

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

PROPOSTA DE UMA FERRAMENTA PARA
GERENCIAMENTO DE RISCO EM AEROPORTOS
LOCALIZADOS EM MEIOS URBANOS

ISABELA REGA ORLANDO

ORIENTADOR: FABIANA SERRA DE ARRUDA
COORIENTADOR: LUIZ AUGUSTO DA SILVA ALVES

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM TRANSPORTES

BRASÍLIA / DF: DEZ / 2020

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

PROPOSTA DE UMA FERRAMENTA PARA
GERENCIAMENTO DE RISCO EM AEROPORTOS
LOCALIZADOS EM MEIOS URBANOS

ISABELA REGA ORLANDO

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

FABIANA SERRA DE ARRUDA, DR. (Universidade de Brasília)

(ORIENTADOR)

FABIO ZANCHETTA, DR. (Universidade de Brasília)

(EXAMINADOR INTERNO)

JOSÉ AUGUSTO ABREU SÁ FORTES, DR. (Universidade de Brasília)

(EXAMINADOR EXTERNO)

DATA: BRASÍLIA/DF, 15 de DEZEMBRO de 2020.

FICHA CATALOGRÁFICA

ORLANDO, ISABELA REGA

Proposta de uma Ferramenta para Gerenciamento de Risco em Aeroportos Localizados em Meios Urbanos [Distrito Federal] 2020.

xii, 98 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2020)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Aeroportos	2. Eventos de risco	5. Segurança operacional
3. Gerenciamento de riscos	4. Meios urbanos	
I. ENC/FT/UnB	II. Título (bacharel)	

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ORLANDO, I.R. (2020). Proposta de uma Ferramenta para Gerenciamento de Risco em Aeroportos Localizados em Meios Urbanos. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 98 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Isabela Rega Orlando

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Proposta de uma Ferramenta para Gerenciamento de Risco em Aeroportos Localizados em Meios Urbanos

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2020

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito da autora.

Isabela Rega Orlando

Brasília/DF - Brasil

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus e à minha família, especialmente à minha mãe, que é o meu maior exemplo de dedicação e perseverança.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que sempre esteve comigo, me capacitou e me deu forças para começar e finalizar esta graduação.

À minha mãe Karla por seu apoio incondicional e por ser a minha maior incentivadora durante toda minha vida, fazendo sempre o possível e o impossível por mim.

Ao meu pai Marcelo (*in memoriam*) que, mesmo não estando presente, faz parte de quem eu me tornei e que sempre acreditou em mim e no meu potencial.

Ao meu padrasto Ronaldo, que nunca mediu esforços para me auxiliar com o que fosse necessário e me sempre ajudou a manter o otimismo e o bom-humor mesmo nas situações mais difíceis.

À minha professora e orientadora Fabiana, que de prontidão aceitou me orientar, pela paciência e disponibilidade para me auxiliar em tudo que eu precisei ao longo desse um ano e meio de jornada, por me incentivar e sempre acreditar no meu trabalho.

Ao meu coorientador Luiz, que foi essencial para que eu pudesse concluir este trabalho da melhor forma possível, com sua disponibilidade em me ajudar e com suas sugestões certeiras.

À minha família, que sempre me apoiou a seguir meus sonhos e sempre foi compreensiva quando precisei priorizar meus estudos ao longo desses anos.

Aos amigos que fiz durante esse percurso da vida universitária, que tornaram esta fase muito mais leve e divertida, com quem pude aprender e compartilhar tantos momentos.

À Concreta Consultoria e Serviços, que foi minha segunda casa por quase três anos e que tanto me ensinou e me tornou uma pessoa e profissional melhor.

RESUMO

No início do desenvolvimento dos aeroportos, sua construção costumava ocorrer fora da área urbana, porém, conforme houve o crescimento das comunidades, houve também uma invasão das áreas próximas aos aeroportos. Dessa maneira, os aeroportos precisaram se adaptar à uma nova realidade de interações com o meio urbano, que incluem os ruídos produzidos pela sua operação, a qualidade do ar constantemente afetada, a segurança pública e o fornecimento de infraestrutura. Além disso, essa proximidade com as cidades proporcionou o surgimento de situações de risco específicas deste contexto. Nesta pesquisa, são estudados cinco eventos de risco considerados mais relevantes nas condições da interação aeroporto-cidade: colisão com aves, colisão com as construções do entorno, excursão de pista, emissão de luzes que podem confundir os pilotos durante o processo de pouso e decolagem na interpretação clara das luzes aeronáuticas e colisão com obstáculos móveis. A partir dessa seleção, é realizada uma pesquisa com especialistas da área de aviação utilizando o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) com o objetivo de classificar os eventos baseado em seu nível de importância relativa. Em seguida, por meio desses resultados, é proposto um modelo para realizar o gerenciamento desses eventos de risco em aeroportos a partir da elaboração de um índice que mensura o Risco Calculado de cada um deles. Seu objetivo é quantificar o risco e informar o nível de tolerância de cada evento com base na classificação realizada pela Organização Internacional da Aviação Civil (ICAO). A partir da tolerabilidade obtida, faz-se necessário gerenciar os riscos encontrados e analisar as situações de perigo para que estas possam ser acompanhadas e solucionadas de forma estratégica e definitiva sempre que possível. Por meio da pesquisa realizada, foi possível perceber que o método selecionado traz algumas complicações para o estudo, mas que produziu resultados satisfatórios dentro da proposta inicial. As respostas obtidas vieram majoritariamente de pilotos e permitiram a formação dos Riscos Calculados para cada evento, assim como a determinação do nível de tolerabilidade para seus resultados.

Palavras-chave: Aeroportos, Meios urbanos, Gerenciamento de riscos, Eventos de risco, Segurança operacional.

ABSTRACT

At the beginning of the development of airports, their construction used to take place outside the urban area, however, as communities grew, there was also an invasion of areas close to the airports. In this way, airports had to adapt to a new reality of interactions with the urban environment, which includes public noises due to their operation, air quality constantly affected, public safety and the provision of infrastructure. In addition, this proximity to the cities led to the emergence of risk situations specific to this context. In this research, five risk events considered most relevant in the conditions of the airport-city interaction are studied: collision with birds, collision with surrounding buildings, runway excursion, emission of lights that can confuse pilots during the landing and take-off process in the clear interpretation of aeronautical lights and collision with mobile obstacles. Based on this selection, a survey is applied with aviation specialists using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method in order to classify the events based on their level of relative importance. Then, from these results, a model is proposed to manage these risk events at airports based on the development of an index that measures the calculated risk of each one. Its objective is to quantify the risk and inform the tolerance level of each event based on the classification carried out by the International Civil Aviation Organization (ICAO). Based on the tolerability obtained, it is necessary to manage the risks found and analyze the hazardous situations so that they can be monitored and resolved in a strategic and definitive way whenever possible. Through the research, it was possible to notice that the selected method brings some complications to the study, but that it produced satisfactory results within the initial proposal. The answers obtained came mostly from pilots and allowed the formation of Calculated Risks for each event, as well as the determination of the level of tolerability for their results.

Keywords: Airports, Urban environment, Risk management, Risk events, Operational security.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO	15
1.2 JUSTIFICATIVA	16
1.3 ESTRUTURA DO PROJETO FINAL	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 AEROPORTOS E O CRESCIMENTO ECONÔMICO	17
2.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ENTORNO DE AERÓDROMOS	21
2.3 REGULAMENTAÇÃO AEROPORTUÁRIA	25
2.4 GERENCIAMENTO DE RISCOS	29
2.4.1 MODELO ICAO	31
2.4.2 ANÁLISE DE PROCESSOS BASEADA NA TEORIA DE SISTEMAS – STPA.....	35
2.4.3 INDICADOR-CHAVE DE DESEMPENHO – KPI	37
2.5 RISCOS EM AEROPORTOS ASSOCIADOS AO MEIO URBANO	38
2.5.1 PRESENÇA AVIÁRIA	40
2.5.2 ALTURA DAS CONSTRUÇÕES NO ENTORNO	41
2.5.3 EXCURSÃO DE PISTA	48
2.5.4 LUZES QUE POSSAM CONFUNDIR OS PILOTOS NA INTERPRETAÇÃO CLARA DAS LUZES AERONÁUTICAS	49
2.5.5 PRESENÇA DE OBSTÁCULOS MÓVEIS NAS PROXIMIDADES DE AEROPORTOS	51
3. MÉTODO	52
3.1 SELEÇÃO DOS EVENTOS DE RISCO	53
3.2 PROCESSO ANALÍTICO HIERÁRQUICO - AHP	54
3.2.1 ETAPA 1: CONSTRUÇÃO DA MATRIZ PAR A PAR.....	56
3.2.2 ETAPA 2: OBTENÇÃO DE PESO PARA OS CRITÉRIOS.....	57
3.2.3 ETAPA 3: CÁLCULO DO GRAU DE CONSISTÊNCIA (CR)	58
3.3 DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA 59	
3.4 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DOS DADOS NO MODELO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS	61
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	64
4.1 SELEÇÃO DOS EVENTOS DE RISCO	64

4.2	SELEÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE DOS DADOS	64
4.3	APLICAÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA	64
4.2	COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS	67
4.3	CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS	77
4.4	RECOMENDAÇÕES DE GERENCIAMENTO	81
5.	CONCLUSÕES	84
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
	APÊNDICE A.1	92
	APÊNDICE A.2	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Matriz de tolerância para avaliação de risco (ICAO, 2013).	33
Tabela 3.1 – Escala de comparação dos critérios do menos importante para o mais importante.	56
Tabela 3.2 - Escala de comparação de critérios segundo Saaty.	56
Tabela 3.3 – Exemplo de matriz de comparação par a par 5 x 5.	57
Tabela 3.4 – Índice de Aleatoriedade (RI) para valores de n variados.	59
Tabela 3.5 – Escala de intensidade dos eventos de risco em cada aeroporto.	62
Tabela 3.6 – Tolerabilidade dos riscos para aeroportos inseridos em meios urbanos.	63
Tabela 4.1 – Conversão da escala do Google Forms para a Escala de Saaty.	67
Tabela 4.2 – Áreas de trabalho dos respondentes do questionário.	67
Tabela 4.3 – Matriz de comparação geral da probabilidade de ocorrência dos eventos em estudo.	68
Tabela 4.4 – Matriz de comparação geral da severidade das consequências da ocorrência dos eventos em estudo.	68
Tabela 4.5 – Soma das colunas da matriz de comparação geral da probabilidade de ocorrência dos eventos em estudo.	69
Tabela 4.6 – Soma das colunas da matriz de comparação geral da severidade das consequências da ocorrência dos eventos em estudo.	69
Tabela 4.7 – Matriz resultante de comparação par a par normalizada da probabilidade de ocorrência dos eventos em estudo.	70
Tabela 4.8– Matriz resultante de comparação par a par normalizada da severidade das consequências da ocorrência dos eventos em estudo.	70
Tabela 4.9 – Autovetor da probabilidade de ocorrência dos eventos em estudo.	70
Tabela 4.10 – Autovetor da severidade das consequências da ocorrência dos eventos em estudo.	71
Tabela 4.11 - Autovalor e o $\lambda_{\text{máx}}$ da probabilidade de ocorrência dos eventos em estudo.	71
Tabela 4.12- Autovalor e o $\lambda_{\text{máx}}$ da severidade das consequências da ocorrência dos eventos em estudo.	71
Tabela 4.13 – Comparativo das Prioridades Médias Locais (PMLs)	72
Tabela 4.14 – Prioridade Global dos eventos em aeroportos localizados em meios urbanos.	74
Tabela 4.15 – Resultados possíveis para o Risco Calculado e sua distribuição de classes de risco.	75
Tabela 4.16 – Distribuição dos Riscos Calculados por evento e intensidade de acordo com sua classe de risco.	76
Tabela 4.17 - Tolerabilidade dos riscos para aeroportos inseridos em meios urbanos.	76
Tabela 4.18 – Síntese da intensidade dos eventos nos aeroportos fictícios 1, 2, 3 e 4.	79
Tabela 4.19 – Riscos Calculados e tolerabilidades para o Aeroporto 1.	80
Tabela 4.20 – Riscos Calculados e tolerabilidades para o Aeroporto 2.	80
Tabela 4.21– Riscos Calculados e tolerabilidades para o Aeroporto 3.	80
Tabela 4.22 – Riscos Calculados e tolerabilidades para o Aeroporto 4.	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Apresentação dos impactos entre Aeroporto e Cidade e Cidade e Aeroporto.....	24
Quadro 2.2 - Planos para o desenvolvimento e segurança do aeroporto.	26
Quadro 2.3 - Classificação da probabilidade de ocorrência (ICAO, 2013).	32
Quadro 2.4 - Classificação da severidade (ICAO, 2013).....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Relação entre aviação e crescimento urbano.	19
Figura 2.2 - Croqui de uma Zona de Proteção Aeroportuária.....	27
Figura 2.3 – Diagrama de gerenciamento do risco (ICAO, 2013).....	35
Figura 2.4 - Fluxograma de atividades do processo de análise do STPA.....	36
Figura 2.5- Princípio da Sombra – Portaria n ° 256/GC5.....	42
Figura 2.6 – Dimensões da Superfície Horizontal Interna (BRASIL, 2015).....	43
Figura 2.7 - Superfície Horizontal Interna (corte) (BRASIL,2015).	43
Figura 2.8 – Dimensões da Superfície Cônica (BRASIL 2015).....	44
Figura 2.9 – Superfície Cônica (corte) (BRASIL, 2015).....	44
Figura 2.10 - Superfície Horizontal Externa, Portaria n ° 1.141/GM5.	45
Figura 2.11 - Superfície Horizontal Externa (corte), Portaria n ° 1.141/GM5.	45
Figura 2.12 - Área de Aproximação, Portaria 1.141/GM5.	46
Figura 2.13 - Dimensões da Superfície de Transição (BRASIL, 2015).	46
Figura 2.14 - Superfície de Transição - Corte AA (BRASIL, 2015).....	47
Figura 2.15 - Superfície de Transição – Corte BB (BRASIL, 2015).....	47
Figura 2.16 - Dimensões da Superfície de Decolagem (BRASIL, 2015).....	48
Figura 2.17 - Superfície de Decolagem (corte) (BRASIL, 2015).....	48
Figura 3.1 – Fluxograma do método.....	53
Figura 4.1 – Exemplo de pergunta do formulário.....	66
Figura 4.2 – Construção de uma zona de parada pavimentada (stopway) e a delimitação de uma zona livre de obstáculos (clearway).....	78
Figura A.1.1 – Matriz de comparação par a par referente à avaliação de probabilidades do instrumento de pesquisa.....	92
Figura A.1.2 - Matriz de comparação par a par referente à avaliação de severidades do instrumento de pesquisa.....	93
Figura A.1.3 – Aba de preenchimento de informações do participante.....	94
Figura A.2.1 – Formulário enviado via Google Forms aplicado simultaneamente à planilha eletrônica – seção referente à avaliação de probabilidades – Parte 1.	95
Figura A.2.2 – Formulário enviado via Google Forms aplicado simultaneamente à planilha eletrônica – seção referente à avaliação de probabilidades – Parte 2.	96
Figura A.2.3 – Formulário enviado via Google Forms aplicado simultaneamente à planilha eletrônica – seção referente à avaliação de severidades – Parte 1.	97
Figura A.2.4 – Formulário enviado via Google Forms aplicado simultaneamente à planilha eletrônica – seção referente à avaliação de severidades – Parte 2.	98

1. INTRODUÇÃO

A maior parte das cidades brasileiras vêm crescendo em um ritmo acelerado que ocorre muitas vezes de maneira desorganizada e sem o cumprimento das orientações de planejamento adotadas no país. Essa situação é fortemente marcada pela fragilidade da fiscalização e da regulação efetiva dos instrumentos de controle, o que gera uma série de problemas na gestão das cidades e que podem ser associados aos conflitos sociais existentes (CALDAS, 2008). Da mesma maneira, o setor aeroportuário também teve um grande crescimento, tendo sua demanda dobrado nos últimos dez anos de acordo com o Plano Aeroviário Nacional – PAN (2018). Tais fatos mostram a necessidade de haver uma melhor gestão de uso do solo urbano e o devido planejamento para que o seu melhor potencial operacional e econômico possa ser atingido.

No planejamento urbano e regional, segundo o relatório de estudo de habitação realizado em 2018 pela Organização Internacional da Aviação Civil (ICAO) e pelo Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (UN-Habitat), os aeroportos representam ferramentas cruciais de planejamento das cidades e regiões. Além disso, estes podem informar o caráter de desenvolvimento de um determinado local e outras opções a serem exploradas para melhorar a produção econômica e promover a prosperidade nas cidades, regiões e países. Existe uma forte correlação entre aeroportos e o desenvolvimento de áreas metropolitanas. No início do desenvolvimento dos aeroportos, estes costumavam ser construídos fora da área urbana, no entanto, à medida em que as comunidades cresceram, elas invadiram as áreas próximas aos aeroportos, o que exige um planejamento efetivo do uso da terra entre os aeroportos e as comunidades.

Para Silva (2018), o baixo investimento para o desenvolvimento social e urbano fortaleceu a segregação populacional e estrutural das cidades e aumentou as dificuldades de acesso aos seus centros. Essa segregação ocasionou o crescimento das periferias com uma conseqüente concentração urbana no entorno de aeroportos por uma população de menor poder aquisitivo que vive sob diferentes condições e impactos causados pela operação aeroportuária.

Ainda segundo Silva (2018), em 1927, foi realizado o primeiro voo comercial do Brasil pela empresa pioneira de aviação civil brasileira, a VARIG, porém, a consolidação dos aeroportos brasileiros ocorreu somente na década de 1940 com a criação do Ministério da Aeronáutica em 1941. Ao redor do mundo, os aeroportos tiveram seus avanços principalmente a partir da Segunda

Guerra Mundial, momento de grandes avanços tecnológicos com a confecção de aeronaves com capacidade de maior alcance territorial, de carga e de passageiros. Esses avanços trouxeram um maior número de pessoas transportadas internacionalmente, o que exigiu dos aeroportos uma melhoria em sua infraestrutura para acompanhar esse desenvolvimento.

Além disso, no Brasil, Silva (2018) aponta que o progresso crescente do setor aeroportuário também demandou melhoria nos aeroportos brasileiros e suas ampliações entraram na questão da configuração urbana, que já havia sido alterada anteriormente com a ocupação urbana ao seu redor. Em muitos casos, essa ocupação inviabilizou o planejamento aeroportuário por possuir edifícios altos e muitas zonas residenciais ao seu redor de forma a aumentar os conflitos entre a população e a operação dos aeroportos.

É necessário destacar que os aeroportos e sua operação estabelecem restrições quanto ao uso e ocupação do solo ao seu redor e, por isso, necessitam ser regulamentados. A ICAO possui uma série de recomendações para essas restrições em seus anexos com os objetivos de delimitar as Zonas de Proteção e o Zoneamento de Ruído, que formam o Zoneamento do Entorno de Aeródromos, e de viabilizar a convivência entre o aeroporto e a cidade (NASCIMENTO, 2012). Em vista disso, a partir dessas recomendações, o Brasil determinou suas próprias diretrizes para guiar o planejamento de uso e ocupação dos solos nas áreas urbanas por meio de instrumentos legais, como as Portarias.

Para a ICAO e o UN-Habitat (2018), é necessário que haja o controle público do uso e ocupação do solo nas proximidades de um aeroporto, especialmente com: limitações de altura da construção do entorno; obstáculos ao voo para dentro/fora do aeroporto; atividades que podem causar interferência elétrica nas comunicações por rádio e auxiliares de navegação; luzes que possam confundir os pilotos na interpretação clara das luzes aeronáuticas, incluindo brilho solar e ponteiros laser; produção de fumaça que reduz a visibilidade; uso de drones nas proximidades de aeroportos; e presença de resíduos sólidos acumulados nos quais as aves podem se alimentar ou elementos de água que podem ser usados durante a migração. Esse controle deve ocorrer para que os riscos de possíveis acidentes sejam minimizados e gerenciados frente a essas condições, especialmente quando há uma alta densidade populacional nas proximidades do aeroporto.

O documento de Implementação do Gerenciamento de Segurança, produzido pela ICAO em 2018, coloca o sistema de aviação como um todo que compreende muitos e diferentes sistemas

funcionais, como finanças, meio ambiente, segurança e proteção. No contexto operacional, todos os sistemas funcionais produzem algum tipo de risco que precisa ser gerenciado adequadamente para diminuir qualquer consequência adversa. Tradicionalmente, cada sistema desenvolve estruturas e práticas específicas para o setor de gerenciamento de riscos, projetadas para abordar as características distintas de cada um.

Assim, um gerenciamento de riscos bem-sucedido na aviação deve ter como objetivo a redução geral de riscos no sistema, incluindo todos os sistemas funcionais envolvidos. Dessa forma, aeroportos inseridos em um meio densamente urbanizado e populoso necessitam de um gerenciamento específico para os riscos a que estão submetidos. Para este trabalho, haverá foco na medição dos riscos operacionais dos aeroportos inseridos em meios urbanos e no impacto que estes podem ter nesse meio. No âmbito do gerenciamento de riscos, será utilizada a matriz de gerenciamento de riscos da ICAO com as devidas adaptações da metodologia para aeroportos localizados em meio urbano.

1.1 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver uma ferramenta para o gerenciamento de segurança operacional para aeroportos inseridos em meio urbano.

Objetivos específicos:

- Identificar os riscos específicos advindos da relação entre cidade e aeroporto;
- Classificar a importância dos eventos de risco com o auxílio de especialistas da área e de artifícios matemáticos;
- Adaptar a matriz de gerenciamento de risco da ICAO aos riscos específicos dos aeroportos inseridos em meio urbano;
- Propor recomendações para o gerenciamento dos riscos obtidos a partir dos resultados da matriz.

1.2 JUSTIFICATIVA

As melhorias tecnológicas, juntamente com o eventual desenvolvimento de uma infraestrutura aeroportuária apropriada, levaram a um declínio gradual, mas constante, na frequência de acidentes, bem como a uma unidade regulatória cada vez mais intensa (ICAO, 2018). Assim, a preocupação com a segurança dos aeroportos tem aumentado desde o seu início até os dias atuais, especialmente quando eles estão mais próximos de residências e de comércios, visto que qualquer incidente pode colocar em risco a vida de muitas pessoas ao mesmo tempo, além de trazer muitos prejuízos à comunidade local e causar grande comoção nacional e internacional.

A relevância do presente estudo consiste em quantificar os possíveis eventos de risco, como a queda de uma aeronave sobre as habitações próximas a um aeroporto, existentes na operação dos aeroportos com alta taxa de urbanização ao seu redor e procurar entender a sua importância. Atualmente, existem muitas pesquisas focadas no impacto da convivência entre aeroportos e cidades para ambos (FREESTONE, 2009; LIMA, 2018; NASCIMENTO, 2012; SILVA, 2018) e várias outras que analisam os riscos associados às operações aeroportuárias (BARROSO, 2015; FERREIRA, 2012; FORTES, 2012; VERAS, 2011), entretanto, ainda não foram encontrados, até o presente momento, trabalhos que analisem a intersecção entre os dois temas.

Dessa maneira, esta pesquisa procura estudar e discutir um tema ainda pouco explorado, além de propor uma maneira de gerenciar eventos de risco específicos na operação aeroportuária que se tornaram uma preocupação recente para os gestores de aeroportos. Além disso, a ferramenta proposta pode ser aplicada a diferentes áreas e o método pode ser reproduzido para diferentes contextos, o que pode auxiliar pesquisas futuras que abordem este mesmo tema proposto.

1.3 ESTRUTURA DO PROJETO FINAL

Este trabalho é estruturado em cinco capítulos, em que o primeiro contempla a introdução do estudo a partir da contextualização do tema com os objetivos e a justificativa do trabalho em seguida, a fim de explicar o leitor acerca da importância do tema. O segundo capítulo trata da revisão bibliográfica, cujo propósito é fundamentar os conceitos levantados por meio de uma revisão sistemática da literatura. O terceiro capítulo é composto pela descrição do método utilizado nesta pesquisa. Já o quarto capítulo apresenta os resultados da aplicação do método e suas respectivas análises. O quinto capítulo, por fim, aborda a conclusão deste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AEROPORTOS E O CRESCIMENTO ECONÔMICO

Os aeroportos são partes cruciais de planejamento nas cidades e regiões que podem informar o seu caráter desenvolvimentista e outras opções de crescimento que podem ser exploradas para melhorar a produção econômica e promover a prosperidade nas cidades, regiões e países. Políticas desenvolvimentistas baseadas em modelos de desenvolvimento orientados para o trânsito, aplicadas ao progresso aeroportuário e urbano, são determinantes cruciais no nível de atividade econômica e na disseminação do valor de bens e serviços associados ao uso das instalações aeroportuárias (ICAO; UN-HABITAT, 2018).

