

METODOLOGIA PARA CÁLCULO DE ÍNDICE DE RISCO NA ÁREA DE
MOVIMENTO DE AERONAVES EM AEROPORTOS UTILIZANDO LÓGICA
FUZZY'

Marcos Carreiro do Valle

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Elton Fernandes

Rio de Janeiro

Março de 2018

METODOLOGIA PARA CÁLCULO DE ÍNDICE DE RISCO NA ÁREA DE
MOVIMENTO DE AERONAVES EM AEROPORTOS UTILIZANDO LÓGICA
FUZZY

Marcos Carreiro do Valle

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

Prof. Elton Fernandes, Ph.D.

Prof. Marcus Vinicius de Araújo Fonseca, D.Sc.

Dr. Ricardo Rodrigues Pacheco, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2018

Valle, Marcos Carreiro do

Metodologia para cálculo de índice de risco na área de movimento de aeronaves em aeroportos utilizando lógica fuzzy / Marcos Carreiro do Valle. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2018.

XVII, 102 p.: il.; 29,7cm

Orientador: Elton Fernandes.

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2018.

Referências Bibliográficas: p. 90-96.

1. Índice de risco. 2. Área de movimento de aeronaves.
3. Lógica fuzzy. I. Fernandes, Elton *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Wilson e Ilza,
responsáveis por tudo que sou e tudo
o que conquistei.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Wilson Freitas do Valle e Ilza Carreiro do Valle, e aos meus irmãos Marcelo, Liane e André, que participaram da minha formação como pessoa.

Ao meu orientador Elton Fernandes, fundamental na condução dos trabalhos, pesquisa e estudos para a criação dessa metodologia, desenvolvimento da dissertação e para meu aperfeiçoamento acadêmico.

Ao D.Sc. Ricardo Rodrigues Pacheco, que de forma semelhante e despercebida, ajudou muito quando repassava dicas de caminhos que eu deveria percorrer, principalmente na indicação de artigos e projetos que contribuíram muito em meus estudos.

À turma do LabFuzzy, pelos ensinamentos e apoio, em especial ao Fabio L. P. Krykhtine e Luiz Eduardo N. Sá Fortes que não mediram esforços para dirimir minhas dúvidas.

Ao professor Francisco António de M. A. Dória, D.Sc., pelas explicações e aulas encantadoras dos fundamentos da matemática.

Aos fiscais de pátio e controladores dos Aeroportos de Congonhas, Santos Dumont e Jacarepaguá, que participaram e contribuíram de forma anônima no preenchimento dos formulários, fundamentais para a pesquisa e aferição da metodologia.

Ao meu amigo José Carlos Rodrigues, da Infraero, que conseguiu viabilizar a parte prática deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho do Centro de Operações do Aeroporto de Jacarepaguá do Rio de Janeiro, pela troca de conhecimentos, principalmente aos amigos: Castilho, Renan, Sidney (Sidão), Valério, Juliana, Carlos Augusto, Roberta e Adriana.

Por fim, agradeço à minha família, Márcia, Felipe, Marcelle e Juliana, pela compreensão dos meus momentos de isolamento, concentração e ausência para o desenvolvimento desta dissertação.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE / UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

METODOLOGIA PARA CÁLCULO DE ÍNDICE DE RISCO NA ÁREA DE
MOVIMENTO DE AERONAVES EM AEROPORTOS UTILIZANDO LÓGICA
FUZZY

Marcos Carreiro do Valle

Março/2018

Orientador: Elton Fernandes

Programa: Engenharia de Produção

A literatura aponta para dificuldades no estabelecimento de relações estatísticas seguras para um sistema de prevenção de acidentes operacionais aeroportuários baseados em fatos/ocorrências. As metodologias de avaliação de riscos tratam o assunto de forma não linear, através de métodos estatísticos convencionais, deixando a parte à percepção dos especialistas sobre eventos que não ocorreram, mas podem vir a ocorrer. A lógica fuzzy é um método matemático, considerado eficiente, para tratar a percepção humana de fatores ocorridos e possíveis de ocorrer de forma sistêmica.

Este estudo aborda riscos relacionados a eventos na área de movimento de aeronaves do aeroporto, tratando sinistros envolvendo pessoas, bens, aeronaves, animais, equipamentos e veículos, e apresenta uma adição do uso da lógica fuzzy à metodologia de avaliação de riscos na área de movimento do aeroporto (pátios e pistas), buscando aperfeiçoar a metodologia existente no que concerne a linearidade do sistema e à consideração de eventos ainda não ocorridos no aeroporto, segundo a percepção dos especialistas.

A metodologia foi aplicada a dois aeroportos das duas maiores cidades brasileira, apresentando indicadores de risco relevantes para o planejamento do sistema de gerenciamento de risco de aeroportos.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

RISK ASSESSMENT CALCULATION METHODOLOGY WITHIN AIRCRAFT
MOVEMENT AREA OF THE AIRPORT USING FUZZY LOGIC

Marcos Carreiro do Valle

March/2018

Advisor: Elton Fernandes

Department: Production Engineering

The literature indicates difficulties establishing concrete statistical relationships for a system of operational accident prevention in the airports based on facts/events. Risk assessment methodologies deal with the subject in a non-linear fashion, using conventional statistical methods, without considering the perception of the experts on the events that have not occurred yet, but may occur. Fuzzy logic is an efficient mathematical method that treats the human perception of factors that have occurred and those that may systematically occur in a systematic way.

This study addresses the risks related to events involving aircraft movement area of the airport, analyzing accidents involving people, goods, aircrafts, animals, equipment and vehicles. It also presents the addition of the use of fuzzy logic to the methodology of risk assessment in the high traffic areas of the airport (apron and runways), seeking to improve the existing methodology regarding the linearity of the system and the consideration of events that haven't occurred yet at the airport, according to the perception of the experts.

The methodology was applied to two airports in two major Brazilian cities showing relevant risk indicators related to the planning of the airport risk management system.

Sumário

1. Introdução.....	1
1.1. Justificativa.....	4
1.2. Motivação do tema.....	6
1.3. Estrutura do trabalho	11
2. Revisão de Literatura	12
2.1. Segurança Operacional da ICAO (Safety).	13
2.2. Metodologias Operacionais não convencionais	16
2.3. Risco de incursão em pista	19
2.4. Risco de Fauna	21
2.5. Risco de FOD	23
2.6. Indicadores de segurança operacional.....	25
2.7. Tabelas de classificação da Segurança Operacional da ICAO.....	26
2.8. Controle de riscos operacionais no Brasil.....	30
2.8.1. Prevenção a eventos de Segurança Operacional.....	45
3. Estudo de Caso.....	48
3.1. Justificativa.....	50
3.2. Proposição do projeto fuzzy.....	52
3.3. Definição dos Riscos do Estudo.....	53
3.4. Riscos na área de movimento.....	54
3.5. Critérios e Fatores Contribuintes dos Riscos	55
3.5.1. Critérios e Fatores Contribuintes para o risco de dano por Fauna :.....	55
3.5.2. Critérios e Fatores Contribuintes para o risco de dano por FOD :.....	55
3.5.3. Critérios e Fatores Contribuintes para o risco de dano por Incursão em Pista : 56	
3.5.4. Critérios e Fatores Contribuintes para o risco de dano por Ocorrência de Solo : 57	
3.5.5. Critérios e Fatores Contribuintes para o risco de dano por Ocorrência de Acidente :.....	58
3.5.6. Critérios e Fatores Contribuintes para o risco de dano por Ocorrência de Incidentes :	59
3.6. Diagrama de Riscos de Segurança Operacional.....	61
4. Metodologia	63
4.1. Índice Fuzzy para Especialistas.....	68

