Referencias Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil (PSO-BR)**. Brasil, 2009.

Ale, B. and Piers, M. **The Use of Risk Information for the Development of a Safety Policy Around Airports. Safety Engineering and Risk Analysis (SERA) technical sessions**. ASME, Vol. 10, 2000, pp.51–58.

AYRES, Manuel., SHIRAZI, Hamid., CARVALHO, Regis., HALL, Jim., SPEIR., Richard., ARAMBULA, Edith., ROBERT, David., WONG, Derek., and GADZINSKI, John. – **Improved Models for Risk Assessment of Runway Safety Areas (ACRP - Report 50)**. United States: Transportation Research Board, 2011.

BOEING COMMERCIAL AIRPLANES. **Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents - Worldwide Operations 1959-2004**. 2005

CAVES, R. **Control of Risk Near Airports**. *Built Environment*, Vol. 22, No. 3, pp. 223, 1996.

Development of a Systems Risk Methodology for Single and Multi-Modal Transportation System. U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., 1979.

EDDOWES, Mark; HANCOCK, Jon. **Final Report on the Risk Analysis in Support of Aerodrome Design Rules - A Report produced for Norwegian Civil Aviation Authority**. United Kingdom: AEA Technology, 2001.

Eisenhut, D.G. **Reactor Siting in the Vicinity of Airfields**. *Transaction of the American Nuclear Society*. Vol. 16, 1973, pp. 210–211.

Enders, J., Dodd, R., Tarrel, R., Khatwa, R., Roelen, A., and Karwal, A. **Airport Safety: A Study of Accidents and Available Approach-and- Landing Aids**. Flight Safety Digest, Vol. 15, No. 3, 1996.

Fraga, R., Müller, C. **Análise das Características Físicas da Área de Movimento dos Aeroportos Brasileiros**. Anais do SITRAER – Simpósio de Transporte Aéreo, Rio de Janeiro, 2008, pp. 432-444.

Garbell, M. **Airport Accident Potential and Safety Areas**. M.G.G. Consultants, Inc., Society of Automotive Engineers, Inc., 1988.

HALL, Jim., AYRES, Manuel., WONG Derek., APPLEYARD, Andrew., EDDOWES, Mark., SHIRAZI, Hamid., SPEIR, Richard., PITFIELD, David., CAVES, Robert., SELEZNEVA, Olga., and PUZIN, Tara. - **Analysis of Aircraft Overruns and Undershoots for Runway Safety Areas (ACRP – Report 03)**. United States: Transportation Research Board, 2008.

Khatwa, R. and Helmreich, R. **Analysis of Critical Factors During Approach and Landing in Accidents and Normal Flight**. Flight Safety Digest. Vol. 17, No. 11–12, November 1998, Vol. 18, No. 1–2, February 1999, pp. 1–77.

Khatwa, R., Roelen, A.L., Karwal, A.K., Enders, J.H., Dodd, R., and Tarrel, R. **An Evaluation of Approach Landing Factors Influencing Airport Safety**. NLR-TP-96221U. Dutch National Aerospace Laboratory NLR, Amsterdam, Netherlands, 1996.

Kimura, C., Bennett, C., Sandquist, G., and Smith, S. **Aircraft Accident Data Development for Aircraft Risk Evaluation to Ground Facilities Through the Use of G.I.S.** Proc., ASME Joint Pressure Vessels & Piping Conference, Honolulu, Hawaii, Vol. 256, 1994, pp. 493–513.

Li, G.I., Baker, S.P., Grabowski, J.G., and Rebok, G.W. **Factors Associated with Pilot Error in Aviation Crashes**. Aviation, Space, and Environmental Medicine, Vol. 72, No. 1, 2001, pp. 52–58.

MEDEIROS, F. C. (2009). **As Não-conformidades Construtivas dos Sistemas de Pistas dos Aeroportos Brasileiros No Que Diz Respeito às Regras de Segurança Operacional**. Monografia de Especialização, Publicação E-TA-XXA/2009, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 77p.