De fato, o impacto da aviação se mostra positivamente significativo para o desenvolvimento da economia de uma nação. De acordo a medição realizada pela Organização Internacional da Aviação Civil, a ICAO, e publicada em seu relatório de estudo de 2018, o impacto econômico total da aviação atinge cerca de 3,5% do PIB, ou 2,4 trilhões de dólares, e o emprego de 58,1 milhões de pessoas, devido à sua natureza transversal e aos múltiplos vínculos com outros setores econômicos.

O estudo realizado por Sheard (2017) ratifica o impacto social e econômico causado pelos aeroportos nas cidades em que estão inseridos. O tamanho do aeroporto tem um efeito positivo no emprego local, com uma elasticidade de 0,04. Isso significa que, em uma área metropolitana típica com um milhão de habitantes, um aumento de 10% no tráfego aéreo leva à criação de cerca de 1660 novos empregos. Além disso, para cada emprego criado na operação do aeroporto, existem aproximadamente seis empregos criados em outros setores da economia local. A estimativa usa a quantidade de tráfego como a medida do tamanho do aeroporto, que se destina a refletir o seu tamanho físico do aeroporto e também a conveniência da viagem.

Ainda de acordo com o estudo da ICAO, relata-se que a proximidade dos aeroportos com as principais cidades do mundo levou à criação de corredores de desenvolvimento entre as instalações aeroportuárias e a cidade principal como um meio de facilitar a circulação de pessoas, bens e serviços entre os dois locais. Kasioumi (2015) cita que os fatores de atração para as empresas que se instalam nas proximidades do aeroporto, além daqueles que apoiam diretamente as operações do aeroporto, incluem acesso imediato a fluxos de pessoas e bens, preço e disponibilidade da terra, boas conexões de transporte terrestre e economias de aglomeração.

Para Freestone (2009), a acessibilidade, a visibilidade e o prestígio de um endereço de aeroporto podem atrair desenvolvimento não aeroportuário, atendendo a outros mercados por meio de crescentes economias de escala. Desta e das outras maneiras mencionadas, os aeroportos possuem grandes impactos espaciais - e econômicos - e é uma das razões pelas quais são vistos como poderosas ferramentas de desenvolvimento econômico.

Além disso, ainda conforme o que relatam a ICAO e o UN-Habitat, Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (2018), os aeroportos também se mostram importantes nas relações externas de cada nação, pois são portas de entrada para outros países e regiões por promoverem a circulação contínua de bens e serviços para atender às cadeias de fornecimento e distribuição. Nessas cadeias, são englobados o terminal e outras instalações, como armazéns, centros de distribuição, instalações bancárias, instalações de hospitalidade e outros setores compatíveis localizados em suas dependências ou proximidades, que fazem parte de seu ecossistema. Na totalidade, elas facilitam a entrada e saída de mercadorias, serviços e pessoas da área de influência do aeroporto para outros locais e leva a uma movimentação da economia.

No início do desenvolvimento dos aeroportos, eles eram construídos fora da área urbana, no entanto, à medida que as comunidades crescem, elas invadem as áreas próximas aos aeroportos e exigem um planejamento efetivo do uso da terra entre os aeroportos e as comunidades. Por essa razão, também é necessário considerar que, dentro da estrutura abrangente de planejamento, o desenvolvimento e as operações do aeroporto devem ser coordenados com o planejamento, as políticas e os programas da área em que este está localizado e vice-versa. Dessa forma, o impacto social e econômico, juntamente com os efeitos ambientais do aeroporto podem ser avaliados para garantir, na maior medida possível, que os seus arredores sejam compatíveis com o aeroporto e, inversamente, que o desenvolvimento físico e o uso do aeroporto sejam compatíveis com o uso da terra existente e proposto (ICAO; UN-HABITAT, 2018).

Na Figura 2.1 é mostrada a relação entre a urbanização e a aviação dentro de um contexto de crescimento econômico em que o desenvolvimento das cidades traz a população para mais perto dos aeroportos e os efeitos negativos dessa aproximação para os habitantes quando realizada sem o devido planejamento.

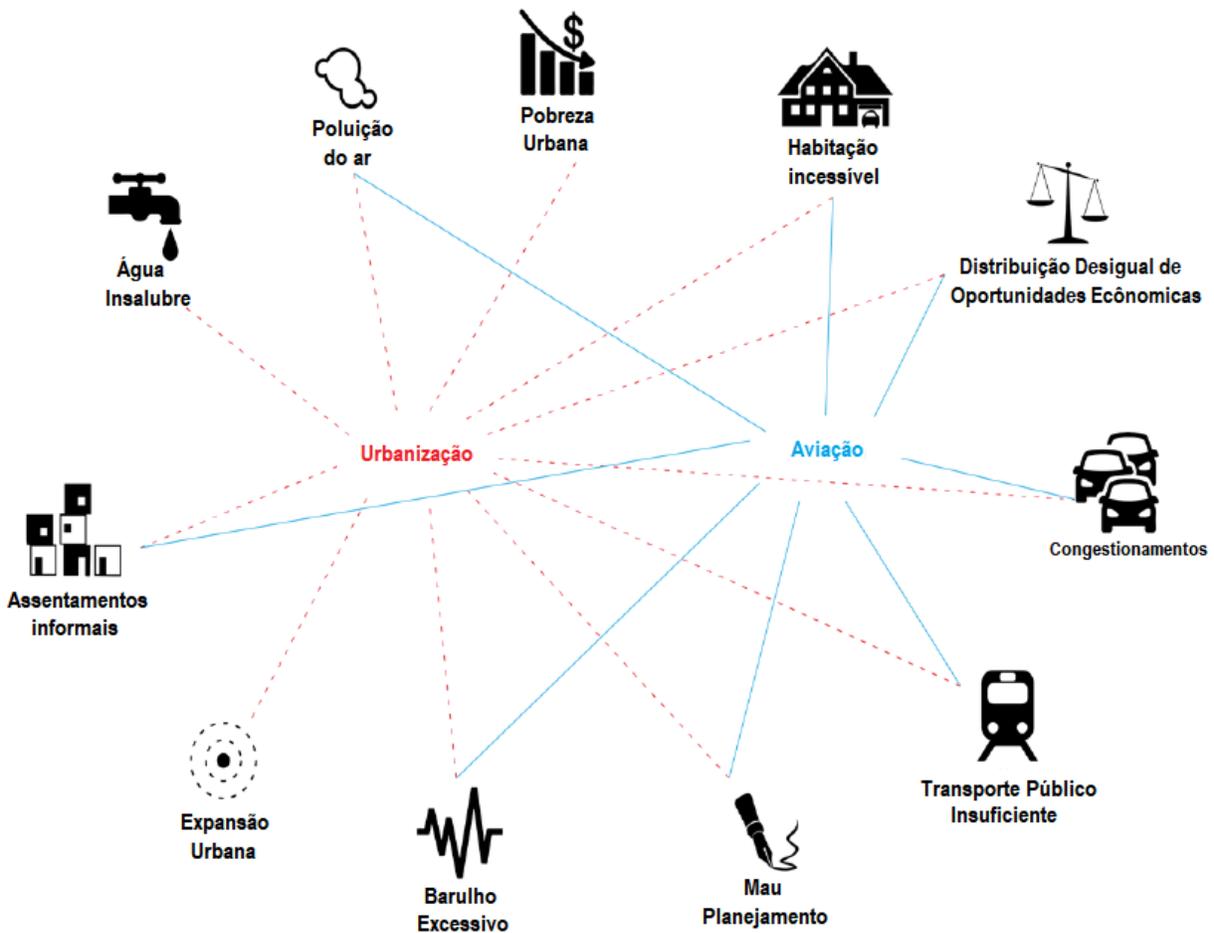


Figura 2.1 - Relação entre aviação e crescimento urbano.

Fonte: Adaptado de *Promoting Synergy Between Cities and Airports for Sustainable Development*, ICAO; UN-Habitat (2018).

Freestone (2009) cita o modelo “aerotrópico” de Kasarda, que é o modelo moderno mais conhecido para capturar o nexos entre planejamento, sustentabilidade e desenvolvimento urbano liderado por aeroportos com uma forma urbana normativa alavancada pelo comércio aéreo. Nesse modelo, o núcleo é uma cidade aeroportuária que integra usos aeronáuticos e não aeronáuticos, incluindo escritórios comerciais, hotéis e centro de conferências. Isso ancora uma mistura mais extensa de distritos de armazéns, centros de atendimento eletrônico, parques industriais e de escritórios, zonas francas, zonas de hotéis e entretenimento, todos orientados para conectar corredores de autoestradas. Os distritos residenciais, o único uso não comercial da terra, ocupam as cunhas entre as rodovias, longe das principais rotas de voo.

No entanto, o autor ressalta que esses tipos de aeroportos são a exceção e não a regra. A maioria dos grandes aeroportos é mais complexa e integrada ao ambiente urbano existente e deve negociar constantemente um conjunto de interações problemáticas, incluindo ruído, qualidade do ar, segurança pública, congestionamento de tráfego e fornecimento de infraestrutura. Porém, ambos os tipos de aeroportos ainda levantam questões sobre a sustentabilidade a longo prazo das extensas viagens aéreas e as formas urbanas que dependem disso.

No que diz respeito à regulamentação das áreas aeroportuárias e seu entorno para um crescimento urbano saudável, a ICAO e o UN-Habitat (2018) enfatizam que as autoridades da cidade têm um mandato legal para fazer leis e regulamentos para governar áreas sob sua jurisdição. Essas leis e regulamentos visam melhorar o ambiente socioeconômico da cidade, criar valor na terra, fazer alterações e regular o uso da terra, entre outras funções. Os regulamentos são cruciais para criar uma área livre adequada para aterrissagem e decolagem e para proteger os usuários do solo de impactos nocivos da aviação, como a poluição sonora de aviões e vítimas em massa ou destruição de propriedades no caso de acidentes.

Já no que tange ao planejamento e a gestão do uso da terra, as duas instituições ressaltam que são um meio eficaz para garantir que as atividades nos aeroportos próximos sejam compatíveis com a aviação. Seu principal objetivo é minimizar a população afetada pelo ruído das aeronaves ao introduzir o zoneamento de uso da terra nos aeroportos. O planejamento e a gestão compatíveis do uso da terra também são um instrumento vital para garantir que os ganhos alcançados pelo ruído reduzido da última geração de aeronaves não sejam compensados pela invasão e pelo desenvolvimento residencial mais próximo dos aeroportos.

No entanto, Freestone (2009) relata que a gestão ineficaz do uso da terra nas proximidades de áreas aeroportuárias levou muitos moradores dos arredores de aeroportos a fazerem campanhas para pressionar as autoridades locais tendo como alvos os vários ruídos, a saúde e a comodidade; o impacto nos preços dos imóveis; as pragas; a perda de biodiversidade e locais de patrimônio; e o risco de acidente. Como resultado, muitos aeroportos têm limitações em suas atividades, como, por exemplo, limites de movimento e de tipos de aeronave, restrições de trajetória de voo em contornos de ruído e toque de recolher noturno.

O problema ocasionado pelos ruídos para os moradores próximos dos aeroportos levou alguns Estados a considerar a proibição da operação de certas aeronaves barulhentas em aeroportos

sensíveis ao ruído. Contudo, restrições operacionais desse tipo podem ter implicações econômicas significativas para as companhias aéreas em questão, tanto as sediadas nos Estados que estão realizando ações quanto as sediadas em outros Estados que operam de e para os aeroportos afetados. Em cada ocasião, a Assembleia da ICAO conseguiu chegar a um acordo que representava um cuidadoso equilíbrio entre os interesses dos Estados em desenvolvimento e desenvolvidos e levava em consideração as preocupações do setor de aviação, aeroportos e interesses ambientais. Além da eliminação progressiva, outras possíveis restrições operacionais incluem toque de recolher, restrições noturnas, cotas/orçamentos de ruído, regras de limite, regras de não adição e restrições relacionadas à natureza do voo. (ICAO; UN-HABITAT, 2018).

2.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ENTORNO DE AERÓDROMOS

Desde o início do século 20, a indústria da aviação cresceu para atender às necessidades de viagens rápidas e eficientes. O transporte aéreo tornou-se um segmento crucial do transporte humano no século XXI, influenciando ainda mais as atividades humanas, como os seus padrões de assentamento e a sua atividade econômica. Para apoiar a crescente necessidade de viagens aéreas, a infraestrutura da aviação está passando por mudanças na mesma medida para acomodar a crescente demanda global por conectividade e mobilidade. Os aeroportos evoluíram de simples campos de grama e cascalho para elaboradas cidades aeroportuárias (aerotrópolis) com infraestrutura aeroportuária de larga escala para lidar com o tráfego de passageiros, cargas, e seus serviços de aviação. Os aeroportos modernos têm uma malha complexa de usos da terra para apoiar atividades e serviços da aviação e outras necessidades associadas (ICAO; UN-HABITAT, 2018).

Para a ICAO e o UN-Habitat (2018), os aeroportos possuem uma influência importante no planejamento ao redor e além da cidade e região de localização. Eles estão localizados nas proximidades das principais cidades ou nos locais de turismo e principais zonas econômicas com o objetivo de oferecer modos de viagem mais rápidos e convenientes aos usuários. Alguns aeroportos foram projetados para servir como *hubs* de transporte aéreo regional, global e intermodal para apoiar a transferência de passageiros, bens e serviços de um voo para outro. Por outro lado, as cidades estão começando a se desenvolver em torno dos aeroportos e esse desenvolvimento inclui não apenas hotéis e restaurantes, mas também negócios focados ou dependentes de transporte. Nesse contexto, os aeroportos das cidades estão se tornando cidades-

aeroporto ou “Aerotrópolis”, termo criado para caracterizar um novo tipo de metrópole em que a população e os viajantes poderiam realizar todas as atividades comuns a centros urbanos, mas a menos de quinze minutos no aeroporto, como escreve Donahue (2010).

Hoje, provavelmente, o fator mais significativo que influencia o planejamento do uso e a ocupação do solo nas proximidades dos aeroportos é a poluição sonora e atmosférica causada pelas operações e manutenção das aeronaves. Os terrenos em um aeroporto ou nas suas proximidades podem ser vulneráveis à erosão do solo por elementos naturais e, em grau limitado, pelos jatos das aeronaves. A utilização do solo para fins aeroportuários também pode causar distúrbios na flora e fauna. O trabalho de desenvolvimento do aeroporto frequentemente envolve a limpeza e o corte de árvores e outras vegetações, mudanças na topografia da área e interferência nos padrões das bacias hidrográficas. Assim, os aeroportos podem destruir o habitat natural e as áreas de alimentação da vida selvagem e podem esgotar parte da flora, que é vital para o equilíbrio ecológico da área (ICAO; UN- HABITAT, 2018).

A ICAO e o UN-Habitat (2018) dizem que, devido às múltiplas opções de tipos de ocupação próximas aos aeroportos, elas necessitam ser devidamente planejadas com as possibilidades de uso do solo aplicadas ao contexto local do aeroporto e aos possíveis riscos associados a elas. As companhias aéreas podem se mover rapidamente para responder a mudanças nos fluxos de tráfego ao alugar ou desativar a capacidade. Os aeroportos, por outro lado, devem tomar decisões de planejamento a longo prazo para salvaguardar a capacidade, às vezes anos no futuro, o que envolve, quase sempre, a tomada de decisões do governo e consultas públicas. Além disso, eles exigem espaço para rotas de voo que devem ser de atividade limitada ou mínima. Todavia, o crescimento e o desenvolvimento de vilas e cidades resultam na população urbana se estabelecendo nessas rotas de voo. O uso da terra nos arredores dos aeroportos pode afetar a segurança operacional e a eficiência do aeroporto, a segurança das comunidades vizinhas e a exposição da comunidade aos efeitos ambientais das operações aeroportuárias, como a exposição a ruídos e a baixa qualidade do ar devido à poluição.

Por essa razão, Nascimento (2012) ressalta a necessidade de um planejamento aeroportuário com sua devida compatibilização com o ambiente em que está inserido e situado para buscar a melhor solução possível para os conflitos existentes entre as demandas do aeroporto e a constante expansão do meio urbano. A gestão do uso e ocupação do solo nas proximidades dos

aeroportos auxilia no processo de abrandamento dos efeitos negativos das operações das aeronaves e traz benefícios tanto para os moradores quanto para o sistema de aviação.

Segundo Caldas (2008), o crescimento urbano brasileiro tem sido acelerado e esse crescimento não foi bem acompanhado pelos órgãos de fiscalização das políticas de uso e ocupação do solo. Essa fragilidade trouxe muitos problemas estruturais, ambientais e de gestão pública nos municípios nacionais. Villaça (1999) expõe o fato de que a legislação urbanística ou política de uso e ocupação do solo traz os planos de zoneamento municipais, que são os alicerces para o a divisão do solo das cidades e definição da destinação de cada área urbana e de como ela deverá se expandir. Desse modo, é importante que os aeroportos estejam inseridos nesse plano de zoneamento para que eles funcionem harmoniosamente com as áreas ao seu redor.

Contudo, Nascimento (2012) afirma que a inserção dos planos aeroportuários nos planos de zoneamentos não é suficiente para impedir uma alta densidade populacional nos seus arredores, o que pode, inclusive, ser um fator limitante para a operação dos aeroportos. Além disso, Silva (2018) cita que as condições para implantar um aeroporto são atrativas para usos e ocupações incompatíveis com as operações aeroportuárias, como acontece com as ocupações irregulares consequentes do crescimento urbano voltado para as periferias das cidades.

Silva (2018) confirma sua afirmação anterior a partir do comunicado do IPEA n.º 102 – Dinâmica populacional e sistema de mobilidade nas metrópoles brasileiras (2011), que informa a existência de um crescimento populacional maior das periferias urbanas do que o dos centros urbanos. Esse crescimento desigual resulta em malhas urbanas conflitantes com os equipamentos urbanos já existentes cujo funcionamento precisa de espaços segregados da periferia para um melhor funcionamento, como é o caso dos aeroportos.

Além disso, Sierra (2003), explica que a concentração urbana nas periferias tem relação direta com as intervenções realizadas nos arredores das cidades. Grande parte das ocupações irregulares no território brasileiro são decorrentes de uma busca da população por um solo mais barato. Assim, com o crescente número de ocupações irregulares sem uma fiscalização efetiva, essas habitações se espalham pela malha urbana e a população dessas áreas passa a definir como e quando crescer no quesito de ocupação do solo. Esse descontrole urbano gera uma alta taxa de ocupação próxima de aeroportos e leva a uma série de conflitos entre a operação aeroportuária e

as cidades. Os principais conflitos, descritos por Silva (2018), estão enumerados no Quadro 2.1 a seguir.

Quadro 2.1 - Apresentação dos impactos entre Aeroporto e Cidade e Cidade e Aeroporto.

CONFLITOS AEROPORTO X CIDADE	CONFLITOS CIDADE X AEROPORTO
Descaracterizar as distâncias necessárias para a segurança de voo;	Redução dos gabaritos edificados, redução das taxas de uso e ocupação;
Crescimento populacional e densidade construtiva, impossibilidade do crescimento físico do sítio para futuras expansões;	Impactos gerados pela incomodidade das operações aeroportuárias (ruído aeroportuário, emissões de gases etc.);
Aumento não dimensionado na capacidade de fornecimento;	Incompatibilidade com fornecimento de serviços de energia elétrica, água, esgoto, coleta de lixo etc.;
Mudanças nas características comerciais e fornecimento;	Restrições de uso tais como, residências, escolas, hospitais, hotéis (sem tratamento acústico);
Mudanças nas características do entorno, microclimas, desmatamentos etc.;	Aumento na implantação, manutenção e amortização dos custos para as infraestruturas urbanas;
Impactos ambientais, descaracterização do solo (erosões, voçorocas etc.), desmatamentos etc., atração de fauna (pássaros e outros animais);	Conflito entre o meio ambiente e as políticas urbanas;
Considerando rotas de pouso e decolagem, aumento da densidade construtiva (altura das edificações nas rampas de aproximação), atração de pássaros (assentamento de lixões, ausência da coleta de lixo etc.);	Probabilidade de aumento de atingir as malhas urbanas em caso de acidentes aeroviários;
Restrições operacionais (pouso e decolagem) passageiros e cargas.	Impactos econômicos frente as restrições aeroportuárias (redução de viagens, processamento de cargas comerciais etc.).

Fonte: Silva (2018).

Silva (2018), explica que a simples construção de um terminal de transporte pode gerar uma valorização dos terrenos nas suas proximidades de um aeroporto e tornar essas áreas mais atrativas devido ao aumento da sua acessibilidade. Porém, em contrapartida, os vários impactos que a proximidade com os aeroportos trazem para uma zona residencial não oferecem qualquer valorização para esses imóveis e, por isso, sua ocupação é predominantemente ocupada por comunidades de baixa renda.

Portanto, tendo como base os trabalhos citados anteriormente, é possível observar no contexto da relação aeroporto e cidade a grande importância do devido planejamento do desenvolvimento de cada área urbana a fim de se evitar conflitos. Esse planejamento do território no entorno dos aeroportos também é necessário para proteger a população dos riscos inerentes à operação aeroportuária e às aeronaves operantes naquela região. Dessa forma, deve-se manter um número limitado de pessoas que trabalham ou frequentam essas áreas.

2.3 REGULAMENTAÇÃO AEROPORTUÁRIA

Lima (2018) explica que, no dia sete de dezembro de 1944, houve uma reunião entre as grandes potências mundiais em Chicago, nos Estados Unidos, com objetivo de debater a aviação civil, que estava se desenvolvendo como um importante meio de transporte de passageiros e cargas ao redor do mundo. As discussões tinham como foco trazer uma maior segurança e uniformidade para as operações e para os usuários das aeronaves a partir da definição de regras a serem seguidas por todas as nações do mundo. Essa reunião ficou conhecida como a Convenção de Chicago e, entre os seus principais resultados, cita-se a criação da Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO). Essa organização visa à uniformidade da regulamentação da aviação civil dos países signatários e à garantia de uma operação aérea mais segura.

Atualmente, a ICAO é uma agência especializada das Nações Unidas com 191 países participantes, incluindo o Brasil, que também é um dos membros fundadores. A participação brasileira na organização é constante e o grupo técnico participante é subordinado ao Ministério das Relações Exteriores e é assessorado pela Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC e pelo Comando da Aeronáutica (SILVA, 2018).

Silva (2018) também explica que a ANAC foi criada com o propósito de regular os planos aeroportuários a partir de leis e normas baseadas nas recomendações internacionais estabelecidas pela ICAO e de assumir as atribuições relativas à aviação civil, antiga função do Departamento de Aviação Civil, órgão da Força Aérea Brasileira. Dessa maneira, os planos aeroportuários brasileiros propostos e seguidos atualmente estão de acordo com as normas e os regulamentos estabelecidos pela ANAC, que cumpre com as recomendações internacionais da ICAO.

Para o desenvolvimento desses planos, é necessário considerar no planejamento, além dos sistemas de funcionamento interno dos aeroportos, a interação entre cidade e aeroporto para uma convivência harmônica, visto que a operação aeroportuária impõe restrições ao uso e ocupação do solo urbano. Com o objetivo de regulamentar essas questões, a ICAO estabeleceu seus planos por meio de anexos que visam o desenvolvimento e a segurança dos aeroportos. Em dois de seus anexos, a ICAO especifica as zonas de proteção, superfícies imaginárias limitantes de construções que evitam a possibilidade da formação de obstáculos para a operação aeroportuária, e as zonas de ruído, áreas com restrições de atividades e compatibilização do solo de acordo com o ruído emitido pelas aeronaves (LIMA, 2018; SILVA, 2018). O Quadro 2.2 resume os principais planos da ICAO.

Quadro 2.2 - Planos para o desenvolvimento e segurança do aeroporto.

Planos para o desenvolvimento aeroportuário	Conceito
Plano Diretor Aeroportuário - PDIR	Documento que apresenta um conjunto de diretrizes e orientações para implantação, desenvolvimento e expansão de uma unidade aeroportuária.
Plano de Zona de Proteção de Aeródromos - PZPA	Estabelece as restrições impostas ao aproveitamento das propriedades dentro de uma zona de proteção de um aeródromo.
Plano de Gerenciamento do Perigo da Fauna - PGPF	Restringe instalações de atividades de natureza perigosa dentro da área definida pelo traçado de 20km.
Plano de Zoneamento de Ruído de Aeródromo - PZR	Representa geograficamente a área de impacto do ruído aeronáutico decorrente das operações aeroportuárias.