4.2. Índice Fuzzy de Risco Operacional.....	72
4.4.1. Entradas (Inputs).....	74
4.4.2. Saídas (Outputs).....	74
5. Dados.....	79
6. Resultados e Discussão	81
7. Conclusão	87
Referências Bibliográficas.....	90
Apêndice 1 – Formulário de classificação de especialistas.....	97
Apêndice 2 – Questionário de avaliação de risco operacional na área de movimento...	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Conceito da causa de um acidente.....	01
Figura 02: Modelo do Queijo Suíço de Reason.....	02
Figura 03: Identificação do Perigo.....	07
Figura 04: Acidentes por Categoria.....	14
Figura 05: Quase colisão por incursão em pista.....	20
Figura 06: Ficha de Avistamento de fauna.....	22
Figura 07: Ficha de Inspeção de Fauna.....	23
Figura 08: Representação do ALARP.....	25
Figura 09 Exemplo de estatística para análise de risco de AVEFAUNA.....	31
Figura 10: Exemplo de estatística para análise de risco de FOD.....	32
Figura 11 Exemplo de estatística para análise de risco de ocor. Aeronáuticas.....	33
Figura 12 Exemplo de estatística para análise de risco de ocor. de solo e pista....	34
Figura 13 Ações de prevenção a danos.....	45
Figura 14: Mapa do Brasil e aeroportos analisados na metodologia.....	49
Figura 15: Riscos de Segurança Operacional.....	52
Figura 16: Diagrama de Riscos de Segurança Operacional de Dia e de Noite.....	62
Figura 17: Esquematização do espaço amostral do conjunto de especialistas por tempo de especialização.....	68
Figura 18: Gráfico de Nível de experiência de especialistas.....	69
Figura 19: Termos linguísticos (input ou output).....	77
Figura 20: Índices fuzzy de risco pela percepção de especialistas na área de movimento.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 01:	Lista de Categorias de Acidentes.....	15
Tabela 02:	Tabela de Probabilidade ICAO.....	27
Tabela 03:	Tabela de Severidade ICAO.....	27
Tabela 04:	Tabela de Classificação ICAO.....	28
Tabela 05:	Tabela de Tolerabilidade ICAO.....	29
Tabela 06:	Indicadores de Desempenho para Acompanhamento.....	36
Tabela 07:	Definição de Envio e Prazos.....	43
Tabela 08:	Classificação dos Eventos de Segurança Operacional.....	44
Tabela 09:	Safety risk probability table.....	66
Tabela 10:	Níveis de pertinência de Experiência de Especialista.....	70
Tabela 11:	Centroides para fuzzyficação de níveis de especialização.....	70
Tabela 12:	Safety risk probability table.....	76
Tabela 13:	Tabela de Pontuação dos Especialistas.....	79
Tabela 14:	Tabela de Pontuação de Possibilidade de Risco.....	81
Tabela 15:	Tabela de Possibilidade (fuzzy)	81
Tabela 16:	Tabela de Classificação (metodologia fuzzy)	82
Tabela 17:	Tabela de Tolerabilidade (metodologia fuzzy)	83
Tabela 18:	Tabela de Pontuação de Possibilidade de Risco.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACI	<i>Airports Council International</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AISO	Análise de Impacto sobre a Segurança Operacional
ALARP	<i>(As Low Reasonably Practicable)</i> - tão baixo quanto praticavelmente possível;
ALARP	<i>As Low As Reasonably Practicable</i>
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ATACCS	<i>Automation in Command and Control Systems</i>
ATC	<i>Air Traffic Controller</i>
ATM	<i>Air Traffic Management</i>
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
COMAER	Comando da Aeronáutica
CSO	Comissão de Segurança Operacional
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
ESO	Eventos de Segurança Operacional
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FOD	<i>Foreign Object Debris</i>
GA	<i>General Aviation</i>
GHS	<i>Ground Handling Services</i>
GS	Gerência de Solo
GSO	Gerência de Segurança Operacional
IAHP	<i>Index Analytic Hierarchy Process</i>
IATA	International Air Transport Association
ICA	Instrução do Comando da Aeronáutica
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>
MCA	Manual do Comando da Aeronáutica
NASO	Nível Aceitável de Segurança Operacional

NSCA	Norma de Segurança do Comando da Aeronáutica
NSCA	Norma do Sistema do Comando da Aeronáutica
PESO	Procedimento Específico de Segurança Operacional
PESO-OS	Procedimento Específico de Segurança Operacional para Obras e Serviços
PGRF	Programa de Gerenciamento do Risco da Fauna
PSO	Programa de Segurança Operacional
PSOE	Programa de Segurança Operacional Específico
PSOE	Programa de Segurança Operacional Específico
RBAC	Regulamento Brasileiro de Aviação Civil
RELPREV	Relatório de Prevenção
RESA	<i>Runway End Safety Area</i>
RIM	<i>Runway Incursion Mitigation</i>
SARP	<i>Standards and Recommended Practices</i>
SGSO	Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes
SMM	Safety Management Manual
SMS	<i>Safety Management System</i>
SPI	Superintendência de Planejamento Institucional
TASM	<i>Total Apron Safety Management</i>
SIA	Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária – ANAC

DEFINIÇÕES E CONCEITOS

AERÓDROMO - Área definida de terra ou de água (que inclui todas suas edificações, instalações e equipamentos) destinada total ou parcialmente à chegada, partida e movimentação de aeronaves na superfície.

AEROPORTO - Aeródromo público dotado de instalações e facilidades para apoio de operações de aeronaves e de embarque e desembarque de pessoas e cargas.

ANÁLISE DE IMPACTO SOBRE A SEGURANÇA OPERACIONAL (AISO) - resultado do processo de gerenciamento de risco, consolidado em um formulário padronizado.

ÁREA DE MANOBRAS - Parte do aeródromo destinada ao pouso, decolagem e táxi de aeronaves, excluídos os pátios.

ÁREA DE MOVIMENTO - Parte do aeródromo destinada ao pouso, decolagem e táxi de aeronaves e está integrada pela área de manobras e os pátios.

COMISSÃO DE SEGURANÇA OPERACIONAL (CSO) - grupo de pessoas, designado por Ato Administrativo, pertencentes à administração do aeródromo, destinado a assessorar o responsável pela gestão do aeródromo no processo de gerenciamento do risco.

EVENTO DE SEGURANÇA OPERACIONAL (ESO) - significa acidentes, incidentes graves, incidentes, ocorrências de solo, ocorrências anormais ou qualquer situação de risco que cause ou tenha potencial de causar dano, lesão ou ameaça à viabilidade da operação aeroportuária ou aérea.

GERENCIAMENTO DE RISCO DA SEGURANÇA OPERACIONAL - processo contínuo que inclui a identificação de perigos, realização de análise das consequências dos perigos, avaliação dos riscos decorrentes do perigo identificado, proposição de ações de mitigação do risco ou eliminação do perigo e avaliação da eficácia das ações propostas. É a identificação, avaliação, eliminação do perigo ou mitigação dos riscos que ameaçam a segurança operacional relacionada às operações.

INCURSÃO EM PISTA (RUNWAY INCURSION - RI) - Toda ocorrência em aeródromo constituída pela presença incorreta de aeronave, veículo ou pessoa na zona protegida de uma superfície designada para o pouso ou para a decolagem de uma aeronave.

METODOLOGIA PREDITIVA - processo de gerenciamento de riscos fundamentado na análise e interpretação de tendências, para projeção de situações de perigo que possam advir do desenvolvimento operacional e tecnológico projetado para o Aeroporto à partir dos índices de crescimento consolidados e das perspectivas de crescimento futuro, e da absorção de novas tecnologias, de forma a viabilizar o planejamento e a adoção de medidas adequadas para a sua neutralização.

METODOLOGIA PREVENTIVA - processo de gerenciamento de riscos estruturado a partir da prospecção de perigos mediante a análise e revisão de processos e procedimentos operacionais, pesquisas e entrevistas de segurança operacional e da análise de relatórios de vistorias, inspeções e auditorias, de forma a identificar antecipadamente perigos potenciais, com vistas a antecipação de medidas destinadas à sua prévia eliminação ou mitigação.

METODOLOGIA REATIVA - processo de gerenciamento de riscos que se realiza por meio da identificação de perigos e da análise, avaliação, classificação e tratamento dos riscos associados, identificados a partir de relatórios de investigação de acidentes e incidentes, bem como dos relatos obrigatórios e voluntários de aviação civil.

PERIGO - Condição, objeto ou atividade com potencial para causar lesões às pessoas, danos ao patrimônio, perda de pessoal ou redução da habilidade de desempenhar determinada função.

PROCEDIMENTO ESPECÍFICO DE SEGURANÇA OPERACIONAL (PESO) - denominação atribuída a documento onde se encontram detalhadas e documentadas as medidas para eliminação ou mitigação dos riscos referentes a evento ou perigo identificado.

PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DO RISCO DA FAUNA (PGRF) é o documento que consolida os requisitos estabelecidos para o gerenciamento do risco representado pela presença de animais dentro do sítio aeroportuário e seu entorno.