ORGANIZAÇÃO DE AVIAÇÃO CIVIL (OACI). **Anexo 13 – Investigação de Acidentes de Aeronaves** - 4. ed. Canadá: OACI, 2004.

ORGANIZAÇÃO DE AVIAÇÃO CIVIL (OACI). **Anexo 14 – Projeto e Operação de Aeroportos** - 4. ed. Canadá: OACI, 2004.

ORGANIZAÇÃO DE AVIAÇÃO CIVIL (OACI). “**DOC 9859-AN/474, Safety Management Manual**”, 2ª edição, Canadá, 2009.

Piers, M., Loog, M., Giesberts, M., Moek, G., Couwenberg, M., and Smeets, M. **The Development of a Method for the Analysis of Societal and Individual Risk Due to Aircraft Accidents in the Vicinity of Airports**. NLR-CR-93372L. Dutch National Aerospace Laboratory NLR, Amsterdam, Netherlands, 1993.

Piers, M. **Methods and Models for the Assessment of Third Party Risk Due to Aircraft Accidents in the Vicinity of Airports and Their Implication for Societal Risk**. Presentation at a Workshop on Societal Risk, Utrecht, Netherlands, May 22-23, 1996.

REDE DE METEOROLOGIA DO COMANDO DA AERONÁUTICA, 18 maio, 1997. Produzido pelo DECEA. Disponível em: <http://www.redemet.aer.mil.br/consulta_msg/tempo_nos_aerodromos.php?ID_REDEMET=7c392bf87025d4c944b2f7efd5250a99> Acesso em 10 de fevereiro de 2010. DEPARTAMENTO DE AVIAÇÃO CIVIL (DAC). **Termo de Referência para Estudo Aeronáutico (IAC 154-1001)**. Brasil: DAC, 2004.

Risks from Aeroplanes Overrunning Aerodrome Runways. United Kingdom Civil Aviation Authority, Edition 1., London, 1998.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO			
1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 18 de novembro de 2013	3. REGISTRO Nº DCTA/ITA/TC-035/2013	4. Nº DE PÁGINAS 97
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Avaliação de riscos operacionais e levantamento de alternativas para alcance da segurança operacional em aeroportos brasileiros.			
6. AUTOR(ES): Júlio Alves Ribeiro Neto			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Aeroportos; Transporte Aéreo; Segurança Operacional.			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Aeroportos; Segurança; Prevenção de acidentes; Fatores de segurança; Segurança do voo; Estudo de casos; Planejamento de aeroportos; Engenharia aeronáutica.			
10. APRESENTAÇÃO:		X Nacional	Internacional
ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Anderson Ribeiro Correia. Publicado em 2013.			
11. RESUMO: Apesar dos constantes esforços realizados pelas autoridades aeronáuticas e empresas aéreas, os aeroportos brasileiros continuam a apresentar uma série de não-conformidades que comprometem as operações aeroportuárias dentro de um nível aceitável de segurança operacional. Essas falhas na infraestrutura dos aeroportos brasileiros se relacionam aos aspectos físicos do sítio aeroportuário, cujas ações corretivas são bastante onerosas do ponto de vista econômico e político. Dessa maneira, torna-se imprescindível a realização de análises de segurança operacional nos aeroportos brasileiros, bem como um levantamento de alternativas a fim de reduzir os riscos operacionais. Com tal motivação, este trabalho de graduação propõe-se a realizar uma análise da segurança operacional em sete aeroportos brasileiros através da aplicação de um método internacional de análise de risco, que já considera a ocorrência de landing overrun, landing undershoot e takeoff overrun e que irá avaliar também a ocorrência de veer-off nas operações de pouso e decolagem. Tal análise avalia a probabilidade e a severidade por tipos de evento em função de não conformidades do ponto de vista de engenharia existentes em cada dos sítios aeroportuários analisados. A partir dessa análise, realizou-se a avaliação da segurança operacional para cada aeroporto, bem como um levantamento de alternativas a fim de reduzir os riscos operacionais identificados.			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			