Fonte: Silva, 2018.

Silva (2018) explica que o Plano Diretor Aeroportuário - PDIR foi aprovado pela Resolução ANAC nº 153 de 18 de junho de 2010 e conta como o principal instrumento de desenvolvimento dos aeroportos. Ao ser preparado pelo operador do aeroporto, o PDIR necessita da execução de três partes: a primeira é a aplicação de um diagnóstico na área aeroportuária com dados básicos e operacionais e a descrição dos seus sistemas; já a segunda consiste na representação gráfica das áreas operacionais junto a seus zoneamentos e a sua malha urbana com a nova distribuição do solo seguido das fases de implantação; e, por fim, a última fase é a indicação das etapas dos componentes do aeroporto, além de suas possíveis ampliações e conflitos.

Nascimento (2012) especifica que a Zona de Proteção dos Aeródromos é composta pelo conjunto de superfícies que demarcam os gabaritos das edificações localizadas nas proximidades do aeroporto e pode ser definida como o espaço aéreo ao redor dos aeroportos que não pode ter qualquer obstáculo, o que pode comprometer a segurança operacional das aeronaves. As superfícies citadas, que serão mais abordadas mais a frente, trazem a ideia de rampas imaginárias que se iniciam nas pistas ou em outros locais do aeroporto, como é mostrado na Figura 2.2.

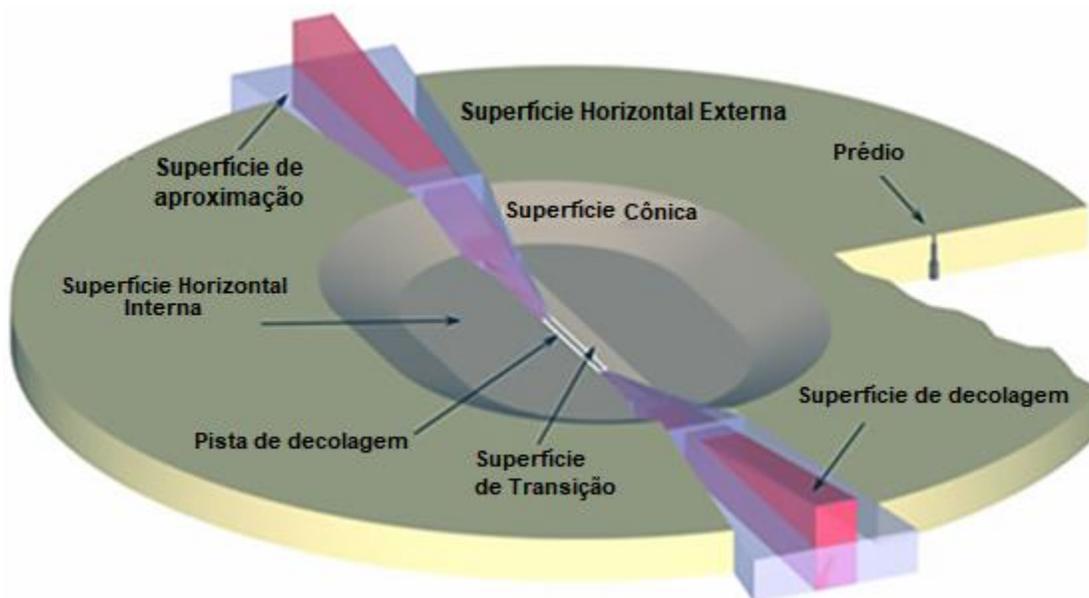


Figura 2.2 - Croqui de uma Zona de Proteção Aeroportuária.

Fonte: Silva, 2018 adaptado.

Para definir o PZPA, foi elaborada a Portaria 957/GC3, que revoga a Portaria 256/GC5 e associa os aeroportos e sua relação com o espaço das cidades. Nessa atualização de uma Portaria para a outra, houve a revisão dos critérios característicos de um objeto como um possível obstáculo para uma aeronave e a extinção de todos os Planos Específicos de Zona de Proteção de Aeródromos em vigor na época. No artigo 138, são mencionadas as responsabilidades entre a Portaria e as autoridades federais, estaduais e municipais, além da necessidade de compatibilização das normas com o uso e ocupação do solo frente às restrições impostas pela zona de proteção (SILVA, 2018).

Além disso, Nascimento (2012) cita a preocupação tida como uma das principais na ocupação do entorno de aeroportos: os Objetos Projetados no Espaço Aéreo – OPEA, representantes de grande risco na segurança e operação de aeronaves. A Portaria N °957/GC3 também retrata o Estudo Aeronáutico OPEA, cujo objetivo é a determinação qualitativa dos prejuízos de um obstáculo na rota de aeronaves e a classificação deles em um nível de aceitabilidade com possíveis soluções ou medidas paliativas.

Nascimento (2012) também complementa o fato de que a gestão do uso e do solo brasileiro é função de cada município, segundo a Constituição Federal. Ainda assim, compete ao Comando da Aeronáutica a definição das restrições que serão aplicadas para uma maior segurança operacional dos aeroportos e a fiscalização do seu cumprimento, especialmente no que tange à compatibilidade entre os Planos de Zona de Proteção e a lei de zoneamento. Além disso, Lima (2012, apud LIMA, 2018) cita que a fiscalização aeronáutica deve realizar embargos ou mesmo demolições das construções que não estejam de acordo com o estipulado e ultrapassem as superfícies de proteção da navegação aérea.

Já o Plano de Zoneamento de Ruído – PZR é tido por Silva (2018) como um documento baseado no RBAC 154/09, da ANAC para representar as áreas impactadas pelos ruídos aeronáuticos de forma geográfica com base nas curvas de ruídos. Esse documento é de grande importância para o crescimento dos aeroportos de maneira equilibrada com a população que vive nas suas imediações e a ANAC é o órgão responsável pela análise das curvas de ruídos apresentadas nos projetos dos aeroportos. Os Planos de Zoneamento de Ruídos são divididos em duas classificações, são elas o Plano Básico de Zoneamento de Ruído – PBZR e o Plano Específico de Zoneamento de Ruído. Tanto o Plano de Zona de Proteção de Aeroportos como o de Zoneamento de ruídos são considerados essenciais para o bom funcionamento do aeroporto e da comunidade que vive no seu entorno. Esses dois planos garantem uma operação aeroportuária mais segura e viável.

Por fim, o Plano de Gerenciamento do Perigo da Fauna – PGRF é um documento que contém o mapeamento dos espaços urbanos com o maior risco de atração de fauna. Por essa razão, as atividades ao redor dos aeroportos devem ser restritas a atividades com baixa ou nenhuma atratividade de fauna, visto que ela pode trazer riscos para a operação aeronáutica. A Lei Federal nº 12.725, de 16 de outubro de 2012 trata do controle da fauna nas proximidades aeroportuárias

com o estabelecimento da Área de Segurança Aeroportuária – ASA e dos tipos de atividades que potencialmente podem atrair fauna e que, portanto, devem ser proibidos de serem exercidos em um raio de vinte quilômetros a partir do centro geográfico da maior pista do aeroporto em questão (SILVA, 2018).

2.4 GERENCIAMENTO DE RISCOS

Bandeira (2018) comenta em seu trabalho que os dados estatísticos de acidentes aeronáuticos são datados a partir do final da década de 1950 e início de 1960 e mostram que houve uma diminuição expressiva na taxa de acidentes. A autora cita os dados de Boeing (2000) e Flight Safety Foundation (1997), que dizem que, na década de 1990, relatórios e estudos mostram uma diminuição na quantidade de acidentes em aeronaves comerciais de tal forma que o número de acidentes chegou a ser menor que dois a cada um milhão de decolagens em todo o mundo. Dessa forma, pode-se afirmar que houve uma melhora da segurança operacional da aviação civil nos últimos quarenta anos e que esta é uma das formas mais seguras de transporte atuais. Ainda assim, devido à grande complexidade e tecnologia do sistema de aviação, existe uma grande discussão acerca dos modos de falhas e outras formas de trazer a segurança operacional.

Bandeira (2018) também traz uma definição de segurança para uma maior clareza sobre o tema. A referência selecionada pela autora diz que:

“A segurança de um sistema é uma subdisciplina de engenharia de sistemas que aplica princípios científicos, de gestão e de engenharia para garantir uma segurança adequada ao longo do ciclo de vida do sistema, dentro das restrições de eficácia operacional, tempo e custo” (LEVENSON, 1987, p. 321).

Assim, a partir dessa definição, a engenharia de segurança possui a função de identificação dos eventos e das condições inseguras que levam a grandes perdas para a prevenção da sua ocorrência. Efetivamente, os aspectos da segurança são descritos pelos termos perigo e risco.

Veras (2011) explica que, em geral, perigo é definido como o potencial de algo provocar danos e/ou prejuízos. Já o termo risco possui muitas definições e é frequentemente caracterizado como a probabilidade da ocorrência dos perigos em questão relacionado à seriedade dos possíveis danos. O autor cita a definição do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos

- CENIPA (2008) em que risco é a quantificação da insegurança por meio da combinação da gravidade com a probabilidade do acontecimento de um evento.

Veras (2011) também comenta que nenhuma situação pode ser considerada como totalmente segura, pois sempre existe um grau de risco relativo a ela. No contexto aeronáutico, embora a eliminação de acidentes e/ou incidentes graves e a conquista de controle absoluto sejam certamente desejáveis, esses objetivos são inatingíveis em contextos operacionais abertos e dinâmicos. Os riscos são componentes integrais dos contextos operacionais da aviação, falhas e erros operacionais sempre ocorrerão, apesar dos esforços para evitá-los (ICAO, 2009).

A partir de 1990, houve um diferente enfoque nas ações que visam à prevenção dos acidentes na aviação com os estudos de James Reason, que resultaram no Modelo de Reason. Segundo esse modelo, os acidentes não acontecem em consequência de um fato isolado, mas sim devido à uma série de ocorrências. No modelo mais avançado de Reason, acidentes são definidos como o conjunto de falhas ativas e condições latentes (VERAS, 2011).

Veras (2011) explica que as falhas ativas são definidas como ações ou omissões ocorridas que possuem um efeito adverso imediato. Elas incluem erros e violações, podem ser consideradas atos inseguros e resultar de erros normais ou de desvios dos procedimentos e das práticas. Já as condições latentes são condições existentes no sistema e que não possuem um resultado prejudicial imediato. Essas condições podem, inclusive, permanecer sem qualquer prejuízo por um longo período e serem identificadas apenas quando o acidente ou incidente ocorre. Assim, é necessário que haja a identificação e atenuação das condições latentes ao invés do empenho para a diminuição das falhas ativas, visto que elas são sintomas dos problemas e não suas causas.

Dessa maneira, ao citar os riscos advindos da aviação e a necessidade de prevenção dos diversos fatores que levam à ocorrência de acidentes, entende-se a necessidade do gerenciamento dos riscos a partir do gerenciamento da segurança operacional. Esse gerenciamento tem como objetivo tornar o ambiente de trabalho protegido das interferências, erros e falhas, além de amenizar a gravidade das possíveis ocorrências (FERREIRA, 2012).

Na literatura foram encontrados três modelos de gerenciamento de riscos pertinentes ao tema e contexto deste trabalho. Cada um deles será abordado e descrito a seguir.

2.4.1 MODELO ICAO

Para a ICAO (2018), o gerenciamento de segurança é uma maneira proativa de buscar a mitigação dos riscos de seguridade e melhorar o seu desempenho. Quando efetivamente implementado, este pode levar a uma abordagem documentada e baseada em processos de segurança, bem como a um melhor entendimento das interdependências relacionadas à segurança.

Além disso, a ICAO (2018) cita a importância de reconhecer que uma estratégia eficaz de gerenciamento de riscos na aviação deve ter como objetivo a redução geral de riscos no sistema para níveis aceitáveis e com ferramentas de controle apropriadas, incluindo todos os sistemas funcionais envolvidos. Essa condição deve ser equilibrada com o tempo, custo e dificuldade de tomar medidas para reduzir ou eliminar o risco à segurança. O nível de risco à segurança pode ser reduzido a partir da diminuição da gravidade das possíveis consequências com a redução da probabilidade de ocorrência de uma determinada situação ou com uma menor exposição desse risco à segurança.

As organizações reguladoras da aviação mais importantes do mundo, como a ICAO, a European Union Aviation Safety Agency – EASA e a Federal Aviation Administration – FAA apoiam e recomendam que a análise dos riscos seja feita em todos os subsetores da aviação, desde os aeroportos até o controle do tráfego aéreo e navegação aérea. Todas essas organizações usam o método de gerenciamento mais utilizado e difundido para a segurança de aviação: a matriz de risco, cuja finalidade é avaliar a gravidade e a probabilidade de diferentes acidentes e incidentes aéreos (BANDEIRA, 2018). Para chegar no modelo de matriz de risco, a ICAO, em sua versão de gerenciamento de risco, divide o processo nas seguintes etapas: identificação de perigos, análise de probabilidade de ocorrência, análise da severidade das consequências, avaliação do nível de tolerabilidade do risco e o controle ou diminuição do risco (BARROSO, 2015).

Barroso (2015) descreve que a primeira etapa, a de identificação de perigos, é o momento de detecção de todas as condições ou situações que possibilitem a contribuição ou a causa de uma operação não-segura de uma aeronave, equipamento, produto ou serviço relativo à aviação. Sua identificação é realizada por meio de reportes, inspeções ou auditorias. A análise da probabilidade de ocorrência baseia-se na determinação da chance ou frequência que o acidente pode ocorrer para cada perigo. O Quadro 2.3 apresenta a classificação da ICAO (2013) para a classificar a probabilidade de ocorrência de uma situação.

Quadro 2.3 - Classificação da probabilidade de ocorrência (ICAO, 2013).

Classificação	Definição de probabilidade	Valor
Frequente	Provável de ocorrer várias vezes (tem ocorrido com frequência)	5
Provável	Provável de ocorrer algumas vezes (tem ocorrido sem frequência)	4
Remoto	Improvável de ocorrer (tem ocorrido raramente)	3
Extremamente Remoto	Muito improvável de ocorrer (não se tem conhecimento de ocorrência)	2
Extremamente Improvável	Quase inconcebível que o evento irá ocorrer	1

Fonte: Barroso, 2015.

A terceira etapa consiste na análise da severidade das consequências que podem se concretizar a partir de cada perigo, ou seja, na extensão dos danos possíveis resultados dos perigos identificados. A classificação da severidade é representada pelo um Quadro 2.4, que é exibido a seguir.

Quadro 2.4 - Classificação da severidade (ICAO, 2013).

Severidade	Definição de severidade	Valor
Catastrófico	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamento destruído • Múltiplas mortes 	A
Perigoso	<ul style="list-style-type: none"> • A grande redução das margens de segurança, estresse físico ou alta carga de trabalho de modo que os operadores não podem ser confiados para executar suas tarefas com precisão ou completamente • Lesões graves • Maiores danos a equipamentos 	B
Maior	<ul style="list-style-type: none"> • Redução significativa das margens de segurança, redução da habilidade dos operadores lidarem com condições prejudiciais a sua eficiência • Incidente grave • Danos a pessoas 	C

Continua

Severidade	Definição de severidade	Valor
Menor	<ul style="list-style-type: none"> • Incômodo • Limitações operacionais • Utilização de procedimentos de emergência • Incidentes menores 	D
Desprezível	<ul style="list-style-type: none"> • Poucas consequências 	E

Fonte: Barroso, 2015.

A partir da análise dos dois quadros, pode ser determinado um índice de risco, conforme explica Barroso (2015). Esse índice é expresso por meio uma designação alfanumérica que combina os resultados da avaliações de probabilidade e de severidade. As combinações possíveis de probabilidade e severidade são mostradas na Tabela 2.1 abaixo com a representação da matriz de risco, que classifica os perigos de acordo com o nível de risco: intolerável (vermelho), tolerável (amarelo) e aceitável (verde).

Tabela 2.1 - Matriz de tolerância para avaliação de risco (ICAO, 2013).

Probabilidade de ocorrência	Severidade				
	Catastrófico A	Perigoso B	Maior C	Menor D	Desprezível E
Frequente 5	5A	5B	5C	5D	5E
Provável 4	4A	4B	4C	4D	4E
Frequente 3	3A	3B	3C	3D	3E
Extremamente remoto 2	2A	2B	2C	2D	2E
Extremamente improvável 1	1A	1B	1C	1D	1E

Fonte: Barroso, 2015.

Com o objetivo de exemplificar o uso dessa classificação, pode-se citar uma das situações ocorridas no Aeroporto Internacional de Viracopos. De acordo com dados obtidos do Sistema de

Gerenciamento de Segurança Operacional de Viracopos, estudo aeronáutico para operação do B747-8 (2014), a ausência de RESA (área de segurança de fim de pista) na pista de pouso e decolagem pode facilitar a ocorrência de fenômenos como *overrun* (toque antes de alcançar a cabeceira) e *undershoot* (ultrapassagem acidental do fim de pista) nos processos de pouso e decolagem. Dentro desse contexto, as condições ambientais, como chuvas fortes e baixa visibilidade, fatores humanos, como a capacidade técnica da tripulação, fatores técnicos, como problemas de manutenção e a performance da aeronave podem contribuir para a ocorrência de acidentes. Assim, a partir dos fatos levantados, esse fator de risco pode ser classificado como 3A, ou seja, possui um risco de ocorrência de probabilidade remota, dado que vários fatores que são constantemente monitorados estão envolvidos na possibilidade de efetivação de um acidente, porém, com severidade das consequências catastrófica, visto que uma saída de pista pode levar à destruição da aeronave e a múltiplas mortes.

Assim, com base no resultado obtido a partir da Tabela 2.1 é possível chegar a um nível de risco apropriado para uma determinada situação e poder desenvolver ações de mitigação e de controle para esta. A ICAO (2013) divide os níveis de risco em três regiões correspondentes às cores da Tabela 2.1 e a Figura 2.3 mostra a delimitação de cada uma dessas regiões. Na região intolerável, admite-se não haver qualquer aceitabilidade da situação operacional em questão e a necessidade da execução de ações mitigadoras imediatas ou o cancelamento da operação em caso de impossibilidade de amenização da situação. Os riscos presentes na região tolerável são aceitáveis na condição da implementação por parte da organização das medidas mitigadoras. Por fim, a região aceitável admite que o risco possui nível satisfatório para o sistema.

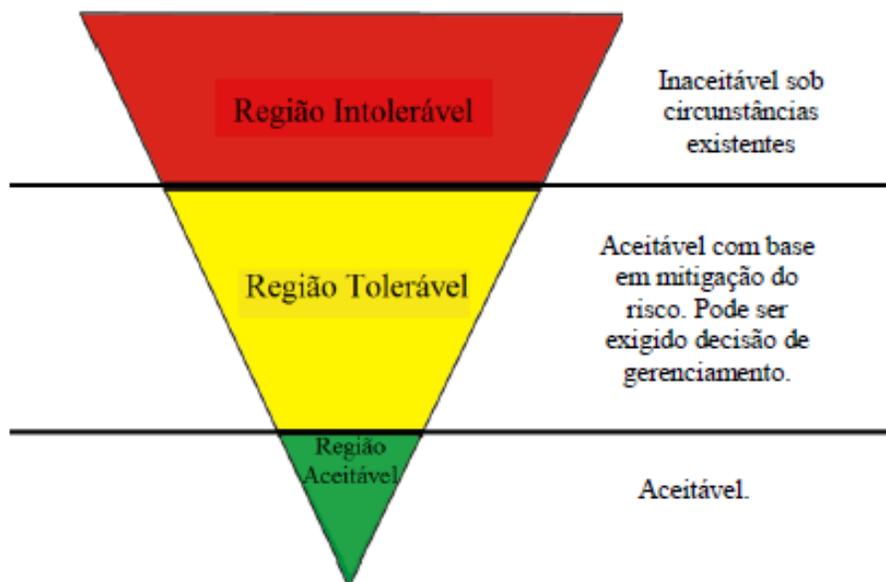


Figura 2.3 – Diagrama de gerenciamento do risco (ICAO, 2013).

Fonte: Barroso (2015).

Por essa razão, percebe-se a necessidade de identificar os potenciais riscos associados à operação aeroportuária de forma eficiente para quantificá-los e utilizá-los como uma ferramenta de análise e suporte do planejamento e da engenharia de aeroportos quanto ao sistema de gerenciamento de segurança (BARROSO, 2015).

2.4.2 ANÁLISE DE PROCESSOS BASEADA NA TEORIA DE SISTEMAS – STPA

O primeiro modelo alternativo para o utilizado pela ICAO é o *Systems Theory based Process Analysis* – STPA ou Análise de Processos baseada na Teoria de Sistemas, que é descrito a seguir baseado nas considerações feitas por Lima (2018) em seu estudo.

O STPA é uma ferramenta específica de análise de perigos que busca, entre interações de componentes, situações que possam levar a perdas indesejadas. Em seguida, esses cenários são usados para propor um comportamento mais adequado, recomendando requisitos e restrições funcionais. O procedimento de análise do método é apresentado na Figura 2.4.

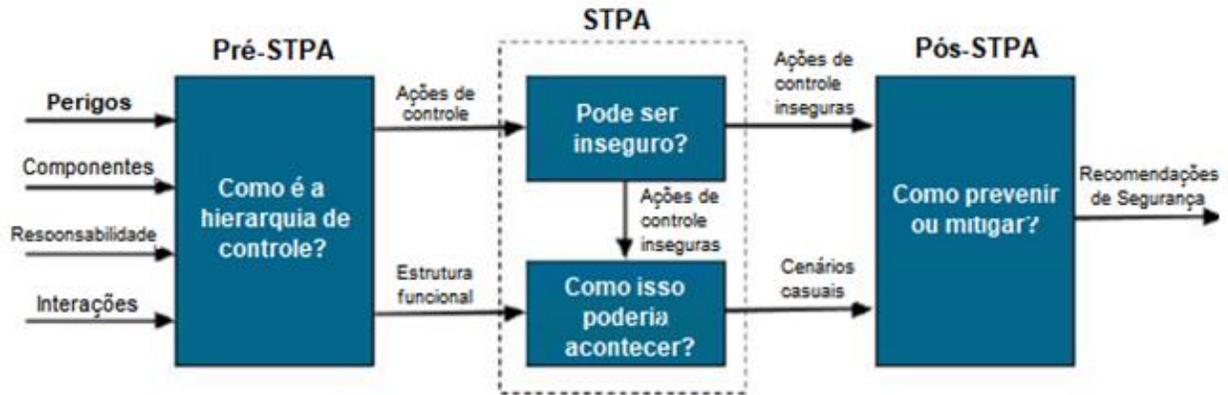


Figura 2.4 - Fluxograma de atividades do processo de análise do STPA.

Fonte: Lima (2018) adaptado.

Antes de realizar a análise, é necessário que o sistema de interesse seja delimitado. O estabelecimento de um limite para o sistema indica quais componentes fazem parte do que será analisado e quais outros fazem parte do ambiente com o qual os componentes do sistema interagem e determinam o escopo da análise. É preciso também haver uma determinação dos objetivos da análise e do que é considerado um acidente e/ou uma perda inaceitável no sistema de forma clara e alinhada aos planos das partes interessadas do aeroporto em questão.

Uma vez definidas as perdas a serem consideradas, os riscos associados a essas perdas podem ser identificados. Desses riscos, podem ser derivadas as restrições de segurança que o sistema deve cumprir e as indicações das limitações no comportamento do sistema para evitar perdas inaceitáveis. Esse processo traduz riscos em restrições para o desenvolvimento e operação do sistema em análise.

Em seguida, deve-se documentar e construir a Estrutura Funcional de Controle - FCS, que é uma representação gráfica concisa da lógica funcional do sistema e que facilita o monitoramento e a verificação da análise. Em geral, o FCS inicialmente possui um modelo básico com poucos componentes e depois é refinado para determinar como eles se relacionam em termos de controle hierárquico, isto é, quem controla quem para evitar perdas inaceitáveis. Assim, identificada a estrutura básica, detalhes como ações de controle, feedbacks, responsabilidades e modelos de processo dos controladores podem ser incluídos nos dados levantados.

Uma vez estabelecidas as bases da análise a partir da FCS, o próximo passo é definir em que condições as ações de controle podem ser inseguras. Essa identificação é baseada na interação hierárquica de controle e feedback entre os componentes e existem quatro tipos de situações em que as ações de controle tornam-se inseguras, ou seja, levam a um perigo:

- Não provar que a ação de controle causa um perigo;
- Fornecer a ação de controle causa um perigo;
- Fornecer a ação de controle cedo demais, tarde demais ou em sequência incorreta causa perigo;
- Fornecer a ação de controle com duração muito longa ou muito curta causa perigo.