RISCO – A possibilidade de um evento ocorrer e suas consequências se efetivamente ocorrer. É a avaliação das consequências de perigo, expresso em termos de probabilidade e severidade, utilizado como referência a pior condição possível.

RUNWAYS – pistas de pouso e decolagens de aeronaves.

SEGURANÇA OPERACIONAL (SAFETY) - estado no qual o risco de lesões a pessoas ou danos a bens se reduz ou se mantém em um nível aceitável, ou abaixo deste, por meio de processo contínuo de identificação de perigos e gestão de riscos.

SERVIÇOS DE RAMPA OU GHS (GROUND HANDLING SERVICES) - abreviadamente Handling, é uma designação inglesa que abrange todos os serviços prestados em terra para apoio às aeronaves, passageiros, bagagem, carga e correio. Estes serviços podem ser prestados pelos próprios aeroportos ou por empresas externas. Caso este serviço seja prestado pelas companhias aéreas aos seus próprios aviões, e passageiros, designa-se por auto-handling. Nos serviços de "rampa" incluem-se: manutenção de rotina; estacionamento; carregamento e descarregamento de bags, pax e carga; fornecimento de energia; de-icing (remoção de neve e gelo); pushback; abastecimento de combustível e óleo; catering (abastecimento de alimentos e bebidas); limpeza dos aviões (interior e exterior).

SEVERIDADE DO RISCO - As consequências possíveis de uma situação de perigo à Segurança Operacional, tomando como referência a pior condição possível.

SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA OPERACIONAL (SGSO) - conjunto de ferramentas gerenciais e métodos organizados de forma sistêmica para apoiar as decisões a serem tomadas por determinado provedor de serviço da aviação civil em relação ao risco de suas atividades diárias.

TAXIWAYS – pistas de movimentação de aeronaves.

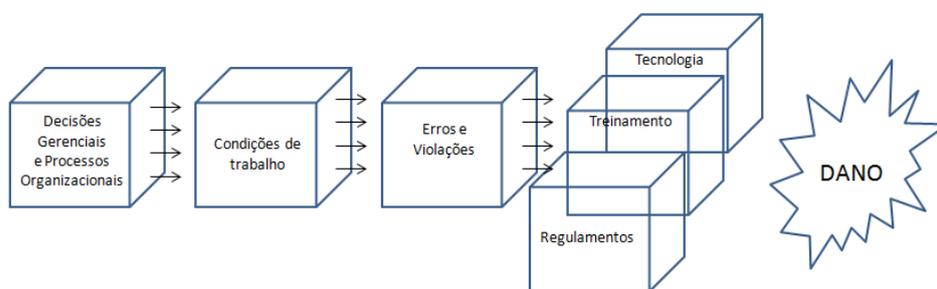
THEIL - é um índice de medida estatística da distribuição de renda. O índice de Theil é dado pelo logaritmo neperiano da razão entre as médias aritméticas e geométricas da renda familiar per capita média. Se a razão entre as médias for igual a 1, Theil será igual a zero, indicando perfeita distribuição. Quanto maior a razão entre as médias, maior será o valor para o índice de Theil, e pior será a distribuição.

TOLERABILIDADE AO RISCO - limiar de aceitação por determinada pessoa, natural ou jurídica, da expectativa de perdas ou redução de capacidade ou produtividade, lesões físicas ou danos materiais em determinado período de exposição a perigo identificado.

ZONA PROTEGIDA - a própria pista ou a parte nivelada de uma faixa de pista, a zona livre de obstáculo na área de manobras, principalmente nos pontos de espera e nas vias destinadas aos veículos terrestres.

1. Introdução.

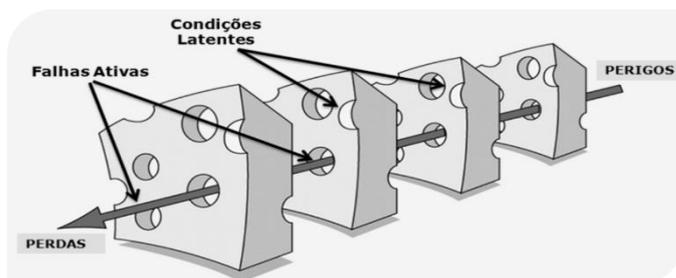
A segurança operacional (safety) nas áreas de movimento de aeronaves (pátios e pistas) dos aeroportos é uma constante preocupação das administrações aeroportuárias. Os controles de riscos nas áreas de movimento são definidos por órgãos internacionais, tais como, a ICAO (International Civil Aviation Organization), FAA (Federal Aviation Administration), ACI (Airports Council International) e IATA (International Air Transport Association). Os procedimentos de segurança operacional se assemelham em todo o mundo, através de estatísticas, relatórios de inspeção, relatórios de risco operacional e informações em formulários próprios de prevenção de acidentes. Através da análise desses relatórios as administrações aeroportuárias estabelecem ações para mitigar os riscos de danos a pessoas e a bens que podem causar grandes prejuízos financeiros e minar a confiança dos usuários no transporte aéreo e no transporte aéreo. Embora os efetivos esforços no sentido de ampliar a segurança operacional nos aeroportos, é preciso reconhecer que não existe atividade humana ou sistema feito pelo homem totalmente livre de riscos e erros, as falhas continuarão a ocorrer, apesar de todos os esforços da prevenção. REASON (1990), psicólogo inglês, desenvolveu um modelo organizacional para explicar a causa dos acidentes em sistemas tecnológicos complexos, nos quais podemos inserir a segurança operacional nas áreas de movimento de aeronaves em aeroportos. A teoria se fundamenta no princípio de que os acidentes organizacionais não ocorrem devido a um único erro humano, mas sim pela interconexão de vários fatores nos diversos níveis da organização (Fig. 01).



Fonte: baseado em ICAO (2013), Figure 2-2. The concept of accident causation.

Figura 01 – Conceito da causa de um acidente.

Uma falha nos procedimentos organizacionais é a oportunidade para o acidente ocorrer. As causas dos acidentes são representadas no modelo de defesas do “queijo suíço” (Fig. 02), que demonstra o surgimento de um acidente através da possibilidade de se transpor os “buracos” nas fatias do queijo ao mesmo tempo, REASON (2000). Esses “buracos” nas fatias do queijo representam defeitos nas barreiras e proteções do processo e surgem por duas razões: condições latentes e falhas ativas. As condições latentes produzem condições que levam ao erro, pois provocam falhas que podem ficar “adormecidas” por muito tempo até que culmine num acidente. As falhas ativas são atos inseguros cometidos por pessoas, ou seja, são os descuidos, esquecimentos, lapsos, deslizamentos e violação de procedimentos. Na teoria do queijo suíço, quando um evento adverso ocorre o importante não é quem cometeu o erro, mas sim como e porque as barreiras falharam.



Fonte: REASON (2000)

Figura 02 – Modelo do Queijo Suíço de Reason.

Acidentes em aviação são fatos que podem ser considerados raros. Assim, se torna difícil o estabelecimento de relações estatísticas seguras para um sistema de prevenção baseado em fatos/ocorrências, LOFQUIST (2010), WILKE *et al.* (2014). De outra forma, as ocorrências não são lineares como pode ser entendido dos sistemas de gestão de risco em uso nos aeroportos WILKE *et al.* (2013), STUDIC *et al.* (2015). Um exemplo de acidente catastrófico em área de movimento de aeronaves em aeroportos foi o ocorrido no Aeroporto de Los Rodeos, na Ilha de Tenerife, uma das Ilhas Canárias, Espanha, em 27 de março de 1977, onde uma série de acontecimentos, incluindo, terrorismo em outro aeroporto causando excesso de aeronaves no aeroporto (inclusive

aeronaves estacionadas em taxiways), erros de comunicação, condições meteorológicas e falhas humanas, com incursão em pista, culminou no acidente que matou 583 pessoas, o maior acidente aéreo ocorrido na história da aviação. Apesar de catastrófico, esse acidente é típico de um evento em área de movimento, pois as aeronaves envolvidas no acidente estavam em solo, sendo uma em procedimento de decolagem. Outro exemplo de acidente catastrófico em área de movimento ocorreu com o voo Aeroflot-3352, de um Tupolev-154 em uma rota doméstica de Krasnodar a Novosibirsk, com um pouso em Omsk, uma cidade russa chave no sudoeste da Sibéria. Ao aterrissar no aeroporto de Omsk na quinta-feira, 11 de outubro de 1984, a aeronave bateu em veículos de manutenção na pista, matando 174 pessoas a bordo e quatro no chão. Enquanto uma cadeia de erros nas operações aeroportuárias contribuiu para o acidente, sua principal causa foi um controlador de tráfego aéreo que adormeceu no serviço, até 2015 este era o acidente de aviação mais mortal no território russo. Mais um exemplo de acidente fatal por incursão em pista ocorreu com o voo TWA-427 que era um voo regular de passageiros, que partira de Lambert, em St. Louis International Airport, Bridgeton, Missouri, USA, em 22 de novembro de 1994, operava usando um McDonnell Douglas MD-82. Na decolagem, atingiu um Cessna 441 Conquest II, que havia entrado por erro do piloto na pista 30R, ao invés da 30L, matando os dois ocupantes. Esses acidentes seriam evitados se os erros (falhas humanas) não tivessem ocorrido.