O segundo passo da análise é identificar as potenciais causas para as ações de controle não seguras. Basicamente, esse procedimento envolve o exame da interação de controle entre os componentes e a identificação de como isso pode levar a uma situação insegura. Esta etapa não é restrita em termos de condução, assim, o analista possui mais liberdade para explorar cenários específicos. Embora várias abordagens sejam usadas para implementar esta etapa, todas elas usam cenários de linha de base para cada ação de controle insegura, que é refinada por meio dos detalhes disponíveis e do nível de conhecimento do analista no sistema.

Por fim, o cenário pós-STPA utiliza as ações de controle da insegurança e os cenários casuais estabelecidos para identificar soluções de controle que podem ser implementadas para proteger o sistema de problemas já identificados. O desenvolvimento dessas soluções não faz parte do modelo, mas, usualmente, é proposta como um objetivo final da análise. Em geral, esse processo consiste na identificação de maneiras de evitar os perigos ou de mitigar os seus efeitos.

2.4.3 INDICADOR-CHAVE DE DESEMPENHO – KPI

O segundo modelo alternativo a ser apresentado é o gerenciamento de riscos a partir da aplicação da metodologia de Indicador-chave de desempenho ou Key Performance Indicators – KPI. O modelo será descrito a partir do estudo de Granberg e Munoz (2013).

Os KPIs são um conjunto de medidas simples que abrangem as partes mais críticas das operações e que fornecem indicações sobre o seu desempenho atual. Eles não fornecem uma

análise detalhada ou sugerem diretamente como melhorar o aeroporto, mas podem ser usados como indicadores para mostrar onde o trabalho deve ser realizado com maior ênfase.

Por definição, os KPIs são descritos como um conjunto de medidas focadas nos aspectos do desempenho organizacional que são os mais críticos para o sucesso atual e futuro de uma organização. Assim, os KPIs aplicados para aeroportos são usados para medir os seus aspectos mais importantes e, por isso, um problema imediato que surge é a decisão de quais os aspectos mais críticos e importantes para analisar. Ao tomar essa decisão, é importante enfatizar que a medição do sistema aeroportuário deve ser total e não apenas de partes dos aeroportos. O foco em partes ou áreas específicas pode levar à sub otimização e à falha em revelar gargalos nas áreas que não são estudadas.

Ao selecionar indicadores, é de extrema importância considerar que eles devem ser mensuráveis. Os indicadores quantitativos são úteis, pois podem ser facilmente comparados a outros aeroportos e monitorados ao longo do tempo. Para um uso operacional, também pode ser possível definir limites - valores limite - para um indicador. Se o valor do indicador exceder (ou ficar abaixo) do limite, uma ação pode ser necessária. Também é importante considerar a disponibilidade de dados - um indicador não possuirá serventia se não for possível encontrar dados para calcular o seu valor.

Para obtenção de um conjunto mais flexível e alinhado com os maiores possíveis problemas no gerenciamento dos riscos de aeroportos, pode-se utilizar a prática do *benchmarking* a partir de entrevistas com gerentes de aeroportos e de pesquisas de questionário, por exemplo. Essa é uma prática considerada recomendada, visto que é uma técnica de gerenciamento de desempenho popular usada pelos aeroportos. Os resultados das entrevistas e do questionário podem ser utilizados para a proposição de um conjunto final de indicadores. A partir disso, os indicadores podem ser mensurados e analisados quanto aos seus resultados para que planos de ação possam ser elaborados.

2.5 RISCOS EM AEROPORTOS ASSOCIADOS AO MEIO URBANO

Estudos contemporâneos e análises estatísticas mostram que a maioria dos acidentes de aeronaves ocorre durante a fase de decolagem e aterrissagem. Mesmo que nem todas as

consequências sejam fatais, acidentes e incidentes de aeronaves no solo devem ser considerados e analisados como ocorrências diárias relatadas em todo o mundo. Em particular, a complexidade geométrica do aeroporto e os fatores causais subjacentes a acidentes e incidentes são considerados preditores significativos, visto que existe uma relação entre as características do aeroporto e as ocorrências de segurança (ČOKORILO *et al.* 2014; WILKE *et al.*, 2013).

A frequência de um tipo de ocorrência específica não reflete necessariamente sua importância ou risco à segurança. Por exemplo, eventos relacionados ao combustível podem ser relativamente raros quando comparados aos eventos de fumaça, mas a falta de combustível é sempre um incidente muito sério. Muitos eventos de falta de combustível resultam em uma tentativa de aterrissagem de emergência e em possíveis danos e ferimentos em aeronaves e pessoas a bordo ou fora da aeronave. Em comparação, a maioria dos eventos relacionados à fumaça é de natureza menor, de forma a não afetar a segurança do voo e não resultar em ferimentos (AUSTRALIAN TRANSPORT SAFETY BUREAU, 2014).

Para Čokorilo *et al.* (2014), embora o sistema de gerenciamento de segurança exija melhorias específicas de acordo com questões técnicas, legislativas e de treinamento, as aeronaves são afetadas sem parar por riscos durante as operações em terra. Esses riscos podem ser divididos em três grupos principais:

- Colisão de aeronaves com objetos em movimento (outras aeronaves, veículos, pássaros e outros objetos estranhos em movimento);
- Colisão de aeronaves com objetos estáticos (edifícios, infraestrutura aeroportuária e objetos de instalação, equipamentos e materiais para obras);
- Aquaplanagem e excursão à pista.

A ICAO e a UN-Habitat (2018) também acrescentam que luzes que possam confundir os pilotos na interpretação clara das luzes aeronáuticas, a produção de fumaça que reduz a visibilidade, o uso de drones nas proximidades de aeroportos e presença de resíduos sólidos acumulados nos quais as aves podem se alimentar podem ser fatores de risco adicionais quando há intensa urbanização ao redor de um aeroporto, especialmente se a densidade populacional habitante dessas áreas for alta.

A partir dos estudos de Čokorilo *et al.* (2014), de Wilke *et al.* (2013), da ICAO e UN-Habitat (2018), Fernandes (2015) e do CAST/ICAO Common Taxonomy Team (2011), foram selecionados cinco eventos a que aeroportos localizados em meios urbanos estão especialmente submetidos devido à sua relação com a cidade. Alguns deles podem sofrer influências de acordo com o nível de urbanização do meio e cada um deles será explorado nos itens a seguir.

Ressalta-se que, ao buscar na base oficial de dados de acidentes do Brasil, Santos *et al.* (2018), foram encontrados registros referentes apenas à excursão de pista e ao eventos de raio LASER, conforme apresentado em seus respectivos itens.

2.5.1 PRESENÇA AVIÁRIA

Em 1990, os Estados membros da ICAO adotaram, no Anexo 14 da Convenção sobre Aviação Civil Internacional, as seguintes práticas relacionadas aos riscos de aves para a aviação: (1) avaliar a extensão do risco representado pelas aves nos e nas proximidades dos aeroportos; (2) tomar as medidas necessárias para diminuir o número de aves; e (3) eliminar ou impedir o estabelecimento de qualquer local nas proximidades do aeroporto que possa servir de atração para os pássaros e, portanto, representar um perigo para a aviação. Os estados membros votaram para transformar essas práticas recomendadas em normas da ICAO a partir de novembro de 2003 (BLACKWELL *et al.* 2009).

Blackwell *et al.* (2009) explicam que uma perspectiva da vida selvagem no planejamento do aeroporto é importante, porque pode influenciar a segurança da aviação. Orientações sobre gestão ambiental e modificações nas propriedades dos aeroportos são encontradas no Manual de Planejamento do Aeroporto e referem-se amplamente a modificações que podem oferecer comida, água ou abrigo à vida selvagem e, principalmente, a aves. Os usos da terra considerados como contribuintes para os perigos da vida selvagem nos aeroportos próximos (ou seja, a menos de 13 km) são operações de processamento de peixes; agricultura; lotes de alimentos para animais; recusar lixões e aterros; telhados de fábrica; estacionamentos; teatros e estabelecimentos de comida; refúgios de vida selvagem; lagos artificiais e naturais; campos de golfe e pólo; fazendas de animais; e matadouros.

Além disso, os autores citam que a ICAO (2002) classifica os usos da terra para determinar se eles são aceitáveis dentro dos raios a partir do centro do aeroporto até uma distância entre 3 e 8 km. Entretanto, mudando da orientação geral para instruções mais específicas para usos da terra perto dos aeroportos e sem discussão de possíveis implicações, algumas recomendações da ICAO podem ser conflitantes. A eliminação de resíduos alimentares, por exemplo, é desencorajada nas zonas entre 3 e 8 km de distância do centro do aeroporto, mas o lixo não alimentar é permitido dentro de cada zona. Nesse sentido, os aterros tradicionais geralmente não são isentos de alimentos e, posteriormente, requerem redes ou outro manejo para reduzir o uso pelas aves.

Áreas construídas ou naturais, como locais com pouca drenagem, lagoas de detenção/ retenção, habitats para poleiros em edifícios, paisagismo, operações de descarte de matéria orgânica em decomposição que causam odor (resíduos putrescíveis), tratamento de águas residuais, atividades agrícolas ou de aquicultura, mineração de superfície ou áreas úmidas podem fornecer à fauna um habitat para forrageamento, pesca, reprodução e fuga de predadores. Além disso, instalações como restaurantes, áreas de preparação de táxis, instalações de aluguel de carros, áreas de observação de aeronaves e parques públicos estão incluídas no AC, porque frequentemente servem como fontes de alimento para a vida selvagem (BLACKWELL *et al.* 2009).

No Brasil, o Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário – PBGRA, recomendado pela ICAO, foi regulamentado pela Portaria 249/GC-5 e possui como finalidade a definição de parâmetros para análise da construção de edifícios e/ou atividades que sejam potencialmente atrativas de aves na Área de Gerenciamento de Risco Aviário – AGRA dos aeroportos. Além disso, o documento também estrutura a coleta de dados relacionadas a esse assunto com o objetivo de avaliar o risco aviário em aeródromos (MORAIS, 2012).

2.5.2 ALTURA DAS CONSTRUÇÕES NO ENTORNO

Silva (2010) cita em seu estudo que toda contrariedade aos Planos Básicos ou Específicos de um aeroporto em uma obra ou construção é passível de embargo ou de necessidade de readequação para eliminar os obstáculos. Lima (2018) define o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos como uma série de características de superfícies já pré-determinadas para alturas, larguras e coeficientes de inclinação. Essas características são:

- Princípio da Sombra: princípio criado para permitir que novas construções ultrapassem as alturas dos limites das superfícies limitadoras de obstáculos, com a condição de que elas estejam sob a sombra de uma construção já existente (NASCIMENTO, 2012).

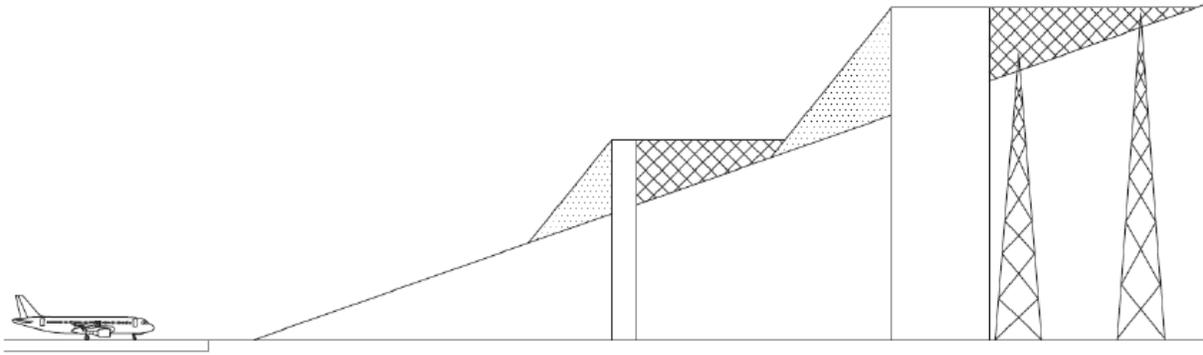


Figura 2.5- Princípio da Sombra – Portaria n ° 256/GC5.

Fonte: Lima 2018.

- Zona Livre de Obstáculos (*Clearway*): a Zona Livre de Obstáculos ou *clearway* é uma área retangular localizada nas cabeceiras da pista e que pode ser utilizada como uma extensão da pista em casos específicos de operação, como quando um avião inicia sua decolagem com peso próximo ao limite permitido. A *clearway* não é obrigatória e necessita de, no mínimo, 75 metros para cada lado a partir do prolongamento do eixo da pista e um comprimento máximo de 50% da extensão da pista (NASCIMENTO, 2012).
- Superfície Horizontal Interna: Superfície composta por dois semicírculos com raios centrados nas cabeceiras da pista e interligados por duas tangentes. Essa superfície não depende do código da pista e está sempre 45 metros acima da altitude do aeródromo e paralela ao plano horizontal do solo (LIMA, 2018).

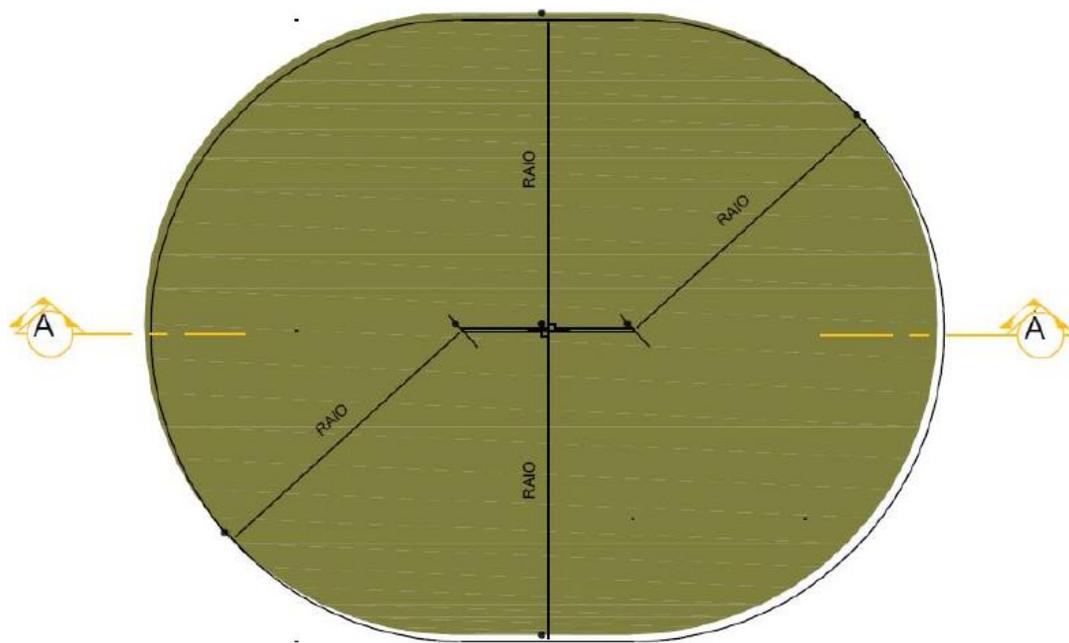


Figura 2.6 – Dimensões da Superfície Horizontal Interna (BRASIL, 2015).

Fonte: Lima, 2018.

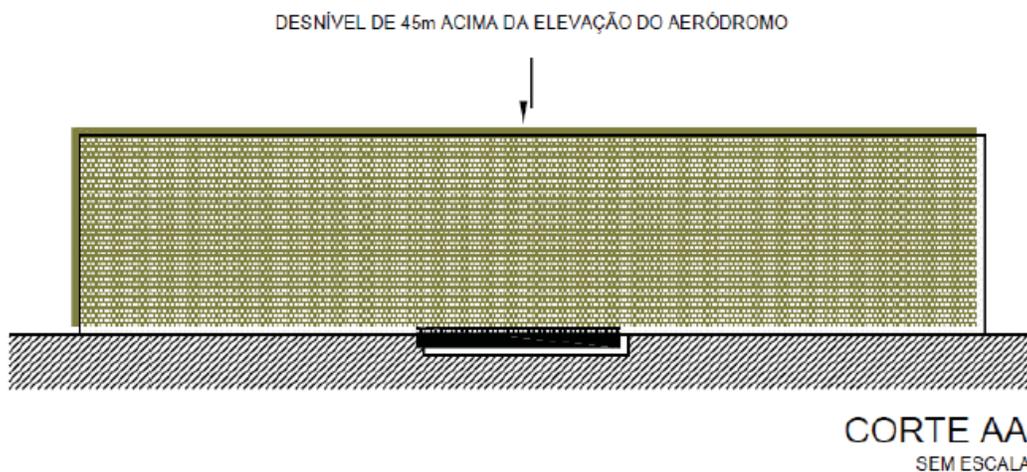


Figura 2.7 - Superfície Horizontal Interna (corte) (BRASIL,2015).

Fonte: Lima, 2018.

- Superfície Cônica: superfície iniciada a partir do limite exterior da superfície horizontal interna e estendida em uma rampa de subida de inclinação 1/20 para fora do limite exterior da superfície horizontal externa (LIMA, 2012; SILVA, 2010).

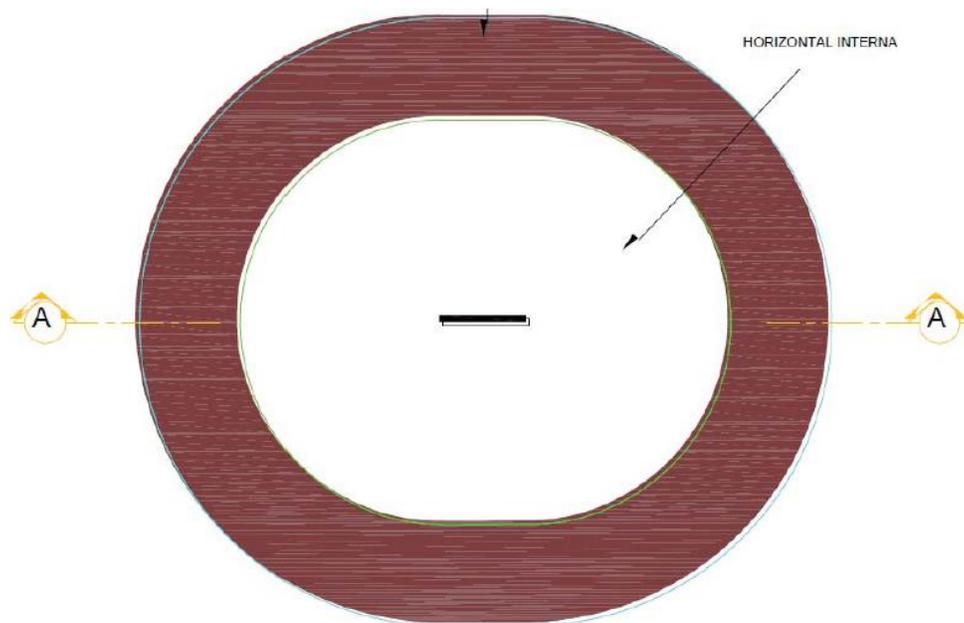


Figura 2.8 – Dimensões da Superfície Cônica (BRASIL 2015).

Fonte: Lima 2018.

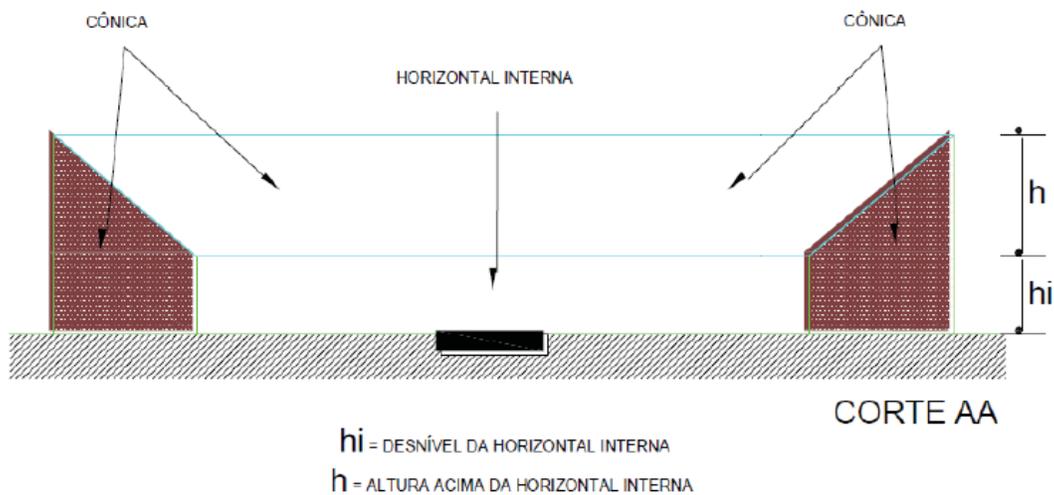


Figura 2.9 – Superfície Cônica (corte) (BRASIL, 2015).

Fonte: Lima 2018.

- Superfície Horizontal Externa: superfície utilizada para manutenção da segurança das operações a partir do controle da altura máxima de edificações (NASCIMENTO, 2012). Ela se estende para fora dos limites externos do gabarito da Área Cônica (SILVA, 2010).

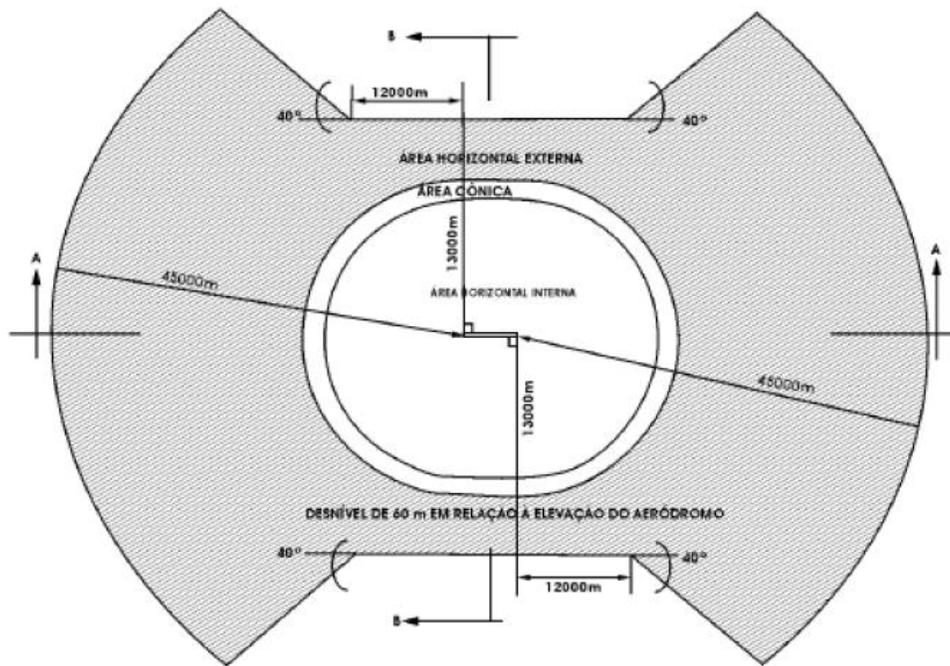


Figura 2.10 - Superfície Horizontal Externa, Portaria n ° 1.141/GM5.

Fonte: Silva, 2010.

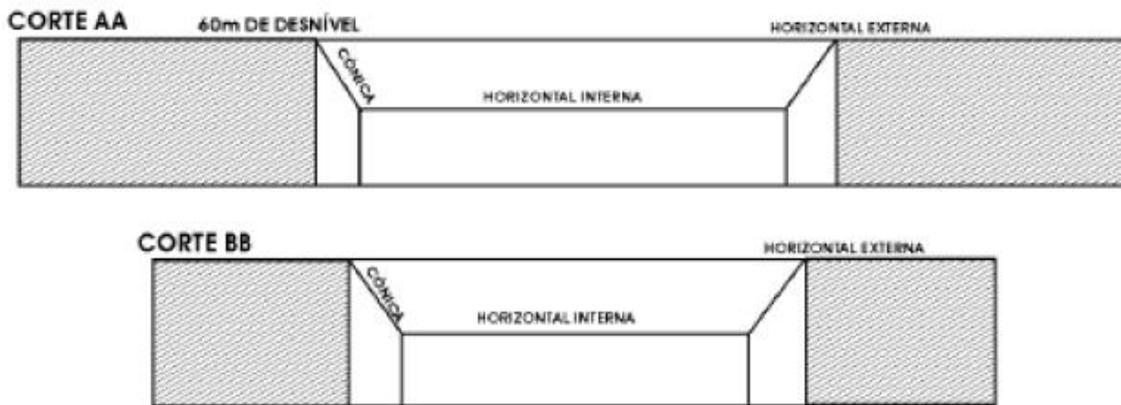


Figura 2.11 - Superfície Horizontal Externa (corte), Portaria n ° 1.141/GM5.