Para REASON (1990), erros são as “circunstâncias em que as ações planejadas não conseguem atingir o resultado desejado”. Geralmente são resultados de circunstâncias além do controle das pessoas que cometem os erros e que os sistemas ou processos que dependem da “perfeição” humana são inerentemente defeituosos. As causas dos erros humanos possuem origem em vários fatores como: falha de comunicação, falta de treinamento eficaz, falha de memória, negligência, equipamentos mal projetados, cansaço, fadiga, falta de informação, condições de trabalho ruidosas, outros fatores pessoais e ambientais. O elemento humano está mais vulnerável às influências externas que podem afetar negativamente seu desempenho, levando-o ao erro ou violação, portanto, os erros acontecem e devem ser controlados. Os riscos e erros são aceitáveis em um sistema implicitamente seguro, quando os mantemos sob controle, e nesse contexto, a principal prioridade é a de identificar perigos, riscos e fatores contribuintes e como eles ocorrem. No contexto deste trabalho se desenvolve uma metodologia baseada

em lógica Fussy que busca inserir a percepção pelos especialistas dos fatores de risco, considerados no SGSO para a definição de uma probabilidade mais acurada de riscos. Importante notar que a abordagem dá ao especialista a liberdade de considerar os fatores observados através de estatísticas do aeroporto e também de eventos que não estão nas estatísticas, mas fazem parte de sua percepção.

1.1. Justificativa.

Os perigos e possíveis riscos existentes em áreas de movimento de aeronaves sofrem aumento ou diminuição na probabilidade de ocorrer quando correlacionados com alguns fatores contribuintes individualmente ou em conjunto, colaboram para um aumento ou diminuição da ocorrência de danos. A percepção de risco por parte dos profissionais que trabalham na fiscalização da área de movimento representa uma síntese de todas as condições que envolvem possíveis danos causados por erros em procedimentos das atividades nos pátios e pistas dos aeroportos. A administração aeroportuária e os responsáveis pela segurança operacional dos aeroportos deveriam considerar os riscos, não só baseados em registros e estatísticas, mas principalmente na percepção dos profissionais especialistas em atividades operacionais e segurança operacional.

Danos podem ser considerados consequência de eventos e comumente chamados de acidente, os estudos de segurança operacional tentam estabelecer métodos matemáticos crisp ou o correspondente na teoria dos conjuntos, a lógica booleana, contudo este estudo procura ampliar esse horizonte analítico para contemplar as percepções dos especialistas em pátios e pistas de aeroportos através de uma metodologia multifatores e multicritério difusa.

Essa metodologia multifatores e multicritério difusa comumente chamada de lógica fuzzy é um método matemático, considerado eficiente, para tratar a percepção humana de fatores ocorridos e possíveis de ocorrer de forma sistêmica, baseando-se na lógica de conjuntos. Segundo VON ALTROCK (1996) um dos grandes objetivos inerentes a lógica fuzzy é o de se aproximar em sua lógica, da forma com que o raciocínio humano relaciona as informações buscando respostas aproximadas aos problemas, por isso o grande foco desta lógica é a solução de problemas cujas informações presentes sejam incertas.

Este estudo apresenta uma adição do uso da lógica fuzzy à metodologia de avaliação de riscos na movimentação no solo no lado aéreo do aeroporto (pátios e pistas), buscando aperfeiçoar e preencher a metodologia existente no que concerne a não linearidade do sistema e à consideração de eventos ainda não ocorridos no aeroporto, segundo a percepção dos especialistas. Os profissionais que mais presenciam ocorrências em pátios e pistas de forma conjunta e diária são aqueles que pertencem à administração aeroportuária, identificados como Fiscais de Pátios e como Controladores de Solo, que são os profissionais responsáveis pela fiscalização da movimentação das aeronaves, veículos e pessoas nos pátios e pistas dos aeroportos, entre outros. A percepção desses profissionais é uma síntese de todas as atividades que ocorrem diariamente nas áreas de movimento dos aeroportos e que envolvem procedimentos e atividades fundamentais para a aviação no aeroporto, para que um voo possa ocorrer de forma segura.

Quando uma atividade coloca a segurança operacional em risco, esses profissionais conseguem identificar e aumentar o conhecimento das percepções dos riscos existentes na área de movimento de aeronaves do aeroporto. Essas percepções fazem parte do conhecimento humano e a cada nova ocorrência, o especialista forma uma nova concepção de opinião sobre o risco. Consideramos que há necessidade que os gestores dos aeroportos e gestores da segurança operacional considerem a percepção desses profissionais, para mensurar um risco. Neste estudo, a captação dessa percepção será executada através de formulário próprio (Apêndice 1) onde estarão as pontuações da percepção dos especialistas dos riscos potencialmente existentes na área de movimento do aeroporto.

Quando os fiscais e controladores de solo respondem aos questionários de avaliação de riscos, eles na verdade estão transferindo para o questionário, o conjunto de percepções de riscos que eles vivenciaram. Um modelo matemático para ocorrências em área de movimento apresenta duas grandes dificuldades: a primeira é como estabelecer dados confiáveis; e como estimar coeficientes significativos para a influência de cada variável, dado o pequeno número de ocorrências de pátios e pistas em cada aeroporto; assim, esta pesquisa procura atender essas duas dificuldades. Os estudos de gestão de segurança operacional procuram estabelecer um modelo matemático que mensure um indicador de risco de ocorrência de danos a pessoas e bens, WILKE *et al.* (2014).

O modelo de referência da Lógica Fuzzy capta a lógica da mente humana e sua notável capacidade de operar com informação baseada na percepção, sem quaisquer mensurações ou computações. A partir da verificação da eficiência desse modelo, de identificar imprecisão e incerteza, foi verificado que tal modelo se adequaria perfeitamente na determinação de um índice de riscos nos pátios e pistas dos aeroportos, por se tratar de condições imprecisas de mensuração da mesma forma reconhecida por PACHECO *et al.* (2014), para riscos de acidentes durante os procedimentos de pouso ou decolagem.

1.2. Motivação do tema.

Os modelos convencionais utilizados no Brasil e no mundo se baseiam em avaliação de riscos a partir de estatísticas e relatórios de vistorias periódicas, em que o gestor do pátio ou o responsável pelo SGSO (Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional) avalia o risco baseando-se nessas informações. Nesse sentido, essas avaliações são muito subjetivas, visto que as informações se baseiam na participação, não obrigatória, dos profissionais que trabalham na área de movimento de aeronaves no aeroporto, preenchendo relatórios de perigo, estatísticas de ocorrências de danos a pessoas e bens. As estatísticas se referem aos quantitativos de comparação em relação a períodos anteriores, ou seja, fatos já ocorridos e que demandaram identificação de riscos, além disso, um mesmo risco pode ser grande ou pequeno, dependendo de vários fatores que não podem ser identificados apenas pelo seu registro ou preenchimento de formulário, por exemplo: a quantidade de FOD (foreign object debris) e o dano causado por esse objeto estranho se caracteriza pelo grande paradoxo entre a simplicidade do fator causador e o gigantismo de suas consequências. Um pequeno parafuso pode destruir uma turbina de centenas de milhares de dólares em um mero desleixo, como esquecê-lo na entrada de ar do motor pode ser a origem de um acidente que resulte na destruição da aeronave e na morte de seus ocupantes. Diante de fatos ocorridos na área de movimento, a análise dos danos e a caracterização do nível de risco pela metodologia atual, na prática, se dão através de informações da parte aparente do “iceberg”, não considerando o todo (Fig 03).



O foco para a identificação de perigos



Figura 03 – Identificação do Perigo, Fonte: ANAC, Seminário de Gerenciamento de Segurança Operacional (2016)

Embora as metodologias que suportam o SGSO dos aeroportos estejam normatizadas e em plena utilização, começam a surgir propostas de cálculo de indicadores que possam determinar de forma mais objetiva a possibilidade e a severidade dos riscos. Atualmente a metodologia de cálculo da severidade dos riscos é baseada em uma análise subjetiva do especialista gestor, além disso, a avaliação não leva em conta a característica do risco e nem os fatores que contribuem para esse risco.

Como exemplo, para o SGSO se forem encontrados dois parafusos na área de movimento em um determinado mês e no mês seguinte forem encontrados quatro parafusos, podemos considerar que o risco aumentou em 100% e essa informação poderá ser considerada para o estudo mitigação do risco, contudo a informação é muito ínfima para considerar em estudo e então temos a questão de confiabilidade dos dados, pois talvez no período anterior houvesse falta de informação.

Assim o gerenciamento depende de informações precisas e que não são comprovadas e que, além disso, o tamanho e espécie de objeto não caracterizam o dano causado e assim as estatísticas são relativas. Outro exemplo dessa dificuldade, no Brasil, possíveis danos causados por animais na área de movimento, são apenas considerados aqueles com peso acima de um quilo e meio, pois abaixo desse peso, os danos são considerados

insignificantes. Por outro lado, os riscos específicos, tais como: FOD; fauna; e incursão em pista; e as necessárias de coletas de dados para a análise de riscos e tratamento dos riscos deverão continuar existindo, mesmo após a criação de um método de cálculo de índice de risco utilizando a Lógica Fuzzy.

O atual modelo de avaliação se torna frágil em sua eficiência e em uma tentativa de melhorá-la, surgem novas propostas de metodologia, LOBIANCO e CORREIA (2013) propõem transformar a atual matriz qualitativa de avaliação do risco de segurança em uma matriz quantitativa, adotando valores para classificar a gravidade do risco em uma taxa exponencial, de modo a atribuir "pesos" para cada ocorrência.

LI e FAN (2016) propõem um modelo de avaliação global do risco de segurança do pátio baseado no índice THEIL adaptado para a realidade de um pátio de aeronaves, que combinado com a experiência e o conhecimento do peso subjetivo para determinar o peso global final, em seguida, com base no peso abrangente, a avaliação difusa e a correlação de nebulosidade são utilizadas para obter os resultados do grau de associação e a ordem de avaliação de risco e assim alcançando o índice de risco dos pátios.

Finalmente, a validade do modelo é verificada por um exemplo, e fornece um método para a avaliação do risco de segurança operacional aeroporto.

Já WILKE *et al.* (2014) propõe um modelo, que fornece um quadro para avaliações de risco integradas de operações aeroportuárias e modela as relações entre as características do aeroporto, e i) a taxa de ocorrências, ii) a gravidade das ocorrências, e iii) os fatores causais subjacentes às ocorrências. Este modelo considera que características dos aeroportos e, em particular, suas infraestruturas e operações, influenciam na segurança das operações da área de movimento. Dos modelos pesquisados esses são os que mais se aproximam da tentativa de se criar uma metodologia que calcule um índice de riscos na área de movimento de um aeroporto.

Um dos principais desafios na área de movimento de aeronaves do aeroporto ocorre devido à grande quantidade diferentes empresas que operam no pátio ao mesmo tempo, cada empresa traz os veículos e equipamentos necessários para sustentar as operações. Isso causa altos níveis de congestionamento nas áreas de rampa, o que aumenta a taxa de acidentes e a má utilização de veículos e equipamentos. Ao se monitorar os tempos desnecessários de utilização e funcionamento dos veículos, o impacto ambiental pode

ser reduzido. No mesmo tempo esse tipo de informação pode levar a economias consideráveis em investimentos e custos operacionais diários, e uma redução nos veículos e equipamentos necessários. Todos os aeroportos devem "gerir" os riscos associados a uma movimentação de aeronave e garantir que a segurança nunca seja comprometida. Estatisticamente, no entanto, o pátio de aeronaves pode ser o lugar mais perigoso em um aeroporto onde tipos incomuns de equipamentos especializados e pessoas com prioridades diferentes se reúnem para realizar seu trabalho, muitas vezes sob pressão significativa das restrições de tempo e espaço.

Assim, o principal objetivo de um SGSO é o de desempenhar ações eficazes para manutenção da segurança operacional do aeroporto, através do monitoramento contínuo das atividades executadas, estabelecimento de condições a serem adotadas e exigidas para garantir a segurança operacional, como por exemplo, a exigência do treinamento. O operador de aeródromo deve implantar e garantir o funcionamento do SGSO de forma que a execução das atividades do aeródromo esteja dentro dos padrões estabelecidos pela ANAC e mantenha níveis aceitáveis de segurança.

A administração do aeródromo deverá formatar programas de formação dos profissionais para executar os procedimentos necessários para os recursos humanos e como consequência trará uma gestão eficaz dos riscos e assim os riscos irão seguramente contribuir para o aumento da competência do aeródromo para reduzir e até mesmo eliminar os acidentes de operação de solo.

A cultura de Segurança Operacional é um conjunto de normas, crenças, atitudes e práticas da comunidade aeroportuária que formatam seus padrões de comportamento, o atendimento a uma aeronave exige o comprometimento de todas as equipes com a segurança operacional.

Este trabalho pretende apresentar uma nova metodologia, complementar a atual existente, modificando a forma de calcular o nível de risco de ocorrências de danos a pessoas e a bens, utilizando a Lógica Fuzzy, através de consulta a especialista da área da aviação aeroportuária, formando uma opinião conjunta das experiências vividas por esses profissionais e assim gerando um índice de pontuação dos riscos analisados.

Não se pretende abandonar o atual método de avaliação de risco utilizado pelos aeroportos sob a orientação, fiscalização e coordenação da ANAC, mas sim,

complementá-lo e aperfeiçoar a confiabilidade das informações sobre os perigos e os níveis de riscos que possam ocorrer em uma área de movimento de um aeroporto.

1.3. Estrutura do trabalho

Esta dissertação está dividida em sete capítulos: introdução, revisão da literatura, metodologia, estudo de caso, dados, resultados e discussão, e conclusão. O **primeiro capítulo** engloba a introdução, na qual são desenvolvidas a contextualização da dissertação, a motivação e os objetivos a serem cumpridos pela pesquisa.

O **segundo capítulo** apresenta uma análise das pesquisas realizadas de outros trabalhos publicados, a visão da ICAO quanto à Segurança Operacional e aquelas publicações que contribuíram para o desenvolvimento e a criação de uma nova metodologia, vinculada aos riscos existentes em uma área de movimento de aeronaves de um aeroporto e como esses riscos são classificados pela ICAO e como são registrados e tratados no Brasil.

O **terceiro capítulo** apresenta uma nova metodologia utilizando à Lógica Fuzzy, comparada com a metodologia tradicional e pretende preencher uma lacuna de informações de riscos ocorridos, porém não registrados e a partir dessas informações, gerar índices de riscos para a área de movimento de aeronaves em aeroportos.

O **quarto capítulo** apresentará o estudo de caso, que será o próprio atualmente utilizado e realizado para verificação prática do modelo de maturidade, com a criação, definição e descrição dos riscos de danos às pessoas e a bens, além dos fatores contribuintes para a ocorrência do dano em cada um dos seis riscos, apresentará um diagrama de riscos de segurança operacional com os três níveis de multicritérios fuzzy de riscos, por fim, fará a apresentação da metodologia de fuzzificação e desfuzzificação, aplicada ao caso estudado.

O **quinto capítulo** apresentará os dados de entrada para o processamento da nova metodologia, após as etapas de coleta de dados, diagnóstico e análise dos resultados. O **sexto capítulo** apresentará os resultados obtidos e fará uma análise dos mesmos. Finalmente, o **sétimo capítulo** apresentará as considerações finais, com as contribuições do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

2. Revisão de Literatura

Não foram encontrados muitos estudos e metodologias que avaliassem riscos na área de movimento de aeronaves de forma conjunta, ou seja, se considerarmos os principais riscos, tais como: risco de acidentes em solo, risco de danos com animais, risco de danos por incursão em pista e risco de dano pela presença de lixo ou objetos estranhos, de uma forma geral esses riscos são avaliados de forma individual. O principal método é aquele preconizado pela ICAO (2013), contida no documento 9859, Safety Management Manual (SMM). Dessa forma, este estudo pretende criar uma metodologia de avaliação de riscos na área de movimento de aeronaves, analisando os principais riscos de forma conjunta, gerando assim, um resultado de índice de risco para o aeroporto, verificando o risco total, risco de dia e risco à noite.