Fonte: Silva, 2010.

- Superfície de Aproximação: superfície representada por uma ou mais rampas no sentido do prolongamento do eixo da pista e que antecede a entrada na região da faixa de pista (NASCIMENTO, 2012).

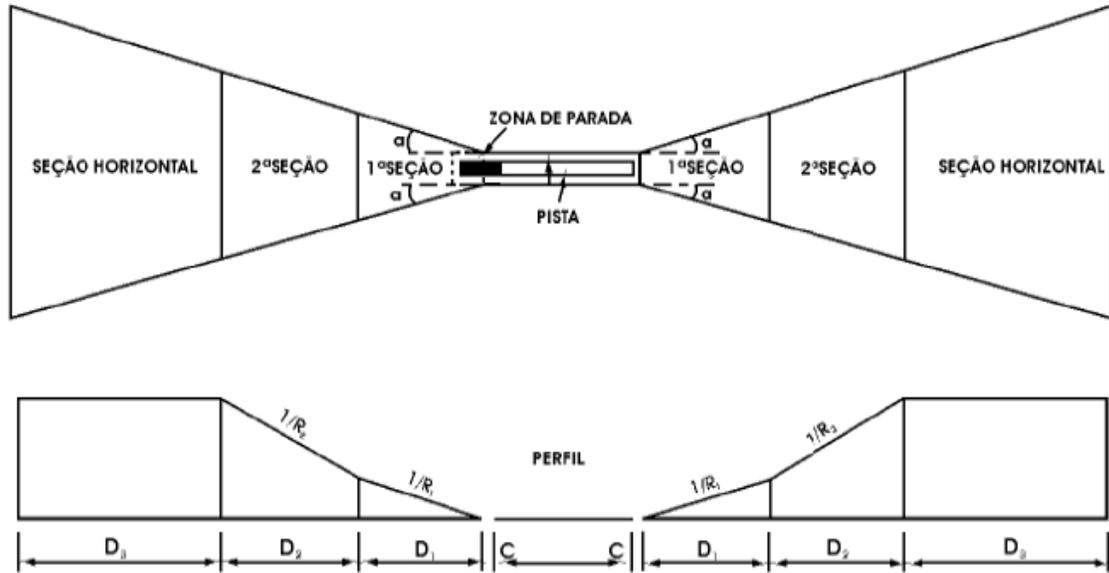


Figura 2.12 - Área de Aproximação, Portaria 1.141/GM5.

Fonte: Silva, 2010.

- Superfície de Transição: superfície estendida em rampa a partir dos limites laterais da faixa de pista e da superfície de aproximação, desde o seu início até um desnível de 45 metros em relação a elevação do aeroporto (SILVA, 2010).

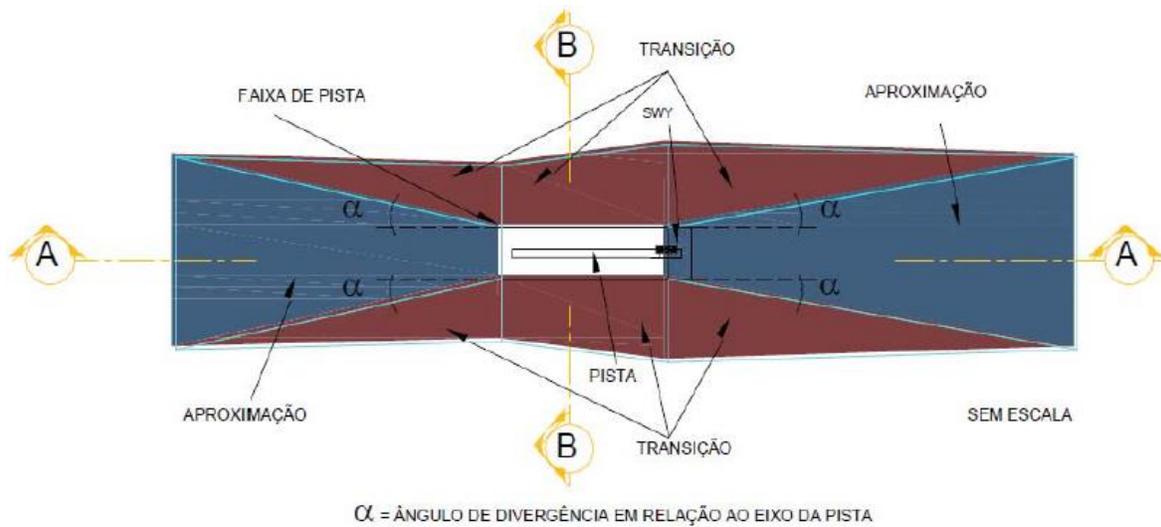


Figura 2.13 - Dimensões da Superfície de Transição (BRASIL, 2015).

Fonte: Lima, 2018.

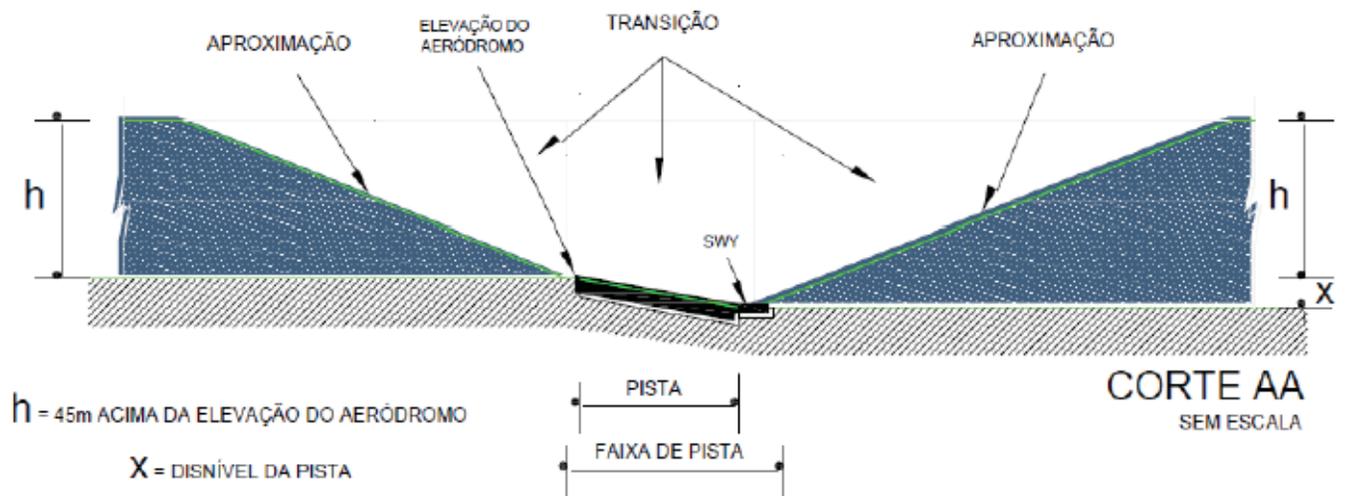


Figura 2.14 - Superfície de Transição - Corte AA (BRASIL, 2015).

Fonte: Lima, 2018.

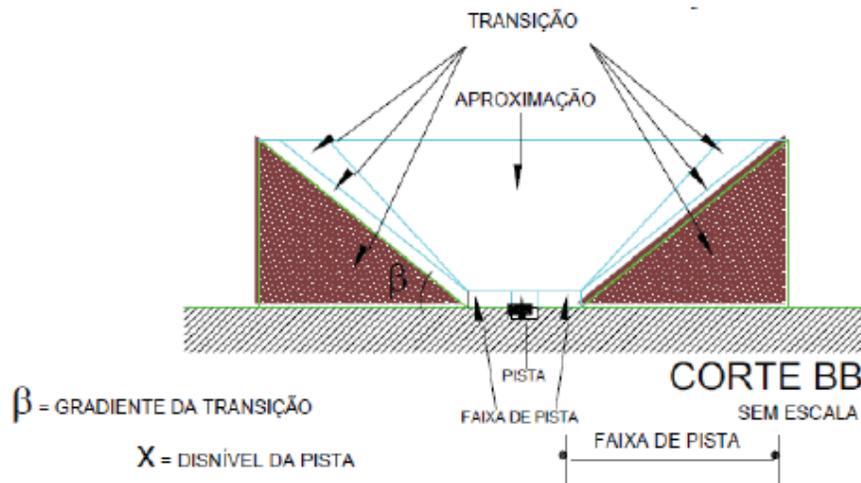


Figura 2.15 - Superfície de Transição – Corte BB (BRASIL, 2015).

Fonte: Lima, 2018.

- Superfície de Decolagem: superfície composta por uma rampa existente a partir dos limites das cabeceiras da faixa de pista ou da *clearway*, caso exista, no sentido do prolongamento do eixo da pista (NASCIMENTO, 2012; SILVA, 2010).



Figura 2.16 - Dimensões da Superfície de Decolagem (BRASIL, 2015).

Fonte: Lima, 2018.

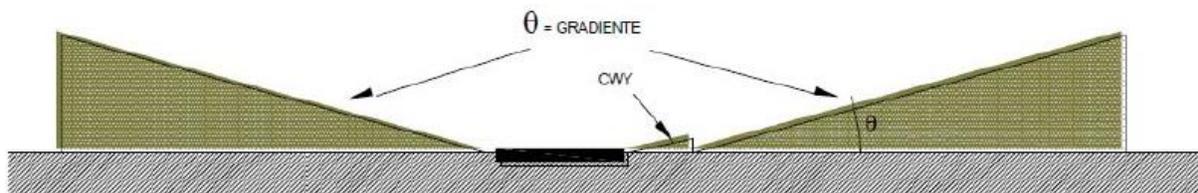


Figura 2.17 - Superfície de Decolagem (corte) (BRASIL, 2015).

Fonte: Lima, 2018.

Silva (2010) destaca que a delimitação dessas superfícies relativas ao voo de uma aeronave se estendem para fora dos limites do aeroporto e restringem o uso e a ocupação do solo ao seu redor. Dessa maneira, o controle urbano deixa de ser responsabilidade da autoridade aeronáutica e passa a ser da gestão do município.

2.5.3 EXCURSÃO DE PISTA

Esse fenômeno acontece quando uma aeronave sai da superfície da pista do aeródromo durante uma operação de pouso ou decolagem. A excursão pode ocorrer de duas maneiras: por *veer off* (saída lateral) ou *overrun* (final da pista). Existem vários fatores que contribuem para que a excursão aconteça, entre eles, pode-se citar condições impróprias da pista e problemas de estabilização da aeronave durante a aproximação para o pouso (ANAC, 2016; BARROSO, 2015). Segundo Santos *et al.* (2018), entre 2008 e 2017, houve 297 ocorrências de excursão de pista no Brasil.

Para a mitigação de acidentes desse tipo, a ICAO possui nas suas normas e recomendações o uso de áreas livres de obstáculos no entorno das pistas, como as citadas no item 2.5.5, para que haja espaço livre suficiente entre as aeronaves e os obstáculos e o risco de colisão entre eles e de danos seja reduzido. No entanto, a maioria dos grandes aeroportos civis brasileiros está construída e opera desde antes da existência dessas recomendações e normas, com exigências menos rigorosas e aeronaves diferentes. Apesar de muitos aeroportos terem passado por um processo de readequação para o cumprimento dessas normas, alguns ainda enfrentam problemas de infraestrutura (BARROSO, 2015).

A ANAC e a ICAO permitem desvios dos padrões (não-conformidades) desde que os riscos resultantes nas operações estejam dentro de um nível aceitável. Esse nível deve ser comprovado por meio de um Estudo Aeronáutico realizado pelos responsáveis pelo aeródromo com a análise dos riscos envolvidos a cada não-conformidade encontrada e a demonstração de que a segurança operacional em um nível satisfatório pode ser alcançada (BARROSO, 2015).

Barroso (2015) traz também a classificação dos cinco tipos de acidentes de excursão de pista segundo a especificação do Airport Cooperative Research Program – ACRP:

- *Take off overrun* (TOOR): ocorre durante a decolagem quando o avião excede a pista disponível;
- *Landing overrun* (LDOR): ocorre durante o pouso quando o avião excede a pista disponível;
- *Landing undershoot* (LDUS): ocorre durante o pouso quando o avião toca o chão antes da cabeceira;
- *Landing veer off* (LDVO): ocorre durante o pouso quando o avião desvia lateralmente da pista;
- *Take off veer off* (TOVO): ocorre durante a decolagem quando o avião desvia lateralmente da pista.

2.5.4 LUZES QUE POSSAM CONFUNDIR OS PILOTOS NA INTERPRETAÇÃO CLARA DAS LUZES AERONÁUTICAS

Os dispositivos *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* – LASER são amplificadores de luz por emissão estimulada de radiação eletromagnética. Esses equipamentos são

encontrados por toda parte e sua venda está disponível para qualquer consumidor, sem restrição. No entanto, o seu uso indiscriminado e sem limites pode trazer riscos biológicos e para a segurança operacional aeroviária. A discussão nesta seção será baseada nos estudos de Basílio *et al.* (2011).

O risco biológico diz respeito à incidência dos raios LASER no olho do ser humano, que pode causar efeitos como queimadura e hemorragias na retina, ruptura do globo ocular, *glare* (visão ofuscada enquanto durar o clarão da luz), *flash blindness* (cegueira temporária, como num flash de câmera fotográfica) e *after-image* (imagem que permanece no campo visual após o olho ser exposto a uma luz brilhante).

Já os riscos para a segurança operacional aeroviária estão relacionados principalmente às emissões luminosas de LASER não autorizadas direcionadas a aeronaves em procedimento de aproximação e de pouso durante a noite. Essa situação é prejudicial aos tripulantes, que possuem sua consciência situacional afetada, seja por efeitos biológicos dos raios incidindo diretamente nos olhos, seja por perda de concentração no desempenho da execução de procedimentos relativos ao voo. O contexto de desvio de atenção dos pilotos em momentos cruciais do voo devido às emissões LASER é diretamente prejudicial e perigoso para a segurança da aviação.

As consequências causadas pelas emissões LASER estão vinculadas a intensidade e a gravidade da exposição. A intensidade dos efeitos da exposição ao LASER é variável e depende de fatores como o clima, horário, cor do feixe, distância e ângulo de incidência. A gravidade da exposição aos raios LASER, por sua vez, é dependente de sua potência e de condições externas, que podem aumentar ou reduzir os seus efeitos. São citados estudos feitos pela *Federal Aviation Administration* – FAA, entidade governamental dos Estados Unidos, realizados em 2004, que averiguam as consequências da emissão dos raios LASER nos pilotos de aeronaves durante um voo. Entre eles, pode-se citar a cegueira temporária, distração e execução de manobras evasivas durante pousos ou decolagens.

De acordo com Santos *et al.* (2018), entre 2009 e 2017, ocorreram 7174 eventos com raio LASER no Brasil. Entre esses eventos, os dados obtidos neste levantamento mostram que 90,23% da totalidade dos eventos ocorreram no período noturno, enquanto apenas 9,74% das emissões aconteceram durante o dia.

2.5.5 PRESENÇA DE OBSTÁCULOS MÓVEIS NAS PROXIMIDADES DE AEROPORTOS

Assim como a presença de edificações no entorno de aeroportos pode representar um risco para a aviação se sua altura for acima do que permite o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos, obstáculos móveis nessas localidades também podem trazer riscos. A ANAC (2018) descreve que qualquer obstáculo móvel que invada o espaço aéreo definido pelo PBPZ para o uso de aeronaves tripuladas podem oferecer risco e causar efeito adverso à segurança ou à regularidade das operações aéreas.

A Portaria nº 256/GC5 define obstáculos móveis como “aqueles que podem ter seus posicionamentos modificados nos sentidos lateral e longitudinal, bem como seu desnível alterado em relação ao aeródromo/heliponto ou auxílio à navegação aérea.” (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2011, p. 32). Dessa maneira, drones, guindastes, barcos, balões, equipamentos agrícolas ou qualquer outro obstáculo não fixo que se coloque de alguma maneira na rota de uma aeronave podem ser considerados obstáculos móveis.

Entre os obstáculos móveis citados, destacam-se os drones, que atualmente se mostram como um desafio à segurança aeronáutica em todo o mundo devido ao seu crescente número e à sua dificuldade de detecção no espaço aéreo. De acordo com a classificação da ANAC (2017), drones são aeronaves consideradas aeromodelos por não serem tripuladas e possuírem a finalidade de recreação e, ao mesmo tempo, aeronaves remotamente pilotadas por serem pilotadas a partir de uma estação de pilotagem remota. Para a sua utilização, é necessário haver registro, no entanto, para a sua compra, essa necessidade não existe, o que ocasiona uma fiscalização ineficiente por parte das autoridades competentes (JÚNIOR, 2017).

Pimenta (2018) explica que, caso um drone invada o espaço aéreo definido para o uso de aeronaves tripuladas, este pode oferecer risco para essas aeronaves e causar uma situação de colisão. Júnior (2017) fez uma análise comparativa entre a massa de algumas aves e a dos drones e concluiu, que, pela sua semelhança, o dano causado pela colisão de drones com aeronaves é comparável ao dano da colisão aviária.

No Brasil, para evitar esse tipo de situação, existe regulamentação para o uso de drones estabelecida pela ANAC e pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA. De acordo com o site do DECEA:

- Para voos de até 100 pés ou, aproximadamente, 30 metros de altura, a operação do drone necessita estar a três milhas náuticas ou, aproximadamente, 5,4 quilômetros de distância do aeródromo;

- Para voos entre 100 e 400 pés ou, aproximadamente, 30 a 120 metros de altura, a operação necessita estar a cinco milhas náuticas ou, aproximadamente, nove quilômetros de distância do aeródromo;

- Operações próximas a aeródromos podem ser solicitadas por meio de uma Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas SARPAS, porém dependem da emissão de NOTAM (*Notice do Airmen*), um informe à comunidade aeronáutica.

3. MÉTODO

O principal objetivo deste estudo é a discussão de como os riscos associados aos aeroportos localizados em meios urbanos podem ser geridos a partir de metodologias de gerenciamento de riscos. Para isso, é necessária a realização de uma seleção e consulta com especialistas por meio de questionário para entender quantitativamente como os eventos discutidos realmente impactam a operação aeroportuária. Em seguida, as repostas obtidas serão analisadas por meio de tratamento matemático para aplicação na metodologia de gerenciamento desenvolvida com posterior discussão dos resultados. As etapas da execução da pesquisa serão descritas mais detalhadamente nos itens que se seguem. Na Figura 3.1 é apresentado um fluxograma das etapas de trabalho para o desenvolvimento do método desta pesquisa.

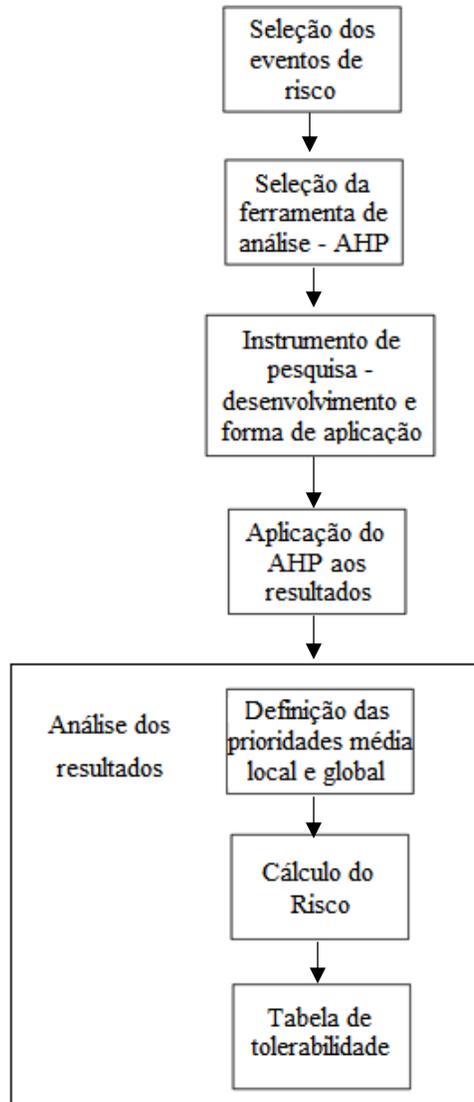


Figura 3.1 – Fluxograma do método.

3.1 SELEÇÃO DOS EVENTOS DE RISCO

A partir das discussões acerca das consequências do crescimento urbano no planejamento aeroportuário, das recomendações nacionais e internacionais para a operação de aeroportos e da descrição das variáveis de risco, é necessário entender como tais variáveis de fato impactam a segurança operacional dos aeroportos inseridos em meios urbanos. O primeiro passo para a realização desta pesquisa é a seleção dos eventos de risco que serão avaliados, que foram expostos no item 2.5 (2.5.1 a 2.5.5). Os eventos selecionados são a colisão entre aves e aeronaves, a colisão

das aeronaves com as edificações no entorno do aeródromo, a excursão de pista, a emissão de luzes que possam confundir os pilotos na interpretação clara das luzes aeronáuticas e a colisão da aeronaves com obstáculos móveis.

3.2 PROCESSO ANALÍTICO HIERÁRQUICO - AHP

Este estudo foi realizado por meio de uma avaliação realizada a partir do julgamento de especialistas da área, que determinaram o nível de importância de cada uma das variáveis elencadas. A avaliação de cada evento considera sempre a sua situação mais crítica de ocorrência em aeroportos genéricos inseridos em meios urbanos de tal forma que estes sejam comparados uns com os outros e seja possível determinar qual deles é mais provável de ocorrer e qual trará consequências mais severas caso essa ocorrência se concretize.

Quando se leva em conta o processo avaliativo, Miller (1956) explica que o ser humano possui limitações no que diz respeito à quantidade de informações simultâneas que consegue julgar. Assim, devido à essa dificuldade, foram criados diversos métodos e ferramentas de apoio à decisão que facilitam a sistematização de informações e que permitem uma análise mais intuitiva. Para possibilitar um processo de tomada de decisão com mais de um critério, surgiram os métodos multicritérios, que permitem avaliações mais completas e baseadas em vários parâmetros (MOTTA, 2016).

Dessa maneira, com o objetivo de realizar uma análise menos subjetiva devido ao processo de decisão e mais precisa do ponto de vista quantitativo, será utilizada uma análise multicritério com os especialistas. Dentre os vários métodos existentes, foi utilizado o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), método de decisão de múltiplos critérios e um dos mais reconhecidos cientificamente, segundo Marins, Souza e Barros (2009).

O Processo Analítico Hierárquico ou AHP foi um dos primeiros métodos multicritérios de tomada de decisão que surgiu. Ele foi elaborado na *Wharton School of Business* por Thomas Saaty na década de 1970 e teve sua formulação matemática bastante aprimorada ao longo do tempo. O método permite a realização de comparações das alternativas elencadas por pares de forma qualitativa e quantitativa. Desse modo, a técnica permite que pesos e prioridades sejam elencados a partir do julgamento do avaliador participante da pesquisa de forma a obter como resultado uma

hierarquia baseada na preferência dos decisores especialistas na área (LIMA et al., 2014; COSTA, 2004).

Lima et al. (2014) destaca que a aplicação do método AHP fundamenta-se basicamente em quatro etapas, são elas:

- 1 – Estruturação dos objetivos e alternativas em hierarquias;
- 2 – Obtenção dos dados a serem julgados comparativamente de cada par de itens elencados no julgamento com a conferência de sua respectiva consistência;
- 3 - Definição das prioridades relativas dos pesos atribuídos no processo decisório de cada grupo de itens;
- 4 – Estabelecimento de todos os pesos com sua propagação na estrutura até o nível das alternativas. A posterior recomendação decisória se dá pela classificação dos itens de acordo com o objetivo global da pesquisa.

Costa (2004) explica que a técnica em estudo possui como base uma matriz quadrada de comparação $n \times n$ com n critérios, em que estes estruturam-se na mesma ordem ao longo das linhas e das colunas. Dessa maneira, o elemento a_{ij} corresponde à importância relativa atribuída à comparação do critério da linha i com relação ao critério da coluna j , como mostra a Equação 1.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad \text{e} \quad a_{ii} = 1 \quad (1)$$

A partir da Equação 1, nota-se que a matriz utilizada no método é recíproca. Assim, apenas a metade triangular superior direita da matriz precisa de avaliação, visto que os itens recíprocos da metade triangular esquerda inferior necessariamente serão iguais ao inverso do item a_{ij} e a diagonal principal possuirá valores iguais a um.