2.1. Segurança Operacional da ICAO (Safety)

As suplementações da ICAO no Anexo 11 - Serviços de Tráfego Aéreo e Anexo 14 - Aeródromos, estabelecem a necessidade de um SGSO (Sistema de Gestão da Segurança Operacional), ICAO, 2001. Também em 2001, a ICAO lançou o Doc 9859, SMM - Safety Management Manual, onde recomenda que a partir de novembro de 2006 os Estados devem estabelecer um programa de segurança operacional, que permita que alcancem um NASO (Nível Aceitável de Segurança Operacional) em suas atividades da aviação civil. Em sua segunda edição (2009), o Doc 9859, estabelece um guia para implementação de um SGSO (Sistema de Gestão da Segurança Operacional) e PSOE (Programa de Segurança Operacional de um Estado). Segurança operacional é definida pela ICAO como: [...] o estado no qual o risco de lesões às pessoas ou danos às propriedades é reduzido e mantido em, ou abaixo de, um nível aceitável, mediante um contínuo processo de identificação de perigos e gerenciamento de riscos. A partir das recomendações SARP (Standards and Recommended Practices), da ICAO, o Brasil como um dos estados membros, passou a adotar o SGSO e este gerenciará os riscos existentes na área de movimento do aeroporto. Segundo SANTOS (2014), em 2008 o Brasil instituiu o Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil (PSO-BR), dividido em Programas de Segurança Operacional Específicos para a ANAC, de acordo com o Decreto nº 6.780 e o PSOE-COMAER (Programa de Segurança Operacional Específico do Comando da Aeronáutica). No Brasil o setor que deve manter o SGSO é a GSO (Gerência de Segurança Operacional), que é o responsável pela alocação de recursos para provimento de necessidades que visam à adoção de medidas de prevenção, esses recursos são: financeiros, tecnológicos, humanos e de informação.

O manual ICAO sobre Certificação de Aeródromos especifica que: "O operador do aeródromo deve estabelecer um Sistema de Gestão de Segurança para o aeródromo". Todo aeroporto deve ter um SMS (*Safety Management System*), pois a maior preocupação com danos a pessoas e bens deriva de acidentes aeronáuticos em voos, contudo, os acidentes e incidentes aeroportuários nos pátios de responsabilidade da GS (gerência de solo) representam um grande percentual, sendo o terceiro maior responsável por acidentes aéreos. Para manter os riscos e erros sob controle foi regulamentado o Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional – SGSO, que é

um conjunto organizado de processos e procedimentos e reúne todos os provedores da aviação, integrando regras e práticas.

Na Europa, os administradores de aeroportos identificaram a necessidade de atentar mais para os riscos existentes em uma área de movimento de aeronaves e que são tão importantes quanto os riscos de um voo.

Numa conferência ATACCS (2015), sobre automação de sistemas, STUDIC e MAJUMDAR (2015), a partir de um contraste entre os raros acidentes aéreos e os danos no transporte por via terrestre que não se relacionam apenas com acidentes com aeronaves, onde este último apresenta perdas financeiras diárias à indústria da aviação dezenas de milhões de dólares por ano, propõe a transição do gerenciamento de voo para o conceito de gerenciamento de solo, onde o sistema de gerenciamento de tráfego aéreo, ATM (*Air Traffic Management*), inclui esse controle ao pátio de aeronaves do aeroporto, com objetivo de melhorar a relação custo-eficácia, flexibilidade, previsibilidade e pontualidade dos Serviços de Manuseio Terrestre, GHS (*Ground Handling Services*) no pátio, pois a segurança no pátio é completamente negligenciado.

Em seus dois últimos relatórios a ICAO e a IATA, em conjunto, geraram um gráfico (Fig. 04 e Tabela 01) de acidentes aéreos anuais de acordo com as fases dos voos.

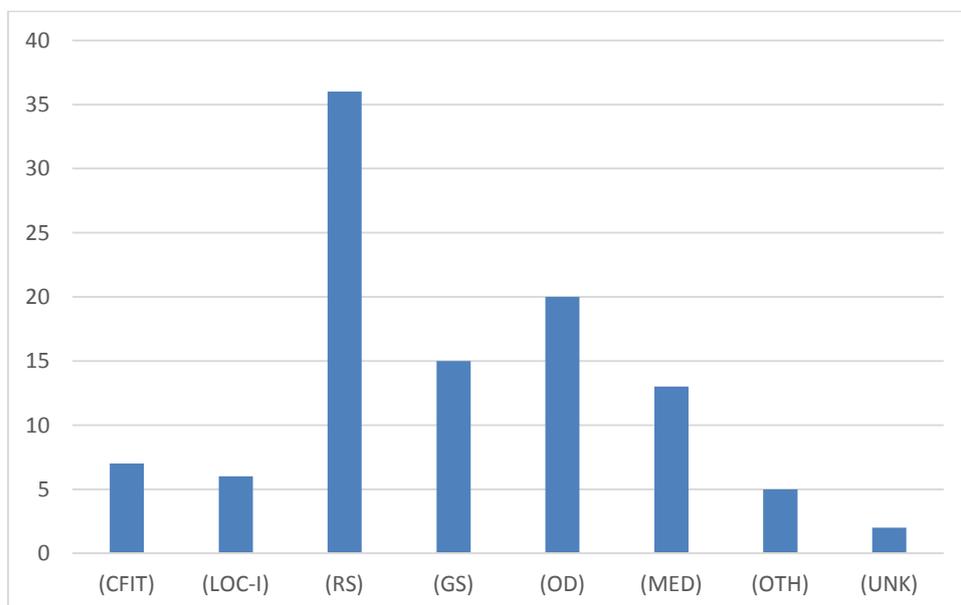


Figura 04. Acidentes por Categoria

Tabela 01 – Lista de Categorias de Acidentes

(CFIT)	Controle de Voo em terra
(LOC-I)	Perda de controle em voo
(RS)	Segurança em pista
(GS)	Segurança de solo
(OD)	Danos Operacional
(MED)	Lesões e / ou Incapacidade de Pessoas
(OTH)	Outros
(UNK)	desconhecido

Verifica-se que a segurança operacional (GS) da área de movimento possui o terceiro maior quantitativo de acidentes anuais em aeroportos mensurando a grande importância a ser dada a essa área (Fig. 04).

2.2. Metodologias Operacionais não convencionais

Para riscos às operações de serviços auxiliares e serviços de rampa, as operações de aeronaves em áreas de GHS em pátios de aeroportos são caracterizados por ter um espaço limitado ao serviço e grande pressão de trabalho, com funcionários mantendo-os ocupados ao mesmo tempo, enquanto os aviões estão pousando e decolando. Na verdade, este problema tornou-se um dos principais fatores que levam acidentes na área de movimento do aeródromo, dentro da gestão de risco pode haver quatro aspectos do problema a ter em mente: os funcionários, instalações ou equipamentos, o ambiente e a gestão.

WANG *et al.* (2006), para identificar os quatro fatores relacionados, criou um método chamado IAHP, baseado na metodologia AHP (Analytic Hierarchy Process), que é um método para auxiliar as pessoas na tomada de decisões complexas baseado-se em hierarquia e relação entre os elementos e peso numérico de cada evento. Nesse IAHP cada um dos quatro fatores de um GHS, pessoal, material, ambiente e gestão, as medidas a serem tomadas são sugeridas de acordo com a necessidade de avaliação.

As sugestões estão voltadas para condições favoráveis, tais como boa iluminação, arranjo de equipamento limpo e arrumado, identificação clara e fácil de sinalização vertical e horizontal de vias, pistas e acesso e assim por diante.