Com base em Costa (2004) acerca do método proposto por Saaty (1980), é necessário haver uma escala comparativa para normalizar o julgamento par a par. A escala utilizada é mostrada nas Tabelas 3.1 e 3.2.

Tabela 3.1 – Escala de comparação dos critérios do menos importante para o mais importante.

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Bastante	Muito	Pouco	Igual	Pouco	Muito	Bastante	Extremamente

Fonte: Costa (2004).

Tabela 3.2 - Escala de comparação de critérios segundo Saaty.

Valor	Definição e explicação
1	Igual importância – os dois critérios contribuem de uma forma idêntica para o objetivo.
3	Pouco mais importante – um critério é um pouco mais importante que o outro.
5	Muito mais importante – um critério é claramente mais importante que outro.
7	Bastante mais importante – um dos critérios é predominante para o objetivo.
9	Extremamente mais importante – um dos critérios é absolutamente predominante para o objetivo.
2, 4, 6, 8 Valores recíprocos aos anteriores	Valores intermediários – também podem ser utilizados Se um critério i possui dos valores anteriores quando comparado com o critério j , então o critério j possui o valor recíproco quando comparado com o critério i .

Fonte: Costa (2004).

Costa (2004) pontua que a definição dos pesos para os critérios elencados, são necessárias três etapas principais, são elas:

3.2.1 ETAPA 1: CONSTRUÇÃO DA MATRIZ PAR A PAR

Os critérios elencados para a avaliação devem ser dispostos na matriz na mesma ordem nas linhas e nas colunas de tal forma que, em a_{ii} , o critério avaliado seja o mesmo e todos os critérios sejam comparados par a par. Quando a análise for realizada, caso o critério presente na linha possua maior importância quando comparado com o da coluna correspondente, este deve ser avaliado com um valor inteiro na célula correspondente. Se a situação em questão for o contrário, ou seja, a coluna possuir maior importância que a linha, o valor atribuído deve então ser recíproco (inverso). Um exemplo ilustrativo de uma matriz 5 x 5 de comparação par a par é mostrado na Tabela 3.3, em que as células em destaque representam a metade triangular superior que deve ser avaliada, a

diagonal principal possui suas células com valor igual a um e as demais são os valores recíprocos obtidos a partir da metade superior.

Tabela 3.3 – Exemplo de matriz de comparação par a par 5 x 5.

	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5
Critério 1	1	3	7	9	3
Critério 2	1/3	1	7	5	3
Critério 3	1/7	1/7	1	3	1/3
Critério 4	1/9	1/5	1/3	1	1/5
Critério 5	1/3	1/3	3	5	1

Fonte: elaborado pela autora.

3.2.2 ETAPA 2: OBTENÇÃO DE PESO PARA OS CRITÉRIOS

Nesta etapa, calcula-se o autovetor principal (W). Este pode ser calculado para qualquer matriz A a partir da resolução do sistema da Equação 2:

$$A_w = \lambda_{m\acute{a}x} \cdot W \quad (2)$$

Em que:

A_w = matriz genérica de comparação par a par;

$\lambda_{m\acute{a}x}$ = máximo autovalor da matriz A ;

W = vetor de pesos pretendidos.

O autovetor resultante do máximo autovalor da matriz A representa a prioridade dos critérios. Dessa forma, os valores de W_i são obtidos por meio da Equação 3.

$$W_i = \frac{(\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{k=1}^n \left[(\prod_{j=1}^n a_{kj})^{\frac{1}{n}} \right]} \quad (3)$$

Na prática, a Equação 3 representa alguns passos para o método:

- Soma dos valores contidos em cada coluna da matriz de comparação par a par;
- Divisão de cada elemento a_{ij} da matriz de comparação par a par pelo resultado da soma de sua respectiva coluna para a obtenção da matriz de comparação par a par normalizada;
- Soma de cada linha da matriz de comparação par a par normalizada com a posterior divisão pela quantidade n de critérios a serem avaliados, que resulta na matriz W;
- Multiplicação da matriz de comparação par a par inicial pela matriz W e soma da coluna da matriz resultante para encontrar o autovalor ($\lambda_{máx}$).

3.2.3 ETAPA 3: CÁLCULO DO GRAU DE CONSISTÊNCIA (CR)

O Grau de Consistência (*Consistency Ratio* – CR) é uma medida de coerência da avaliação realizada. Para obter o valor de CR, utiliza-se a Equação 4.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

Em que:

CR = Grau de Consistência (Consistency Ratio);

CI = Índice de Consistência (Consistency Index);

RI = Índice de Aleatoriedade (Random Index).

O valor de CI é encontrado por meio da Equação 5.

$$CI = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n-1} \quad (5)$$

Em que:

$\lambda_{m\acute{a}x}$ = autovalor máximo;

N = número de critérios avaliados na matriz de comparação par a par.

Já o valor de RI pode ser encontrado na Tabela 3.4, proposta por Saaty.

Tabela 3.4 – ndice de Aleatoriedade (RI) para valores de n variados.

n	RI	n	RI	n	RI
1	0,00	6	1,24	11	1,51
2	0,00	7	1,32	12	1,48
3	0,58	8	1,41	13	1,56
4	0,90	9	1,45	14	1,57
5	1,12	10	1,49	15	1,59

Fonte: Costa (2004).

Para este estudo, por haver cinco eventos elencados, $n = 5$ e, portanto, $RI = 1,12$.

Saaty também estabelece que o valor de CR deve ser igual ou menor que 0,1 para que a avaliação seja considerada consistente. Caso CR seja superior a 0,1,  necessária uma reavaliação dos julgamentos até que este limite seja alcançado.

3.3 DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA

Para a realização desta pesquisa, foi elaborado um questionário que contemplasse as variáveis elencadas nas seoes de 2.5.1 a 2.5.5 para entender quais são os maiores riscos a que os aeroportos inseridos em meios urbanos estão submetidos, tanto no nível de importância de cada um, como na probabilidade de ocorrência de um possível acidente e da severidade de suas consequências. Posteriormente, houve o encaminhamento desse questionário para um número reduzido de especialistas visando à validação das perguntas e dos textos elaborados. Logo então, este foi enviado para especialistas na área de operação aeroportuária com o objetivo de coletar suas

percepções diante dos eventos elencados quando aplicados às operações de aeroportos inseridos em meios urbanos.

O instrumento desta pesquisa foi criado em uma planilha eletrônica, de forma que as matrizes par a par de comparação possam ser visualizadas e preenchidas na forma matricial. Todas as instruções foram expostas de forma a orientar o participante sobre como funciona o processo avaliativo da forma mais clara possível. Uma breve explicação sobre cada um dos eventos de risco elencados também foi disponibilizada para exemplificar o que deve ser levado em conta na hora de fazer a avaliação e realizar a comparação. A escala de Saaty foi posicionada abaixo das matrizes para que os participantes possam entender de forma qualitativa a correspondência da intensidade dos valores disponíveis para os julgamentos. Foram destacadas as células da metade triangular superior que devem ser preenchidas, as da metade inferior foram programadas para serem preenchidas automaticamente com o inverso de sua recíproca correspondente e as células da diagonal principal já foram previamente preenchidas com valor igual a um.

Para evitar avaliações consideradas pelo método inconsistentes, foi disponibilizado abaixo de cada matriz o seu respectivo Grau de Consistência. Quando este índice é considerado consistente, ou seja, é igual ou menor que 0,1, a mensagem “Julgamentos consistentes!” é mostrada, indicando o fim da avaliação daquela matriz. No entanto, quando o índice está acima de 0,1, a mensagem “Revise seus julgamentos!” é exibida com o intuito de avisar ao avaliador que é necessário revisar as notas atribuídas, visto que o julgamento é considerado inconsistente.

A pesquisa se resume em quatro abas na planilha eletrônica. A primeira delas faz um breve resumo do objetivo da pesquisa, do questionário e do método AHP. A segunda é uma aba para recolher informações relevantes dos participantes, como sua relação com a aviação e seu tempo de experiência na área, que permite traçar um perfil dos respondentes e entender melhor como pensam os profissionais de cada campo. Já a terceira aba é o início da avaliação, que faz o comparativo da probabilidade de ocorrência dos eventos elencados. Por fim, a quarta e última aba termina a avaliação com um comparativo da severidade da ocorrência dos mesmos cinco eventos. O modelo de comparação utilizado nas planilhas é apresentado ao final deste documento no Apêndice A1.

A avaliação do comparativo de probabilidade tem como objetivo entender qual dos cinco eventos levantados possui maior probabilidade de ocorrência quando comparado com os outros em sua situação mais crítica de ocorrência em um aeroporto genérico localizado em meio urbano.

O comparativo de severidade, por sua vez, analisa qual evento, caso ocorra, teria consequências com severidade mais elevada quando comparado com os outros em sua situação mais severa de ocorrência em um mesmo aeroporto genérico inserido em meio urbano. Essa análise de probabilidade e de severidade baseia-se na avaliação realizada pela ICAO em seu modelo de gerenciamento de segurança apresentado no item 2.4.1., onde é feita a classificação de eventos de risco baseada nestes dois critérios com a posterior formação de uma matriz a partir do resultado da classificação de ambos.

3.4 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DOS DADOS NO MODELO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS

No item 2.5 deste estudo, foram apresentados três tipos de modelos de gerenciamento de riscos e, por ser o mais utilizado, inclusive pelas organizações reguladoras da aviação mais importantes do mundo, o modelo ICAO foi usado como base inicial para o desenvolvimento da ferramenta desta pesquisa. Dessa maneira, os resultados obtidos com a análise multicritério foram aplicados na matriz de risco e, assim, foi possível quantificar e classificar cada um dos riscos elencados. Em seguida, para o desenvolvimento das etapas seguintes, foi utilizada uma adaptação dos métodos STPA e KPI.

Os resultados obtidos a partir da pesquisa com os especialistas na área de segurança operacional foram coletados e os pesos finais para cada evento avaliado foram calculados por meio da média aritmética entre os valores das respostas de cada avaliador. Com base na matriz resultante, procedeu-se ao cálculo da Prioridade Média Local (PML). A PML, segundo Freitas e Trevizano (2014), representa a prioridade de cada critério relativo ao todo e é caracterizada pelo autovetor W , calculado conforme descrito na Equação 3 do item 3.3 deste estudo.

Com o autovetor final da matriz resultante, é possível prosseguir para o cálculo da Prioridade Global, vetor de análise geral dos autovetores W das duas matrizes de comparação (MARINS; SOUZA; BARROS, 2009). Para encontrar a Prioridade Global, utiliza-se a Equação 6.

$$PG_{an} = PML(Cr_1).PML(a_n)_{Cr_1} + PML(Cr_2).PML(a_n)_{Cr_2} \quad (6)$$

Em que:

$PML(Cr_1)$ = termo de maior valor numérico do autovetor W do comparativo de probabilidade;

$PML(a_n)_{Cr_1}$ = termo da linha n do autovetor W do comparativo de probabilidade;

$PML(Cr_2)$ = termo de maior valor numérico do autovetor W do comparativo de severidade;

$PML(a_n)_{Cr_2}$ = termo da linha n do autovetor W do comparativo de severidade.

Encontrados os valores das Prioridades Globais para cada critério avaliativo (eventos de risco), é necessário, por fim, avaliar a intensidade de cada evento no aeroporto a ser analisado. Dessa maneira, este último critério é variável e depende de quão intensos são os eventos elencados em cada local, ou seja, cabe à equipe de avaliação da segurança operacional local do aeroporto realizar essa classificação. Para realizar esse julgamento, deve-se utilizar a escala apresentada na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Escala de intensidade dos eventos de risco em cada aeroporto.

1	2	3	4	5
Muito pouco	Pouco	Médio	Bastante	Extremamente

Fonte: elaborado pela autora.

Após a seleção da escala mais adequada para cada um dos cinco eventos de risco em estudo, prossegue-se para a determinação do Risco Calculado do evento, que é representado por meio da Equação 7. Ressalta-se que a denominação Risco Calculado foi adotada neste trabalho para se referir ao risco obtido a partir dos dados coletados.

$$RC = PG_{an} \cdot I \cdot 100 \quad (7)$$

Em que I representa a intensidade do evento no aeroporto analisado.

O Risco Calculado representa o valor geral de risco de um evento em um aeroporto e indica seu nível de tolerância de acordo com os critérios da ICAO apresentados na Tabela 2.1. Assim, os resultados da Equação 7 podem ser numericamente comparados com a classificação alfanumérica estabelecida pela organização. Baseado na classificação realizada por Gonçalves e Correia (2015),

foi construída a Tabela 3.6 para realizar essa comparação. Foram realizados agrupamentos das classificações de risco da ICAO de acordo com o seu nível de tolerabilidade e serão estabelecidas pontuações equivalentes para cada grupo de acordo com o Risco Calculado obtido a partir das respostas do questionário.

Tabela 3.6 – Tolerabilidade dos riscos para aeroportos inseridos em meios urbanos.

Classe de risco	Classificações de risco ICAO	Risco Calculado	Nível de tolerância	Classe de risco	Classificações de risco ICAO	Risco Calculado	Nível de tolerância
I-1	5A		Intolerável	T-3	4E, 3D, 2C, 1B		Tolerável
I-2	5B, 4A		Intolerável	A-1	3E, 1C, 2D		Aceitável
I-3	5C, 4B, 3A		Intolerável	A-2	2E, 1D		Aceitável
T-1	5D, 4C, 3B, 2A		Tolerável	A-3	1E		Aceitável
T-2	5E, 4D, 3C, 2B, 1A		Tolerável	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de Gonçalves e Correia (2015).

Portanto, com base nos níveis de tolerância, é possível observar a necessidade de adoção de medidas cabíveis para a prevenção de acidentes que precisam ser tomadas para cada evento. Assim, é essencial definir o que é considerado um acidente e/ou perda inaceitável dentro dos eventos em estudo de forma a identificar com maiores detalhes as situações de risco associadas a essas perdas e poder planejar ações mitigadoras e de controle das suas causas.

Essas ações se dão na forma de indicadores quantitativamente mensuráveis de controle de desempenho que são monitoradas ao longo do tempo. Cada indicador deve ser formulado com o intuito de medir constantemente os aspectos mais críticos que podem ocasionar os acidentes e as perdas inaceitáveis levantadas. Além disso, associado a cada indicador, é necessário existir uma ou mais medidas simples de controle e intervenção que permitam manter os indicadores dentro de seus limites aceitáveis, de forma que sua medição não fique acima e nem abaixo do esperado.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 SELEÇÃO DOS EVENTOS DE RISCO

Para a realização desta pesquisa, foi necessário primeiramente selecionar quais seriam os eventos de risco analisados e comparados dentro do contexto urbano. Esses eventos foram previamente discutidos nos itens de 2.5.1 a 2.5.5 e serão aplicados nesta parte do estudo de forma comparativa. O primeiro evento a ser analisado é a colisão das aeronaves com aves, o segundo é a colisão com as edificações no entorno dos aeródromos, especialmente as que possam invadir o espaço aéreo delimitado pelo Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo. O terceiro evento em análise é a excursão de pista, que permite que os aviões saiam da pista e possam atingir as construções ao redor do aeroporto a depender da gravidade do acidente. Já o quarto evento de risco é o de emissão de luzes que possam confundir os pilotos na interpretação clara das luzes aeronáuticas e o último evento é o de colisão com obstáculos móveis.

4.2 SELEÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE DOS DADOS

Conforme explicitado no item 3.2, o método utilizado para fazer a análise dos dados desta pesquisa, que será aplicada com especialistas da área de aviação, é o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), método de análise multicritério desenvolvido por Thomas Saaty.

4.3 APLICAÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA

Como descrito no capítulo anterior, o instrumento utilizado para esta pesquisa foi uma planilha eletrônica que permitisse a visualização da matriz par a par, das orientações e descrições acerca do método e dos conceitos dos eventos e do Grau de Consistência das respostas. Assim, após a finalização da planilha, esta foi enviada para um pequeno grupo de especialistas, entre eles professores, estudantes da área e pilotos com o objetivo de colher suas percepções e sugestões de melhoria.

Após a realização das revisões necessárias para chegar em um modelo final, a planilha foi enviada para vários especialistas da aviação. A meta de respostas estabelecida foi vinte, de tal forma que fosse possível atingir uma quantidade variada de respondentes de mais de uma área de atuação. No entanto, a taxa de respostas recebidas com a planilha preenchida foi muito baixa. Acredita-se que as razões para isso sejam:

- O fato de a pesquisa ser realizada em uma planilha eletrônica, o que dificulta que os respondentes possam responder a qualquer hora e de qualquer lugar, visto que, para o entendimento completo das instruções e para poder conseguir completar com as respostas, é necessário um computador;

- O Grau de Consistência estabelecido pelo método é muito difícil de atingir e as pessoas desistem da pesquisa.

Além disso, alguns respondentes questionaram a real importância do Grau de Consistência, pois estes tiveram dificuldade de atingi-lo. Por essa razão, procedeu-se a busca por bases científicas que explicassem melhor como o Grau de Consistência influencia na confiabilidade das repostas dos participantes.

Grandzol (2005) explica que vários problemas no processo AHP merecem atenção especial. O primeiro é a consistência dos julgamentos ou comparações. Como Saaty (1994, apud GRANDZOL, 2005) descreveu, o método envolve comparações redundantes para melhorar a validade das respostas e reconhece que os participantes podem ficar incertos ou fazer julgamentos precários em algumas das comparações. Essa redundância leva a várias comparações que podem levar a inconsistências numéricas. Por exemplo, se o critério A for tão importante quanto o critério B, então os julgamentos aos pares para A e B para qualquer outro critério devem ser idênticos. Quando isso não acontece no processo de julgamento, pode surgir inconsistência.

Saaty (1994, apud GRANDZOL, 2005) sugeriu que o erro nessas medições é tolerável apenas quando é de uma ordem de magnitude inferior (10%) do que a própria medição real. O Grau de Consistência (CR) pode ser calculado e comparado a índices derivados de julgamentos aleatórios. Contanto que o $CR \leq 0,10$, a análise pode prosseguir. No entanto, Saaty (1994, apud GRANDZOL, 2005) também enfatizou que maior consistência não implica maior precisão e os julgamentos devem ser alterados apenas se forem compatíveis com o entendimento da pessoa. Caso contrário, mais informações podem ser necessárias ou a hierarquia pode precisar ser reexaminada.

Dessa forma, entende-se que um Grau de Consistência maior que 0,1 não invalida a pesquisa e que o julgamento do avaliador deve prevalecer. Diante disso, decidiu-se omitir esse

dado da planilha para que os respondentes possam fazer sua avaliação sem precisar sem preocupar com a consistência de suas respostas. Ainda assim, a taxa de respostas foi baixa.

Por fim, resolveu-se elaborar um formulário na plataforma *Google Forms* de forma a sistematizar todas as informações contidas na planilha para facilitar e agilizar o processo de respostas. O formulário foi dividido em três seções: análise comparativa das probabilidades, análise comparativa das severidades das consequências e de informações do participante.

Nas duas primeiras seções do formulário, todos os elementos da matriz de comparação foram colocados par a par na forma de várias perguntas para que o participante escolha um ou outro por meio de uma escala numérica em que se deve marcar a numeração mais próxima à sua opinião. Vale ressaltar que o *Google Forms* não permite alterar a escala numérica, portanto, a avaliação foi feita com números de 1 a 9, o que não corresponde à escala de Saaty. Assim, as numerações das respostas precisaram ser convertidas para a escala utilizada no AHP após a coleta. A Figura 4.1 exemplifica como as perguntas foram feitas para os participantes e a Tabela 4.1 mostra a conversão da escala do *Google Forms* para a escala de Saaty. O formulário completo pode ser encontrado no Apêndice A.2.

Colisão com pássaros OU colisão com prédios? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Colisão com pássaros Colisão com prédios

Figura 4.1 – Exemplo de pergunta do formulário.

Para realizar a avaliação, o participante devia escolher qual opção era mais provável de ocorrer na primeira seção e qual traria consequências mais severas caso ocorresse na segunda seção. Assim, quanto mais próximo de 1, será mais provável ocorrer o da esquerda, quanto mais próximo de 9, será mais provável ocorrer o da direita e a opção 5 indica igualdade.

Tabela 4.1 – Conversão da escala do *Google Forms* para a Escala de Saaty.

Escala <i>Google Forms</i>	Escala de Saaty
1	9
2	7
3	5
4	3
5	1
6	1/3
7	1/5
8	1/7
9	1/9

4.2 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

Após o período de coleta das avaliações, que durou 25 dias, o saldo final foi de 33 respostas, das quais 9 foram via planilha eletrônica e 24 vieram pelo formulário da internet. Entre as respostas, duas precisaram ser descartadas por não terem vindo de especialistas da aviação, o que caracteriza um novo total de 31 respostas, 9 da planilha e 22 do formulário.

Entre os participantes, foi possível obter um público variado de profissionais, idades e tempos de experiência, porém houve uma maior concentração de respondentes pilotos, representantes de cerca de metade das respostas, o que pode ter influenciado nos resultados. A média de idade dos respondentes é de aproximadamente 40 anos e o tempo médio de experiência dos profissionais é de aproximadamente 15 anos. As áreas de trabalho contempladas são apresentadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Áreas de trabalho dos respondentes do questionário.

Área de trabalho	Quantidade de respondentes
Aeroporto	1
Controlador de voo	3
Engenheiro	1
Engenheiro Aeronáutico	1
Engenheiro de manutenção de aeronaves	1
Inspetor de manutenção de aeronaves	1
Instrutor	2
Mecânico	4
Pesquisador	1
Piloto	15
Professor	5
Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional	1

Todas as respostas obtidas pelo formulário foram transcritas para uma matriz igual à da planilha eletrônica e os seus respectivos Graus de Consistência (CR) foram calculados. O resultado obtido foi que nenhuma das respostas vindas do formulário é consistente, ou seja, todas possuem um $CR < 0,1$. Das respostas da planilha eletrônica, apenas uma delas não possui os resultados consistentes. Porém, conforme explicado por Grandzol (2005) no item anterior, o índice de consistência não interfere na confiabilidade dos resultados. Então, prossegue-se para a análise dos resultados.

Para realizar os cálculos pertinentes, todas as matrizes dos respondentes foram colocadas em uma mesma planilha e separadas por abas de matrizes referentes à avaliação de probabilidade dos eventos e à severidade das suas consequências. Em seguida, construiu-se uma matriz de comparação geral para cada aba, em que os termos da matriz são constituídos da média das matrizes dos participantes. Dessa forma, as matrizes de comparação gerais são apresentadas nas Tabelas 4.3 e 4.4.

Tabela 4.3 – Matriz de comparação geral da probabilidade de ocorrência dos eventos em estudo.

Eventos de risco	Presença aviária	Altura das construções no entorno	Excursão de pista	Luzes que possam confundir os pilotos	Presença de obstáculos móveis
Presença aviária	1,0000	6,3630	2,0980	2,7120	4,8681
Altura das construções no entorno	0,7284	1,0000	1,0014	1,3953	4,5418
Excursão de pista	4,4615	5,4565	1,0000	3,3562	2,2881
Luzes que possam confundir os pilotos	3,9933	4,4405	1,8356	1,0000	2,2442
Presença de obstáculos móveis	1,4051	1,5589	3,0991	3,2749	1,0000

Tabela 4.4 – Matriz de comparação geral da severidade das consequências da ocorrência dos eventos em estudo.

Eventos de risco	Presença aviária	Altura das construções no entorno	Excursão de pista	Luzes que podem confundir os pilotos	Presença de obstáculos móveis
Presença aviária	1,0000	3,0786	2,8282	1,1270	2,9805
Altura das construções no entorno	4,7131	1,0000	4,5078	4,8007	3,4432
Excursão de pista	3,6908	2,6997	1,0000	1,8031	3,3375
Luzes que podem confundir os pilotos	5,5182	2,3012	5,0063	1,0000	4,4634
Presença de obstáculos móveis	2,8716	3,3695	2,3282	1,8573	1,0000

A partir das duas matrizes resultantes, nota-se que os valores de ambas são bem diferentes quando os elementos a_{ij} são comparados. Porém, ainda assim, para possibilitar análises mais completas, é necessário seguir com os próximos passos do método. O primeiro passo a ser seguido é calcular os respectivos Graus de Consistência de cada matriz. Assim, seguindo os passos apresentados no item 3.2, tem-se que:

i. A soma das colunas é apresentada nas Tabelas 4.5 e 4.6.