Já LI e FAN (2016), com o objetivo de avaliar o risco de segurança no pátio do aeroporto, utilizando-se de uma visão abrangente e integrada de quatro itens, os funcionários, instalações ou equipamentos, o ambiente e a gestão, combinando o método quantitativo com o método qualitativo, propõem um modelo de avaliação global do risco de segurança do pátio baseado no índice THEIL. O índice calcula a incerteza de um evento e o conteúdo dependente da probabilidade de ocorrência desse evento, se o resultado ficar próximo a 1 ($p \sim 1 \Rightarrow$) tem baixo conteúdo informativo, se próximo a 0 ($p \sim 0 \Rightarrow$), o evento tem alto conteúdo informativo. Primeiro, o peso objetivo é calculado pelo índice THEIL, combinado com a experiência e o conhecimento do peso subjetivo para determinar o peso global final. Em seguida, com base no peso abrangente, a avaliação difusa e a correlação de nebulosidade são utilizadas para obter os resultados do grau de associação e a ordem de avaliação de risco específica dos pátios é alcançada. Finalmente, a validade do modelo é verificada e fornece um método

dito eficaz para a avaliação do risco de segurança na área de movimento de aeronaves do aeroporto.

LI e FAN (2016), afirmam que mais da metade dos acidentes de segurança do pátio são causados pelos erros dos atendentes e por isso desenvolveram um modelo quantitativo para avaliar os fatores de risco de segurança da aviação como um meio de aumentar a eficácia do sistema de gestão de riscos de segurança, integrando o método da escala linguística fuzzy, o modo de falha, os efeitos e o princípio da análise crítica, através de análise do índice THEIL, utilizando os seguintes itens: Fatores ambientais, Fatores de gestão, equipamentos e facilidades, e fator humano.

SKORUPSKI (2016), afirma que os métodos de avaliação de risco que foram aplicados até agora foram insuficientes, uma vez que a classificação das combinações tanto da probabilidade quanto das consequências de um evento é de muito difícil avaliação. Propõe uma matriz de risco difusa em que tanto a probabilidade quanto a gravidade (severidade) das consequências são expressas por variáveis linguísticas enquanto a avaliação de risco é feita pelo sistema de inferência difusa. Um modelo baseado em redes de Petri (modelagem de um sistema distribuído que define, graficamente, a estrutura como um grafo direcionado com comentários) foi usado para avaliar a probabilidade de colisão de aeronave, enquanto o conhecimento especializado é implementado pelo computador na forma de regras de inferência difusa e usado para estimar as consequências. As experiências realizadas com esta ferramenta permitiram avaliar o risco de um incidente de trânsito do tipo incursão em pista transformar-se em um acidente a um nível tolerável.

STUDIC *et al.* (2016) afirma que em contraste com a segurança do transporte aéreo, a segurança no transporte por via terrestre (solo) não se relaciona apenas com acidentes com aeronaves, mas também com a Saúde e Segurança no Trabalho dos funcionários que trabalham nos pátios do aeroporto. A segurança nos serviços auxiliares (GHS) custa à indústria da aviação dezenas de milhões de dólares por ano, o que levanta as questões sobre a eficácia do gerenciamento linear de risco de segurança desses. Propõe utilizar a teoria da segurança de ponta para justificar e destacar a necessidade de uma abordagem sistêmica para o gerenciamento de risco de segurança do GHS no pátio. Uma modelagem de gerenciamento total de segurança de pátio (TASM - *Total Apron Safety Management*) híbrido, com base na combinação de ressonância funcional. Os dados que

sustentam a estrutura TASM incluem extensa revisão da literatura, 15 observações, 43 entrevistas e julgamento de especialistas em cinco aeroportos internacionais. Os resultados demonstram os benefícios das abordagens lineares sistêmicas em oposição às existentes para análises de segurança retrospectivas e a adequação do quadro TASM para análise e prevenção de ocorrências.

Para WILKE *et al.* (2013), a natureza das operações de solo é tão complexa que requer a entrada, coordenação e cooperação de vários atores. A complexidade dessas operações torna o sistema vulnerável e, portanto, é necessário o desenvolvimento e implementação de um Sistema de Gerenciamento de Segurança (SMS) eficaz. A abordagem atual para gerenciamento de segurança de solo, no entanto, é fragmentada e não integrada. Normalmente, um único tipo de ocorrência é investigado da perspectiva de um participante individual, com a consequência de que as propostas resultantes para medidas de mitigação de segurança são tendenciosas e limitadas em termos de seu impacto. Propõe um quadro para uma avaliação holística do risco das operações de superfície do aeroporto que integra as ações de todas as partes interessadas relevantes. Principal preocupação é o controle de movimento de aeronaves, veículos e pessoas no pátio de aeronaves, para garantir que os riscos de segurança (incluindo, por exemplo, acidentes / incidentes) são identificados, avaliados e adequadamente mitigados, as partes interessadas da aviação são obrigadas a implementar uma Sistema de Gerenciamento de Segurança (SMS). Em particular, a gestão do risco de solo do aeroporto está preocupada com a coleta, investigação e análise de quatro principais tipos de acidentes / incidentes: excursões, incursões / colisões, ataques de vida selvagem e dano por objetos estranhos (FOD).

O risco de cada categoria de acidentes especificados é quantificado, fornecendo uma quebra estruturada de suas causas, juntamente com a probabilidade de ocorrência. Nesse cenário o estudo passa a considerar acidentes com veículos e pessoas. Esse sistema de linha de base pode então ser usado para identificar a vulnerabilidade de segurança de atores humanos, outros componentes e suas interfaces ICAO (2009). Assim, se desenvolve o sistema de linha de base das operações de solo do aeroporto e posteriormente avalia a arquitetura do sistema em termos de riscos de segurança. O termo "operações normais" refere-se às operações de superfície do aeroporto nas quais os seguintes pressupostos são cumpridos:

- Aeronaves, veículos e equipamentos ATC (Air Traffic Controller) não estão seguros contra danos;
- a infraestrutura aeronáutica e da área de movimento do aeroporto que é necessária para operações normais está segura contra danos;
- os atores, ou seja, piloto, motoristas e veículos / pedestres (V/PD) e torre de controle ATC, interagem entre si para operações bem-sucedidas;
- os atores têm o nível adequado de treinamento e são adequados para realizar seu trabalho;
- as condições ambientais não superam as capacidades do aeroporto e seus atores e;
- as operações do aeroporto são realizadas para um nível aceitável de segurança.

2.3. Risco de incursão em pista

Segundo o RBAC nº 153, ANAC (2016), incursão em pista é: ocorrência em aeródromo envolvendo a presença incorreta de aeronave (Fig. 05), veículo ou pessoa na área protegida de uma superfície designada para pouso e decolagem de aeronaves. A presença incorreta é o posicionamento ou movimento inseguro ou indesejável de aeronave, veículo ou pessoa na área protegida, que pode decorrer com ou sem autorização da TWR. Por definição, entrada de animais na pista não se constitui incursão em pista e um veículo ou aeronave que entre numa pista de táxi errada ou sem autorização não é uma ocorrência de incursão em pista. A ocorrência tem que acontecer dentro da área protegida.

A maioria dos estudos pesquisados se refere ao risco de incursão em pista, por ser um risco que possui grande probabilidade de ser catastrófico, para MATHEW *et al.* (2017) a ocorrência de incursões em pistas é uma preocupação importante para a segurança da aviação. Entre 2002 e 2015, houve 16.785 incursões de pista nos aeroportos dos Estados Unidos, que variam em tamanho desde a pequena aviação geral – GA (*General Aviation*) até grandes plataformas aéreas comerciais. Ao examinar os aeroportos com a maior contagem de incursão, acima de 50 nos últimos cinco anos, as categorias predominantes foram grandes centros, que representavam 21 aeroportos e aviação geral (GA) que representavam 16 aeroportos. Em junho de 2015, a FAA (*Administração Federal de Aviação*) anunciou o programa RIM (*Runway Incursion Mitigation*) para

identificar os fatores de risco do aeroporto que poderiam contribuir para uma incursão na pista e desenvolver estratégias para ajudar as partes interessadas do aeroporto a atenuar esses riscos. Os aeroportos de diferentes tamanhos servem diferentes frotas de aeronaves, servem diferentes volumes operacionais e possuem recursos diferentes disponíveis (tanto fundos como tecnologias) para mitigação de incursão. Portanto, é valioso determinar os fatores correlativos que afetam incursões em aeroportos de diferentes tamanhos. Os resultados do modelo indicam que os incidentes operacionais são mais prováveis nos aeroportos grandes do tipo hub, em contraste, nos aeroportos não-hub.