Tabela 4.5 – Soma das colunas da matriz de comparação geral da probabilidade de ocorrência dos eventos em estudo.

Presença aviária	Altura das construções no entorno	Excursão de pista	Luzes que podem confundir os pilotos	Presença de obstáculos móveis
11,5884	18,8190	9,0342	11,7384	14,9422

Tabela 4.6 – Soma das colunas da matriz de comparação geral da severidade das consequências da ocorrência dos eventos em estudo.

Presença aviária	Altura das construções no entorno	Excursão de pista	Luzes que podem confundir os pilotos	Presença de obstáculos móveis
17,7937	12,4491	15,6706	10,5881	15,2247

De acordo com as Tabelas 4.5 e 4.6, é possível perceber a diferença entre as somas das colunas das matrizes, tanto na comparação entre as colunas correspondentes de cada matriz, quanto nas colunas dentro das matrizes. Essas diferenças nos valores mostram que os componentes da matriz de comparação par a par normalizadas serão bastante distintos entre si.

ii. As Tabelas 4.7 e 4.8 mostram as matrizes resultantes de comparação par a par normalizadas.

Tabela 4.7 – Matriz resultante de comparação par a par normalizada da probabilidade de ocorrência dos eventos em estudo.

Presença aviária	Altura das construções no entorno	Excursão de pista	Luzes que podem confundir os pilotos	Presença de obstáculos móveis
0,0863	0,3381	0,2322	0,2310	0,3258
0,0629	0,0531	0,1108	0,1189	0,3040
0,3850	0,2899	0,1107	0,2859	0,1531
0,3446	0,2360	0,2032	0,0852	0,1502
0,1213	0,0828	0,3430	0,2790	0,0669

Tabela 4.8– Matriz resultante de comparação par a par normalizada da severidade das consequências da ocorrência dos eventos em estudo.

Presença aviária	Altura das construções no entorno	Excursão de pista	Luzes que podem confundir os pilotos	Presença de obstáculos móveis
0,0562	0,2473	0,1805	0,1064	0,1958
0,2649	0,0803	0,2877	0,4534	0,2262
0,2074	0,2169	0,0638	0,1703	0,2192
0,3101	0,1848	0,3195	0,0944	0,2932
0,1614	0,2707	0,1486	0,1754	0,0657

iii. O autovetor resultante W é exibido nas Tabelas 4.9 e 4.10.

Tabela 4.9 – Autovetor da probabilidade de ocorrência dos eventos em estudo.

Eventos	Autovetor W
Presença aviária	0,2427
Altura das construções no entorno	0,1299
Excursão de pista	0,2449
Luzes que podem confundir os pilotos	0,2038
Presença de obstáculos móveis	0,1786

Tabela 4.10 – Autovetor da severidade das consequências da ocorrência dos eventos em estudo.

Eventos	Autovetor W
Presença aviária	0,1572
Altura das construções no entorno	0,2625
Excursão de pista	0,1755
Luzes que podem confundir os pilotos	0,2404
Presença de obstáculos móveis	0,1643

Os valores dos autovetores das Tabelas 4.9 e 4.10 são utilizados para calcular o Grau de Consistência e são usados novamente mais a frente para encontrar as Prioridades Médias Locais e Globais. Por essa razão, a análise destas matrizes e o significado de seus resultados é apresentado adiante.

iv. O autovalor W' e o $\lambda_{m\acute{a}x}$ são apresentados nas Tabelas 4.11 e 4.12.

Tabela 4.11 - Autovalor e o $\lambda_{m\acute{a}x}$ da probabilidade de ocorrência dos eventos em estudo.

Eventos	Autovalor W'	$\lambda_{m\acute{a}x}$
Presença aviária	3,0056	12,5319
Altura das construções no entorno	1,6476	
Excursão de pista	3,1295	
Luzes que podem confundir os pilotos	2,6004	
Presença de obstáculos móveis	2,1488	

Tabela 4.12- Autovalor e o $\lambda_{m\acute{a}x}$ da severidade das consequências da ocorrência dos eventos em estudo.

Eventos	Autovalor W'	$\lambda_{m\acute{a}x}$
Presença aviária	2,2225	13,8636
Altura das construções no entorno	3,5148	
Excursão de pista	2,4465	
Luzes que podem confundir os pilotos	3,3244	
Presença de obstáculos móveis	2,3555	

Por fim, o Grau de Consistência para a matriz da probabilidade de ocorrência dos eventos em estudo foi de 1,6812 e para a severidade das consequências da ocorrência desses eventos o valor foi de 1,9785, ambos considerados inconsistentes para o método.

Com base nos dados obtidos, pode-se avançar para encontrar o Risco Calculado de cada evento. O primeiro passo é encontrar o valor da Prioridade Média Local, que já foi determinado com o autovetor W para ambos os casos nas Tabelas 4.9 e 4.10. Para permitir uma avaliação desse resultado de forma mais detalhada, os resultados foram colocados lado a lado na Tabela 4.13.

Tabela 4.13 – Comparativo das Prioridades Médias Locais (PMLs)

Eventos	PML - Probabilidade	PML - Severidade
Presença aviária	0,2427	0,1572
Altura das construções no entorno	0,1299	0,2625
Excursão de pista	0,2449	0,1755
Luzes que podem confundir os pilotos	0,2038	0,2404
Presença de obstáculos móveis	0,1786	0,1643

A partir dos resultados apresentados na Tabela 4.13, pode-se perceber que os resultados obtidos por meio da pesquisa apontam que a excursão de pista é o evento mais provável de ocorrer seguido de eventos com aves, com um valor extremamente próximo um do outro. O evento apontado como o menos provável de ocorrer é a colisão com as edificações, com uma prioridade de quase metade da prioridade da excursão de pista, ou seja, sua chance de ocorrência é baixa se comparada com os outros eventos.

No que diz respeito às prioridades relativas à severidade das consequências dos eventos, nota-se que o cenário é o oposto do apresentado nas probabilidades. A colisão com edificações torna-se o evento mais severo e os eventos com aves e de excursão de pista apresentam uma severidade menor das consequências, embora com uma diferença inferior de valores quando comparados à colisão com os outros eventos.

Isto posto, prossegue-se para o cálculo da Prioridade Global. A partir da Equação 6 é possível realizar esse cálculo. Os cálculos realizados são apresentados a seguir.

- Presença aviária:

$$PG_{\text{parcial de probabilidade}} = 0,2427 \cdot 0,2449 = 0,0594$$

$$PG_{\text{parcial de severidade}} = 0,1572 \cdot 0,2625 = 0,0413$$

$$PG = 0,0594 + 0,0413 = 0,100717$$

- Altura das construções no entorno:

$$PG_{\text{parcial de probabilidade}} = 0,1299 \cdot 0,2449 = 0,0318$$

$$PG_{\text{parcial de severidade}} = 0,2625 \cdot 0,2625 = 0,0689$$

$$PG = 0,0318 \cdot 0,0689 = 0,100724$$

- Excursão de pista:

$$PG_{\text{parcial de probabilidade}} = 0,2449 \cdot 0,2449 = 0,0600$$

$$PG_{\text{parcial de severidade}} = 0,1755 \cdot 0,2625 = 0,0461$$

$$PG = 0,0600 \cdot 0,0461 = 0,106066$$

- Luzes que podem confundir os pilotos:

$$PG_{\text{parcial de probabilidade}} = 0,02038 \cdot 0,2449 = 0,0499$$

$$PG_{\text{parcial de severidade}} = 0,2404 \cdot 0,2625 = 0,0631$$

$$PG = 0,0499 + 0,0631 = 0,113029$$

- Presença de obstáculos móveis:

$$PG_{\text{parcial de probabilidade}} = 0,1786 \cdot 0,2449 = 0,0437$$

$$PG_{\text{parcial de severidade}} = 0,1643 \cdot 0,2625 = 0,0431$$

$$PG = 0,0437 + 0,0431 = 0,086886$$

Portanto, tem-se a Prioridade Global sintetizada na Tabela 4.14.

Tabela 4.14 – Prioridade Global dos eventos em aeroportos localizados em meios urbanos.

Eventos	PG
Presença aviária	0,100717
Altura das construções no entorno	0,100724
Excursão de pista	0,106066
Luzes que podem confundir os pilotos	0,113029
Presença de obstáculos móveis	0,086886

Com base na Tabela 4.14, constata-se que, apesar das diferenças apresentadas para cada evento nas Prioridades Médias Locais de probabilidade e de severidade, a Prioridade Global é semelhante para todos os eventos. Isso significa que a combinação de ambos os fatores de mensuração traz resultados semelhantes e, principalmente, que os eventos com maior capacidade destrutiva são mais raros de acontecer. Todavia, as luzes que podem confundir os pilotos no pouso e na decolagem apresentam uma probabilidade de ocorrência e uma severidade das consequências altas, o que é evidenciado pelo maior valor de Prioridade Global e demonstra que este evento necessita de atenção especial.

Por fim, tendo a Prioridade Global calculada, pode-se proceder para o modelo de gerenciamento com o Risco Calculado. Como o valor da intensidade dos eventos (I) é arbitrário e será decidido pelos profissionais da área de segurança operacional do aeroporto em que este modelo for aplicado, o resultado do índice será diferente para cada local. Deste modo, tem-se as Equações 8, 9, 10, 11 e 12 como representantes do Risco Calculado para os cinco eventos estudados para os aeroportos localizados em meios urbanos.

- Risco Calculado de colisões com aves:

$$RC = 0,100717.I.100 \quad (8)$$

- Risco Calculado de colisão com as construções do entorno:

$$RC = 0,100724.I.100 \quad (9)$$

- Risco Calculado de excursão de pista:

$$RC = 0,106066.I.100 \quad (10)$$

- Risco Calculado de luzes que podem confundir os pilotos durante o pouso ou a decolagem:

$$RC = 0,113029.I.100 \quad (11)$$

- Risco Calculado de colisão com obstáculos móveis no entorno do aeroporto:

$$RC = 0,086886.I.100 \quad (12)$$

A variável *I* varia na escala de 1 a 5 de números inteiros, conforme explicitado na Tabela 3.5. Ressalta-se também que a multiplicação por 100 nas Equações de 8 a 12 se dá meramente por uma questão de apresentação de resultados mais intuitivos ao utilizar números inteiros.

Após aplicar as Equações de 8 a 12 no contexto de um aeroporto, deve-se analisar individualmente os resultados para entender quão tolerável é cada risco dentro das circunstâncias locais e a necessidade de intervenções. Para realizar essa análise, procura-se o resultado de cada Risco Calculado dentro dos intervalos dos níveis de tolerabilidade da Tabela 3.6 para encontrar a sua tolerância correspondente. Tais intervalos foram desenvolvidos a partir da avaliação das 25 possibilidades de valores de Risco Calculado, ou seja, de todos os valores possíveis de se obter para cada um dos cinco eventos de risco com as cinco possibilidades de intensidade. Todos esses valores são apresentados na Tabela 4.15 em ordem crescente da esquerda para a direita e de cima para baixo e foram coloridos de forma a distribuí-los entre as nove classes de risco, em que os tons mais escuros representam os níveis mais críticos de cada classe e os mais claros representam os menos críticos, assim como as cores usadas fazem referência aos riscos intoleráveis, toleráveis e aceitáveis com as cores vermelhas, amarelas e verdes, respectivamente.

Tabela 4.15 – Resultados possíveis para o Risco Calculado e sua distribuição de classes de risco.

Riscos calculados em ordem crescente				
8,6886	17,3772	26,0657	34,7543	43,4429
10,0717	20,1435	30,2152	40,2869	50,3587
10,0724	20,1449	30,2173	40,2897	50,3622
10,6066	21,2132	31,8198	42,4264	53,0330
11,3029	22,6058	33,9086	45,2115	56,5144

Foram levadas em conta nesta distribuição de níveis as diferenças e semelhanças entre os valores. Em seguida, os valores foram rearranjados de acordo com o evento de risco e a intensidade a que pertencem. Os resultados são mostrados na Tabela 4.16.

Tabela 4.16 – Distribuição dos Riscos Calculados por evento e intensidade de acordo com sua classe de risco.

Evento	Intensidade				
	1	2	3	4	5
Presença aviária	10,0717	20,1435	30,2152	40,2869	50,35865
Altura das construções no entorno	10,0724	20,1449	30,2173	40,2897	50,36217
Excursão de pista	10,6066	21,2132	31,8198	42,4264	53,03298
Luzes que podem confundir os pilotos	11,3029	22,6058	33,9086	45,2115	56,51439
Presença de obstáculos móveis	8,68858	17,3772	26,0657	34,7543	43,44289

Posteriormente, a partir desses valores, foram criados os intervalos de Risco Calculado para cada classe de risco. A distribuição final dos níveis de tolerância é mostrada na Tabela 4.17 a seguir.

Tabela 4.17 - Tolerabilidade dos riscos para aeroportos inseridos em meios urbanos.

Classe de risco	Classificações de risco ICAO	Risco Calculado	Nível de tolerância	Classe de risco	Classificações de risco ICAO	Risco Calculado	Nível de tolerância
I-1	5A	52,5001 <	Intolerável	T-3	4E, 3D, 2C, 1B	20,5001 - 26,5000	Tolerável
I-2	5B, 4A	45,0000 - 52,5000	Intolerável	A-1	3E, 1C, 2D	16,0001 - 20,5000	Aceitável
I-3	5C, 4B, 3A	35,0001 - 45,0000	Intolerável	A-2	2E, 1D	10,5001 - 16,0000	Aceitável
T-1	5D, 4C, 3B, 2A	32,0001 - 35,0000	Tolerável	A-3	1E	8,6886 - 10,5000	Aceitável
T-2	5E, 4D, 3C, 2B, 1A	26,5001 - 32,0000	Tolerável	-	-	-	-

Assim, a partir das Tabelas 4.16 e 4.17, nota-se que uma mesma nota de intensidade atribuída para diferentes eventos resulta em diferentes níveis diferentes de risco, mesmo que na mesma classe. Os eventos classificados com uma Prioridade Global mais alta possuem mais resultados intoleráveis e em classes mais altas, do mesmo modo que o contrário ocorre com os eventos com notas menores.

Além disso, os níveis estabelecidos na Tabela 4.17 possuem os mesmos significados determinados pela ICAO, ou seja, níveis intoleráveis são considerados inaceitáveis dentro das circunstâncias existentes e necessitam de intervenções urgentes, níveis toleráveis são aceitáveis desde que haja mitigação do risco para que este passe a ser aceitável e os aceitáveis são considerados suficientemente baixos e controlados e devem ser mantidos. Portanto, por último, ao obter os níveis de tolerância para cada evento de risco avaliado dentro do aeroporto, procede-se ao gerenciamento dos seus resultados.

4.3 CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS

Como forma de exemplificar o uso deste método, foram criados quatro cenários fictícios de aeroportos localizados em meios urbanos e realizada a classificação dos riscos à que estes estão submetidos. Dessa forma, tem-se:

Aeroporto 1: localizado ao lado de um grande parque com pistas de caminhada e ciclismo, com uma grande área descampada onde muitos usuários fazem a operação de drones que nem sempre são legalizados pela ANAC dentro da Zona de Proteção do aeródromo; possui vários casos registrados de interferência ilícita no período da noite com eventos de raio LASER vindos de várias localidades do parque, além de diversas espécies de aves naturais daquela localidade catalogadas e rodovias ao seu redor. Além disso, a cidade cujo aeroporto está inserido possui forte tradição de lançamento de balões de festa junina.

Aeroporto 2: imerso no meio urbano e localizado próximo a um centro comercial importante com edifícios altos; próximo também de escola, hospital e edifícios públicos.

Aeroporto 3: localizado no meio urbano, porém próximo a um lixão à céu aberto com forte presença de urubus e histórico de reporte de colisão com os pássaros, além de algumas casas periféricas e espaçadas ao redor do aeroporto.

Aeroporto 4: construção antiga da primeira metade do século XXI e anterior ao crescimento urbano local. A cidade cresceu ao longo dos anos e se aproximou do aeroporto com edificações baixas e muitas casas ao seu redor. A construção de *stopway* e delimitação de *clearway* são impossíveis, como mostrado na Figura 4.2. Além disso, há alguns registros operações de drone não autorizadas próximas ao aeródromo.



Figura 4.2 – Construção de uma zona de parada pavimentada (*stopway*) e a delimitação de uma zona livre de obstáculos (*clearway*).

Com base nessa descrição, pode-se realizar a classificação das intensidades dos eventos em cada aeroporto. Assim, para o Aeroporto 1, devido à quantidade de aves registradas no local, sua intensidade de presença aviária é classificada como 5. A presença do parque e de rodovias nas proximidades do aeroporto fazem que a altura das construções seja de intensidade 1 e a excursão de intensidade 2, visto que uma possível excursão mais grave pode ocorrer e atingir algum carro ou visitante do parque que porventura esteja na região do acidente. A intensidade das luzes que podem confundir os pilotos nesse caso, devido aos vários registros de interferência ilícita de emissões LASER, é classificada como nota 5, assim como os obstáculos móveis nos arredores do aeroporto, visto que há a operação de drones na Zona de Proteção de Aeródromos ao longo do ano e o lançamento de balões não tripulados nos períodos de junho/julho/agosto.

Já para o Aeroporto 2, devido ao ambiente urbanizado, a presença de aves torna-se inevitável, porém não tão forte como no Aeroporto 1, por isso, sua intensidade pode ser classificada como 3, visto que esse evento é possível de ocorrer. Com relação à altura das construções, devido à altura dos edifícios próximos ao aeródromo, sua intensidade é classificada como 5, assim como a excursão de pista, que pode causar acidentes catastróficos caso ocorra, especialmente em um local tão altamente urbanizado. Por não haver registros de emissões de raio LASER, sua

intensidade pode ser classificada como nota 1, da mesma forma que a presença de obstáculos móveis.

Para o Aeroporto 3, a presença de urubus e de registros de colisões com aves faz que a intensidade desse evento seja classificada como 5. Por estar localizado em meio urbano e possuir a presença de algumas casas de forma espaçada, não há um grande perigo de colisão com as edificações, embora este ainda exista e, por essa razão, sua intensidade será classificada como 2. Além disso, a existência dessas mesmas casas e a presença do lixão, que produz muitos gases inflamáveis resultantes da decomposição dos compostos, podem agravar as consequências de uma possível excursão de pista, o que faz que sua nota seja avaliada em 3. Como não há registros de emissões LASER e nem de presença de obstáculos móveis no local, ambos os eventos terão sua intensidade igual a 1.

Por último, para o Aeroporto 4, assim como no Aeroporto 2, a presença de aves em um ambiente urbano é inevitável e, por essa razão, sua nota de intensidade é igual a 3. No que diz respeito à altura das construções, a alta taxa residencial torna-se um fator de atenção, mas com um risco mais baixo devido ao fato de as casas serem consideradas baixas, então, sua intensidade pode ser apontada como 3. Já a excursão de pista, que pode atingir essas casas que circundam o aeroporto com graves consequências devido à alta densidade residencial, também recebe nota 3. Por não haver registros de emissões de raio LASER, novamente, sua nota será 1. Por fim, a operação de drones próximas ao aeroporto faz que esse evento necessite de alguma atenção e controle, o que permite que sua nota seja considerada 3.

Dessa forma, é possível sintetizar os dados obtidos a partir da análise do contexto dos aeroportos na Tabela 4.18.

Tabela 4.18 – Síntese da intensidade dos eventos nos aeroportos fictícios 1, 2, 3 e 4.

Evento	Intensidade dos eventos			
	Aeroporto 1	Aeroporto 2	Aeroporto 3	Aeroporto 4
Presença aviária	5	3	5	3
Altura das construções no entorno	1	5	2	3
Excursão de pista	2	5	3	3
Luzes que podem confundir os pilotos	5	1	1	1
Presença de obstáculos móveis	5	1	1	3

Obtidas as intensidades dos eventos, é possível proceder ao Risco Calculado para cada evento e ao seu nível de tolerabilidade. Assim, as Tabelas 4.19, 4.20, 4.21 e 4.22 apresentam os resultados para cada aeroporto fictício.

Tabela 4.19 – Riscos Calculados e tolerabilidades para o Aeroporto 1.

Evento	Risco Calculado	Classe de Risco	Nível de Tolerância
Presença aviária	50,3587	I-2	Intolerável
Altura das construções no entorno	10,0724	A-3	Aceitável
Excursão de pista	21,2132	T-3	Tolerável
Luzes que podem confundir os pilotos	56,5144	I-1	Intolerável
Presença de obstáculos móveis	43,4429	I-3	Intolerável

Tabela 4.20 – Riscos Calculados e tolerabilidades para o Aeroporto 2.

Evento	Risco Calculado	Classe de Risco	Nível de Tolerância
Presença aviária	30,2152	T-2	Tolerável
Altura das construções no entorno	50,3622	I-2	Intolerável
Excursão de pista	53,0330	I-1	Intolerável
Luzes que podem confundir os pilotos	11,3029	A-2	Aceitável
Presença de obstáculos móveis	8,6886	A-3	Aceitável

Tabela 4.21– Riscos Calculados e tolerabilidades para o Aeroporto 3.

Evento	Risco Calculado	Classe de Risco	Nível de Tolerância
Presença aviária	50,3587	I-2	Intolerável
Altura das construções no entorno	20,1449	A-1	Aceitável
Excursão de pista	31,8198	T-2	Tolerável
Luzes que podem confundir os pilotos	11,3029	A-2	Aceitável
Presença de obstáculos móveis	8,6886	A-3	Aceitável

Tabela 4.22 – Riscos Calculados e tolerabilidades para o Aeroporto 4.

Evento	Risco Calculado	Classe de Risco	Nível de Tolerância
Presença aviária	30,2152	T-2	Tolerável
Altura das construções no entorno	30,2173	T-2	Tolerável
Excursão de pista	31,8198	T-2	Tolerável
Luzes que podem confundir os pilotos	11,3029	A-2	Aceitável
Presença de obstáculos móveis	26,0657	T-3	Tolerável

Logo, os cenários fictícios mostram que existem várias possíveis combinações de eventos que podem levar a situações de risco nos aeroportos localizados em meios urbanos. Para cada contexto, é preciso entender a relação da cidade com o aeroporto e as situações de risco a que ambos estão expostos para começar a planejar medidas mitigadoras.

4.4 RECOMENDAÇÕES DE GERENCIAMENTO

Os dados apresentados no item 4.2 evidenciam o que deve ser priorizado no gerenciamento das situações de riscos relacionadas à coabitação com as cidades. Agora, é necessário discutir como agir perante os riscos estabelecidos. Devido às diferenças entre os aeroportos e aos seus variados enfoques conforme os níveis de tolerabilidade de cada um, as recomendações aqui descritas são de procedimentos gerais, que devem ser adaptados para cada aeródromo conforme a necessidade.

O primeiro passo para gerenciar esses riscos é fazer a identificação das ações inseguras que ocorrem na operação aeroportuária e na própria cidade que circunda o local e dos cenários que levam à insegurança e ao perigo nos contextos levantados nesta pesquisa. Dessa forma, a equipe responsável pela segurança e pelo gerenciamento da segurança operacional aeroportuária necessita realizar um levantamento geral de todas as possíveis perdas que podem ocorrer e qual a origem de cada problema.

Após a realização da busca pelos eventos inseguros, deve-se proceder para o registro de todas as informações adquiridas a fim de realizar uma análise da situação geral do aeroporto e iniciar o estudo de como controlar o comportamento dos componentes individuais e a interação

entre estes com o meio. A partir desse estudo, seleciona-se os eventos inseguros que necessitam de intervenção mais urgente e/ou que levam às consequências mais relevantes de acordo com o nível de tolerabilidade de cada evento de risco e cria-se as chamadas chaves de desempenho (*key results*), ou seja, indicadores de desempenho.

Tais indicadores têm como objetivo encontrar uma forma de mensurar uma situação para manter o seu controle e conseguir medir o seu desempenho. Essa mensuração permite o estabelecimento de metas de resultados e de valores aceitáveis e inaceitáveis. Com isso, para conseguir atingir os resultados desejados, é necessário traçar estratégias e medidas mitigadoras que levem ao sucesso do indicador.

Para exemplificar essa situação, pode-se pensar no caso do Aeroporto 1, apresentado no item 4.3, que possui um alto índice de emissões de raio LASER vindas do parque próximo ao aeródromo, cuja intensidade do evento é classificada como 5, o que leva à uma classe de risco I-1, ou seja, máxima intolerabilidade. Com o propósito de eliminar esse risco, criam-se indicadores com base na origem desse evento, como o número de reportes de LASER por parte dos pilotos por determinado período (reportes/mês, por exemplo), e a direção de origem relatada, que podem ser medidos e permitem a adoção de medidas mitigadoras, como uma maior fiscalização no parque para diminuir a quantidade de ocorrências dessa situação.

Outra exemplificação que pode ser feita ainda no caso do Aeroporto 4 é a criação de indicadores de parada. Por exemplo, uma quantidade “x” de aeronaves pararam em até 1000m da pista de pouso e decolagem por mês, uma quantidade “y” de aeronaves pararam em até 1400m por mês e outra quantidade “z” de aeronaves pararam em até 1800m por mês. O acompanhamento desse indicador pode indicar se a operação está dentro dos padrões normais ou se será necessário obras de *grooving* (ranhuras) na pista, manutenção do asfalto para aumentar o coeficiente de atrito, entre outras.

É essencial que haja o acompanhamento constante dos indicadores, do monitoramento dos perigos identificados e a administração dos seus resultados, que pode variar de acordo com a conclusão das análises. Isso significa que as ações mitigadoras e os próprios indicadores podem se diversificar ao longo do tempo, visto que o nível de tolerabilidade pode se alterar para mais ou menos tolerável, seja por razões externas, como uma migração em massa de uma nova espécie de aves grande após o desmatamento do seu local de origem, seja por uma manutenção preditiva bem

feita que gere resultados satisfatórios, o que permite repensar a estratégia adotada para a adequação ao novo contexto.

Veras (2011) sugere a realização dos seguintes questionamentos no momento de planejar as medidas mitigadoras para os perigos encontrados:

- As medidas mitigadoras são efetivas?
- Os benefícios observados com a implantação das medidas superam os custos?
- Elas previnem a ocorrência, anulando ou mitigando os perigos/riscos?
- Elas minimizam a probabilidade ou a consequência? E em que extensão?
- As medidas mitigadoras implementadas necessitam de treinamento para a sua execução? O corpo gerencial e operacional está bem treinado?
- Existem ferramentas ou equipamentos adequados para se antecipar ao risco?
- Com a implementação das medidas, surgirão novos problemas?
- O benefício observado será temporário ou permanente? Se temporário, quanto tempo deverá durar?

A partir desses questionamentos, é importante planejar ações mitigadoras voltadas para resultados eficientes e que realmente possam trazer soluções para a origem dos problemas, não apenas de forma paliativa e superficial. Além disso, é essencial manter a execução de ações de rotina e controle que auxiliem na manutenção dos indicadores com resultados aceitáveis ou planejar novas ações que façam-no voltar para patamares aceitáveis. Ao implementar essas ações, deve-se reanalisar o contexto do risco para entender como os resultados obtidos influenciaram no todo e a necessidade de criar novos indicadores e/ou retirar algum dos antigos com novos planos de ação para manter os resultados dentro de níveis satisfatórios.

Por fim, ressalta-se a importância da documentação deste processo para que todas as decisões tomadas, os indicadores medidos, bem como seus resultados, os erros e acertos possam ser registrados e as equipes futuras possam ter acesso ao que já foi realizado. Esses registros permitem que haja uma continuidade no trabalho de forma mais eficiente e com um melhor conhecimento do histórico do que já foi realizado no local para evitar retrabalhos.

5. CONCLUSÕES

Este estudo teve por objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta de gerenciamento dos riscos específicos à que os aeroportos inseridos em meios urbanos estão submetidos. A ferramenta desenvolvida utiliza como base o método de gerenciamento de riscos da ICAO, que analisa a probabilidade de ocorrência de perigos identificados e a severidade de suas consequências.

Conforme abordado na revisão bibliográfica deste estudo, o aumento da taxa de urbanização ao redor dos aeroportos ao longo do tempo fez que estes passassem a ser submetidos a alguns riscos específicos e precisassem adotar cuidados que antes não eram de grande preocupação. Entre esses riscos, selecionou-se os cinco considerados principais e desenvolveu-se um instrumento de pesquisa a partir de um método que leva em conta a opinião de especialistas.

O método selecionado foi o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que é um tipo de análise multivariada que hierarquiza os itens da pesquisa de acordo com sua importância. A partir das respostas obtidas, foi possível construir um índice de Risco Calculado para elencar qual evento de risco é mais relevante para cada aeroporto, visto que é levada em conta a intensidade de ocorrência de cada um no local de análise. Foi desenvolvida uma equação para calcular o Índice de Risco para cada evento de risco estudado, são elas:

Risco Calculado de colisões com aves:

$$RC = 0,100717.I.100$$

Risco Calculado de colisão com as construções do entorno:

$$RC = 0,100724.I.100$$

Risco Calculado de excursão de pista:

$$RC = 0,106066.I.100$$

Risco Calculado de luzes que podem confundir os pilotos durante o pouso ou a decolagem:

$$RC = 0,113029.I.100$$

Risco Calculado de colisão com obstáculos móveis no entorno do aeroporto:

$$RC = 0,086886.I.100$$

Em seguida, para cada valor de Risco Calculado, existe um nível de tolerabilidade daquele evento no aeroporto em análise, ou seja, existe uma aceitação ou não de uma situação atrelada à

urgência da sua mitigação. Baseado nesse nível, procede-se às ações para gerenciar o risco em questão. Logo, a partir dos resultados alcançados, pode-se considerar que o objetivo desta pesquisa foi atingido e concluído dentro do que era esperado.

No entanto, deve-se ressaltar que, apesar de a ferramenta de gerenciamento de riscos ter sido desenvolvida ao longo deste trabalho, existem limitações em seu uso. O método multicritério selecionado, o AHP, mostrou-se uma técnica trabalhosa tanto para quem monta o instrumento da pesquisa e faz a análise das respostas, quanto para o respondente do instrumento de pesquisa. Do ponto de vista de quem elabora o instrumento de pesquisa e analisa as respostas, o fato de não haver maior clareza quanto à real importância do Grau de Consistência faz que o instrumento utilizado seja complexo de elaborar e em uma plataforma pouco intuitiva. Da mesma forma, para os participantes, a pesquisa torna-se longa e difícil de finalizar, visto que o Grau de Consistência não é atingido facilmente e a plataforma de respostas exige que o respondente utilize um computador para poder participar.

Acredita-se que essas foram as razões que levaram muitos potenciais participantes a desistirem de responder à pesquisa, o que ocasionou uma taxa baixa de respostas e fez que fosse necessário repensar a plataforma utilizada para colher as respostas. Além disso, apesar de haver uma quantidade satisfatória de áreas de trabalho no perfil dos especialistas respondentes, a distribuição desigual de profissionais de cada área produziu resultados baseados fortemente no ponto de vista dos pilotos, uma vez que metade das respostas vieram destes. Acredita-se, então, que mais respostas de outros tipos de profissionais poderiam gerar um resultado diferente.

O gerenciamento de riscos em aeroportos mostra-se atualmente como um assunto de grande importância para fazer da aviação um meio de transporte ainda mais seguro. Por essa razão, sugere-se em trabalhos futuros:

- Reaplicar a pesquisa com mais profissionais de outras áreas de forma a se obter um resultado mais homogêneo em termos de quantidade de profissionais de cada área;
- Analisar a sensibilidade dos respondentes de cada grupo para entender o real impacto das diferentes áreas no resultado final da prioridade global;
- Aplicar o método desenvolvido em um aeroporto real para testar suas vantagens e desvantagens e realizar os devidos ajustes para que seu funcionamento seja possível e eficiente;

- Analisar a relação entre o crescimento do sítio aeroportuário e os riscos de acidentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3RD ENRI INTERNATIONAL WORKSHOP ON ATM/CNS, 2013, Cingapura. **Developing key performance indicators for airports** [...]. [S. l.: s. n.], 2013. 5 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Excursão de pista**. [S. l.], 11 mar. 2016. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos/certificacao/runway-safety/excursao-de-pista>. Acesso em: 28 nov. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária- SIA. **Lista preliminar de Perigos: Referência para Aeroportos Classe I B. 1**. [S. l.], Maio 2018. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos/publicacoes/lista-preliminar-de-perigos.pdf>. Acesso em: 24 set. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). Resolução nº 529, de 12.09.2019. [Emenda nº 06]. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil: Projeto de Aeródromos**, [S. l.], ano 2099, 12 set. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Resolução nº 419, de 2 de maio de 2017. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil: Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil**, [S. l.], n. 94, 2017.

AUSTRALIAN TRANSPORT SAFETY BUREAU (Canberra). **Aviation Occurrence Statistics: 2004 to 2013**. [S. l.: s. n.], 2014.

BANDEIRA, Michelle C. G. S. P. **Modelo de acidente de saída de pista em pouso de aeronaves de médio e grande portes**. 2018. 224 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo, 2018.

BARROSO, Luiza Franco. **Avaliação de risco de acidentes aéreos em aeroportos utilizando simulação Monte Carlo: uma aplicação ao Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro/Galeão**. 2015. 127 f. Tese (Mestrado em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo, 2015.

BASÍLIO, Gustavo Borges; SILVEIRA, Denis da Rosa; PAVAN, Maria Terezinha; SILVA, Emmanuel Gomes da; BENTO, Carlos Alberto de Mattos. O LASER e os riscos de sua utilização indevida para a segurança de voo. **Revista Conexão SIPAER**, [s. l.], v. 2, n. 2, 2011.

BLACKWELL, Bradley F.; DEVAULT, Travis L.; FERNÁNDEZ-JURICIC, Esteban; DOLBEER, Richard A. Wildlife collisions with aircraft: A missing component of land-use planning for airports. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], 2009.

CALDAS, Tânia Cristina de Menezes. Integração urbana de aeroportos, um desafio para o planejamento. **Simpósio de Transporte Aéreo (SITRAER)**, Rio de Janeiro, ed. 7, 2008.

CAST/ICAO COMMON TAXONOMY TEAM. **Aviation Occurrence Categories**. [S. l.: s. n.], 2011.

ČOKORILO, Olja; LUCA, Mario De; DELL'ACQUA, Gianluca. Aircraft safety analysis using clustering algorithms, Journal of Risk Research. **Journal of Risk Research**, [s. l.], 6 fev. 2014.

COMANDO DA AERONÁUTICA. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Tenha uma operação segura com seu DRONE/RPAS: Conheça as orientações. Disponível em: <https://www.decea.gov.br/drone/>. Acesso em: 29 nov. 2019.

COSTA, Marcela da Silva. **Mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo e as bases de um sistema de gestão para Brasil e Portugal**. 2003. 184 p. Tese de Mestrado (Mestrado em Transportes) - Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2003.

CUNHA, Flavio Benedetti; TSUDA, Fernando Castelani Takashi; PEREIRA, Gustavo Marroni Assis; CAMARGO, Rodrigo Barbosa de. Interferência de rádios piratas na comunicação e navegação do transporte aéreo. **Revista Conexão Sipaer**, [s. l.], v. 3, n. 2, 2012.

DONAHUE, Brian. The Rise of the Aerotropolis. **Business Facilities**, 43(8), 10-18, 2010.

FERREIRA, Helio Cardoso. **Análise de risco na execução dos serviços operacionais no Aeroporto Internacional Salgado Filho**. 2012. 142 f. Tese (Mestrado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo, 2012.

FERNANDES, Helen Feuser. **Requisitos para aeroportos regionais: análise do Aeroporto de Joinville**. 2015. 107 f. Tese (Mestrado em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2015.

FORTES, João Luiz. **Risk assessment in airports: São Paulo/Congonhas Airport - a case study**. 2012. 100 f. Tese (Mestrado em Transporte Aéreo e Aeroportos) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo, 2012.

FREESTONE, Robert. Planning, Sustainability and Airport-Led Urban Development. **International Planning Studies**, [s. l.], p. 16, 2009.

FREITAS, André Luís Policani; TREVIZANO, Waldir Andrade. Emprego do Método da Análise Hierárquica (A.H.P.) na seleção de processadores. **XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, p. 2972-2979, 2005.

GONÇALVES, Tiago José; CORREIA, Anderson Ribeiro. Proposta de um modelo para a avaliação da segurança operacional em aeroportos baseado nos métodos Borda e Promethee II. **The Journal of Transport Literature**, [s. l.], p. 50-54, 2015.

GRANBERG, T. Andersson; MUNOZ, A. Oquillas. Developing key performance indicators for airports. **EIWAC**, Tóquio, Japão, 2013.

GRANDZOL, John R. Improving the Faculty Selection Process in Higher Education: A Case for the Analytic Hierarchy Process. **Association for Institutional Research**, [s. l.], v. 6, 24 ago. 2005.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Global Aviation Safety Plan: 2017-2019**. 2. ed. [S. l.: s. n.], 2016. ISBN 978-92-9258-118-3.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canadá). **Safety Management Manual**. 2. ed. Quebec, Canada: [s. n.], 2009. ISBN 978-92-9231-295-4.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canadá). **Safety Management Manual**. 4 ed. 2018. *E-book*.

JÚNIOR, Francisco Wilson Falcão. DRONE STRIKE – A Ameaça das Aeronaves Tripuladas Remotamente à Segurança Aeronáutica e Possíveis Medidas de Mitigação. **Revista Conexão SIPAER**, [s. l.], v. 8, ed. 2, p. 26-32, 2017.

KASIOUMI, Eirini. Emerging planning approaches in airport areas: the case of Paris-Charles de Gaulle (CDG). **Regional Studies, Regional Science**, [s. l.], p. 408-414, 2015.

LIMA, Idoaldo José de. **STPA applied to safety hazard analysis of Brazilian airport infrastructure**. 2018. 75 f. Tese (Mestrado em Transporte Aéreo e Aeroportos) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo, 2018.

LIMA, José Dantas de; JUCÁ, José Fernando Thomé; REICHERT, Geraldo Antônio; FIRMO, Alessandra Lee B. Uso de modelos de apoio à decisão para análise de alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na Região Sul do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, João Pessoa, Paraíba, v. 19, n. 1, p. 33-42, 2014.

LIMA, Marcus Vinícius da Silva. **Análise das Restrições à Verticalização de Edificações no Entorno do Aeroporto Internacional Pinto Martins**. 2018. 127 f. Tese (Mestrado em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, [S. l.], 2018.

MARINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira; BARROS, Magno da Silva. O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais – Um estudo de caso. **XLI SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, Porto Seguro, Bahia, p. 1778-1788, 2009.

MILLER, George A. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. **Psychological Review**, [S. l.], v. 101, n. 2, p. 343-352, 1956.

MOTTA, Renata Almeida. **Método para a Determinação da Sustentabilidade de Ciclovias**. 2016. Tese de Doutorado (Doutorado em Transportes) - Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, 2016. p. 276.

Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Portaria nº 256/GC5**. [S. l.], 13 maio 2011.

Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Departamento de Planejamento e Gestão Aeroportuária. **Plano Aeroviário Nacional 2018-2038: Objetivos, Necessidades e Investimentos**. Brasília, Distrito Federal: [s. n.], 2018.

MORAIS, Francisco José Azevedo de. **Método de avaliação do risco aviário em aeroportos**. 2012. 130 f. Tese (Mestrado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2012.

NASCIMENTO, Marcus Vinícius do. **Avaliação das restrições de uso e ocupação do solo no entorno de aeródromos e análise comparativa entre as regulamentações aeronáuticas**. 2012. 96 f. Tese (Mestrado em Transporte Aéreo e Aeroportos) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2012.

PIMENTA, Ronaldo Baltazar. **O impacto dos drones na aviação comercial**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências Aeronáuticas) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2018.

SANTOS, L. C. B.; ALMEIDA, C. A.; PEIXOTO, D. D. M.; et al. **Aeródromos - Sumário Estatístico 2008-2017**. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), Brasília, 2018.

SHEARD, Nicholas. Airport and Transportation. **Airport Size and Urban Growth**, Liverpool, 2017.

SIERRA, Pablo Arias, **Periferias y nueva ciudad**: El problema del paisaje en los procesos de dispersión urbana. Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla, 2003.

SILVA, Celso José Leão e. **Transporte aéreo, infraestrutura aeroportuária, planejamento e controle urbano: o estudo de caso do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes-Gilberto Freyre**. 2010. 151 f. Tese (Mestrado em Transportes e Gestão das Infraestruturas Urbanas) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

SILVA, Edson Santos da. **Dinâmicas urbanas e operações aeroportuárias**. 2018. 144 p. Tese (Mestrado em Transportes) - Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, 2018.

SILVA, Roterdan Moura da; BELDERRAIN, Mischel Carmen Neyra. Considerações sobre métodos de decisão multicritério. **XI Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA**, São José dos Campos, São Paulo, 2005.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME (Quênia); INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Canadá). **PROMOTING SYNERGY BETWEEN CITIES AND AIRPORTS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT**, [s. l.], p. 115, 2018.

VERAS, Alan Advícula. **Análise de riscos em aeroportos: uma abordagem proativa**. 2011. 105 f. Tese (Mestrado em Engenharia Aeronáutica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo, 2011.

VILLAÇA, Flavio. **As Ilusões do Plano Diretor**, Edição do autor, São Paulo, 1ª Edição, 2005.

VIRACOPOS AEROPORTOS BRASIL. **Estudo aeronáutico para a operação da aeronave boeing 747-800 no Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas**. 2014.

WILKE, Sabine; MAJUMDAR, Arnab; OCHIENG, Washington Y. The impact of airport characteristics on airport surface accidents and incidents. **Journal of Safety Research**, [s. l.], 1 fev. 2015.

APÊNDICE A.1

Figura A.1.1 – Matriz de comparação par a par referente à avaliação de probabilidades do instrumento de pesquisa.

Comparativo da probabilidade de ocorrência dos eventos em um aeroporto genérico inserido em meio urbano					
	Presença_Aviária	Altura_Const	Excursão_Pista	Luzes_Conf_Pil.	Obstáculos_Móveis
Presença_Aviária	1				
Altura_Const	#DIV/0!	1			
Excursão_Pista	#DIV/0!	#DIV/0!	1		
Luzes_Conf_Pil.	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	
Obstáculos_Móveis	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1
	Grau de consistência	#DIV/0!	#DIV/0!		

Escala numérica	
1 - Igual probabilidade	
3 - Linha pouco mais provável que coluna	1/3 - Coluna pouco mais provável que linha
5 - Linha muito mais provável que coluna	1/5 - Coluna muito mais provável que linha
7 - Linha bastante mais provável que coluna	1/7 - Coluna bastante mais provável que linha
9 - Linha extremamente mais provável que coluna	1/9 - Coluna extremamente mais provável que linha

Para instruções de preenchimento, é necessário passar o mouse na célula de título (em azul escuro).

Exemplo

Figura A.1.2 - Matriz de comparação par a par referente à avaliação de severidades do instrumento de pesquisa.

Comparativo da severidade das consequências dos eventos em um aeroporto genérico inserido em meio urbano					
	Presença_Aviária	Altura_Const	Excursão_Pista	Luzes_Conf_Pil.	Obstáculos_Móveis
Presença_Aviária	1				
Altura_Const	#DIV/0!	1			
Excursão_Pista	#DIV/0!	#DIV/0!	1		
Luzes_Conf_Pil.	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	
Obstáculos_Móveis	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1

Grau de consistência	#DIV/0!	#DIV/0!
----------------------	---------	---------

Escala numérica	
1 - Igual severidade	
3 - Linha pouco mais severa que coluna	1/3 - Coluna pouco mais severa que linha
5 - Linha muito mais severa que coluna	1/5 - Coluna muito mais severa que linha
7 - Linha bastante mais severa que coluna	1/7 - Coluna bastante mais severa que linha
9 - Linha extremamente mais severa que coluna	1/9 - Coluna extremamente mais severa que linha

Para instruções de preenchimento, é necessário passar o mouse na célula de título (em azul escuro).

Exemplo

Figura A.1.3 – Aba de preenchimento de informações do participante.

Informações do participante

As informações aqui fornecidas têm como objetivo único e exclusivo de separar os respondentes em grupos e, portanto, esses dados não serão divulgados.

Idade:	
Relação com a aviação (piloto, professor ou acadêmico da área, controlador de voo etc.):	
Tempo de experiência na área:	
Observação (opcional):	

APÊNDICE A.2

Figura A.2.1 – Formulário enviado via *Google Forms* aplicado simultaneamente à planilha eletrônica – seção referente à avaliação de probabilidades – Parte 1.

PROBABILIDADE de acidentes em um aeroporto em meio urbano

* Required



Nas perguntas abaixo, responda de 1 a 9 o que você acha que é mais PROVÁVEL de acontecer em termos de acidentes aéreos em um aeroporto urbano. Imagine Congonhas, Santos Dumont, Bacacheri, Pampulha, Recife ou qualquer outro aeroporto imerso na cidade (grande ou pequeno).
Quanto mais próximo de 1, será mais provável ocorrer o da ESQUERDA.
Quanto mais próximo de 9, será mais provável ocorrer o da DIREITA.
Número 5, serão probabilidades IGUAIS.

Colisão com pássaros OU colisão com prédios? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Colisão com pássaros Colisão com prédios

Excursão de pista OU colisão com pássaros? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Excursão de pista Colisão com pássaros

Colisão com prédios OU excursão de pista? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Colisão com prédios Excursão de pista

Laser ofuscante na curta final OU colisão com pássaros? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Laser ofuscante na curta final Colisão com pássaros

Figura A.2.2 – Formulário enviado via *Google Forms* aplicado simultaneamente à planilha eletrônica – seção referente à avaliação de probabilidades – Parte 2.

Colisão com prédios OU laser ofuscante na curta final? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Colisão com prédios Laser ofuscante na curta final

Laser ofuscante na curta final OU excursão de pista? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Laser ofuscante na curta final Excursão de pista

Colisão com pássaros OU colisão com obstáculos móveis (drones, guindastes, balões, etc)? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Colisão com pássaros Colisão com obstáculos móveis

Colisão com obstáculos móveis (drones, guindastes, balões, etc) OU colisão com prédios? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Colisão com obstáculos móveis Colisão com prédios

Excursão de pista OU colisão com obstáculos móveis (drones, guindastes, balões, etc)? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Excursão de pista Colisão com obstáculos móveis

Colisão com obstáculos móveis OU laser ofuscante na curta final? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Colisão com obstáculos móveis Laser ofuscante na curta final

[Next](#)

Never submit passwords through Google Forms.

This content is neither created nor endorsed by Google. [Report Abuse](#) - [Terms of Service](#) - [Privacy Policy](#)

Google Forms

Figura A.2.3 – Formulário enviado via *Google Forms* aplicado simultaneamente à planilha eletrônica – seção referente à avaliação de severidades – Parte 1.

SEVERIDADE de acidentes em um aeroporto em meio urbano

* Required

SEVERIDADE de acidentes em um aeroporto em meio urbano

Antes avaliamos a PROBABILIDADE, e agora vamos avaliar a SEVERIDADE!



Nas perguntas abaixo, responda de 1 a 9 o que você acha que é mais SEVERO em caso de acidente aéreo em um aeroporto urbano. Imagine Congonhas, Santos Dumont, Bacacheri, Pampulha, Recife ou qualquer outro aeroporto imerso na cidade (grande ou pequeno).

Colisão com pássaros OU colisão com prédios? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Colisão com pássaros Colisão com prédios

Excursão de pista OU colisão com pássaros? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Excursão de pista Colisão com pássaros

Colisão com prédios OU excursão de pista? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Colisão com prédios Excursão de pista

Laser ofuscante na curta final OU colisão com pássaros? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Laser ofuscante na curta final Colisão com pássaros

Figura A.2.4 – Formulário enviado via *Google Forms* aplicado simultaneamente à planilha eletrônica – seção referente à avaliação de severidades – Parte 2.

Colisão com prédios OU laser ofuscante na curta final? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Colisão com prédios Laser ofuscante na curta final

Laser ofuscante na curta final OU excursão de pista? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Laser ofuscante na curta final Excursão de pista

Colisão com pássaros OU colisão com obstáculos móveis (drones, guindastes, balões, etc) ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Colisão com pássaros Colisão com obstáculos móveis

Colisão com obstáculos móveis (drones, guindastes, balões, etc) OU colisão com prédios? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Colisão com obstáculos móveis Colisão com prédios

Excursão de pista OU colisão com obstáculos móveis (drones, guindastes, balões, etc)? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Excursão de pista Colisão com obstáculos móveis

Colisão com obstáculos móveis OU laser ofuscante na curta final? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Colisão com obstáculos móveis Laser ofuscante na curta final

Colisão com obstáculos móveis OU laser ofuscante na curta final? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Colisão com obstáculos móveis Laser ofuscante na curta final

Never submit passwords through Google Forms.

This content is neither created nor endorsed by Google. [Report Abuse](#) - [Terms of Service](#) - [Privacy Policy](#)

Google Forms