Figura 05. Quase colisão por incursão em pista.

Já WILKE *et al.* (2015) propõe um quadro estruturado para modelar fatores causais e sua relação com a gravidade, que inclui uma descrição da arquitetura do sistema de solo do aeroporto. A estrutura é recomendada para a análise das incursões das pistas de aterrissagem para apoiar melhorias de segurança e a metodologia é transferível para outras áreas da análise de risco de segurança da aviação. Apresenta uma nova metodologia de avaliação de risco e risco das operações de superfície do aeroporto e

modela as relações entre o aeroporto com as seguintes características: - a taxa de ocorrências; - a gravidade das ocorrências, e; - os fatores causais subjacentes às ocorrências, propondo mostrar como as características dos aeroportos e, em particular, suas infra-estruturas e operações, influenciam a segurança das operações de solo.

2.4. Risco de Fauna

Para os riscos da Fauna, DEVAULT *et al.* (2016) propõe que embora as diferenças interespecíficas em nível de perigo de aves e mamíferos nas propriedades aeroportuárias, nenhum estudo tem nível de perigo quantificado de espécies de aves ou fatores identificados que influenciam o nível de perigo quando as aves são atingidas além do limite do aeroporto. Para o estudo, foram utilizados os registros da base de dados da FAA 1990 a 2014 para identificar as espécies de aves envolvidas em colisões com aeronaves além das fronteiras aeroportuárias nos Estados Unidos e para quantificar o nível de perigo interespecífico desses pássaros. Também investigaram se a massa corporal, o tamanho do grupo (único ou múltiplos pássaros), região (Flyway) e estação influenciaram a probabilidade de danos causados por aeronaves e substanciais danos. A massa corporal era um importante previsor de nível de perigo; O tamanho do grupo, a região e a estação tiveram menores efeitos no nível de perigo. Estratégias de gestão para reduzir colisão de aves com aeronaves, além das características aeroportuárias, devem priorizar aves aquáticas e aves de rapina.

No Brasil, a Infraero utiliza formulários e um banco de dados da fauna existente na região (Fig. 07) e ao avistar um elemento da fauna na área de movimento do aeroporto, o operador aeroportuário preenche um formulário intitulado de ficha de avistamento de fauna (Fig. 06). De posse da ficha preenchida, o Gestor do SGSO fará a análise do risco e tratará o assunto de forma específica e de acordo com a Resolução 466, MMA (2015) e com o RBAC nº 164, ANAC (2014).

FICHA DE INSPEÇÃO DE FAUNA

01 Mania faceira <i>Syrigma sibilatrix</i>	02 Biguá <i>Phalacrocorax brasilianus</i>	03 Garça branca grande <i>Ardea alba</i>	04 Garça branca pequena <i>Egretta thula</i>	05 Garça moura <i>Ardea cocoi</i>	06 Garça vaqueira <i>Bubulcus ibis</i>	07 Gavião caboclo <i>Heterospizias meridionalis</i>
						
08 Gavião carijó <i>Rupornis magnirostris</i>	09 Gavião asa de telha <i>Parabuteo unicinctus</i>	10 Gavião de rabo branco <i>Buteo albicaudatus</i>	11 Quiri quiri <i>Falco sparverius</i>	12 Falcão de coleira <i>Falco femoralis</i>	13 Carcará <i>Caracara plancus</i>	14 Carrapateiro <i>Milvago chimachima</i>
						
15 Urubu de cabeça preta <i>Coragyps atratus</i>	16 Urubu de cabeça amarela <i>Cathartes burrovianus</i>	17 Urubu de cabeça vermelha <i>Cathartes aura</i>	18 Irerê <i>Dendrocygna viduata</i>	19 marreca pé vermelho <i>Amazonetta brasiliensis</i>	20 Socozinho <i>Butorides striata</i>	21 Savacu <i>Nycticorax nycticorax</i>
						

Figura 07. Ficha de Inspeção de Fauna. Fonte: Infraero, Aeroporto de Jacarepaguá, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

2.5. Risco de FOD

FOD é o objeto estranho ao meio que ela opera (lixo), basicamente, algo que não deveria estar lá. A presença de FOD na área de movimento de aeronaves representa uma ameaça significativa para a segurança operacional e uma possibilidade de causar algum dano (FOD damage ou dano por FOD). O FOD tem o potencial de danificar aeronaves durante as fases críticas do voo, o que pode levar a uma perda de vida e a uma estrutura catastrófica e, pelo menos, a uma maior manutenção e custos operacionais. Riscos de FOD. Um FOD pode ferir severamente o pessoal da área de movimento ou da companhia aérea ou danificar um equipamento. Os tipos de danos potenciais incluem: cortar pneus de aeronave; objeto ingerido em motores; ou se apresentando em mecanismos que afetam as operações de voo. Os ferimentos à pessoas ou mesmo a morte podem ocorrer quando o jato do motor propulsa o FOD através do ambiente do

aeroporto em altas velocidades. Existem várias fontes de geração de FOD: - Infraestrutura aeroportuária: fragmentos de pavimento deteriorado, material usado na implantação/ ampliação/reforma de infraestrutura aeroportuária; - gerado a partir de pessoal; - gerado a partir da aeronave; - infra-estrutura aeroportuária (pavimentos, luzes e sinais); - o ambiente (vida selvagem, vento, neve, granizo); e os outros equipamentos que operam no aeródromo (veículos de operações do aeroporto, equipamentos de manutenção, caminhões de abastecimento de combustível, outros serviços de aeronaves equipamentos e equipamentos de construção). A natureza exata do FOD também é variada. O FOD pode ser composto de qualquer material e pode ser de qualquer cor e tamanho. Os riscos de FOD podem ser reduzidos, no entanto, através da implementação de um programa de gerenciamento FOD e do uso efetivo de equipamentos de detecção e remoção de FOD.

No Brasil, a simples presença de objetos na área de movimento é considerada uma condição latente. Como não envolve aeronave, o operador deve incluir o evento na planilha e classificá-lo como ocorrência na área de movimento. Os níveis de severidade de FOD estão divididos em duas categorias: - A: presença de FOD na pista de pouso e decolagem (coletado em unidades). - B: presença de FOD na pista de táxi (coletado em unidades). Uma outra forma de mitigação dos riscos de FOD é uma implantação de cultura de limpeza da área de movimento, onde “todos” são responsáveis por manter essa área livre de FOD.

Para a FAA (2010), o programa de gerenciamento de FOD é composto por quatro áreas principais: prevenção (conscientização através de programa FOD e suporte gerencial, treinamento, educação e manutenção); detecção (inspeções manuais e uso de equipamentos de detecção); remoção; e avaliação (coleta e análise de dados, melhoria contínua (tendências, feedback, investigação de incidentes)). A lama, sujeira, areia, agregado solto, os resíduos, os objetos estranhos, os depósitos de borracha e outros contaminantes devem ser removidos prontamente e tão completamente quanto possível. Além disso, as inspeções diárias realizadas em aeroportos certificados (que constituem o principal meio de detecção e remoção de FOD em alguns aeroportos) são exigidas pela FAA em seu programa de auto inspeção. As inspeções são uma componente chave nas operações aeroportuárias, e um programa efetivo de auto inspeção permite que um operador do aeroporto identifique e elimine condições inseguras. No Brasil, os

aeroportos certificados também possuem inspeções diárias, mais precisamente quatro (ao amanhecer, início da tarde, final da tarde e a noite).

2.6. Indicadores de segurança operacional

SANTOS (2014) descreve o conceito de ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*) que é amplamente empregado no gerenciamento de risco. Esse conceito significa que o risco deve ser mitigado a um nível “tão baixo quanto razoavelmente praticável”. É fundamental observar que é empregada a palavra “praticável” em vez de “possível”. O conceito ALARP leva em conta a praticidade. Em ALARP, não há exigência de que uma estratégia de redução do risco resulte no menor risco possível – tal objetivo é uma utopia. Porém, há uma exigência de obter o nível mais baixo que possa ser conseguido, fazendo uso dos recursos razoavelmente disponíveis para o operador. Existe um ponto ALARP (Fig. 08), em que o esforço financeiro não justifica a redução mínima do risco, estando esse num nível aceitável. Seria o ponto em que os custos superam os benefícios e que o risco se torna negligenciável, pelo menos a um nível em que possa ser administrado por meio de processos de rotina.

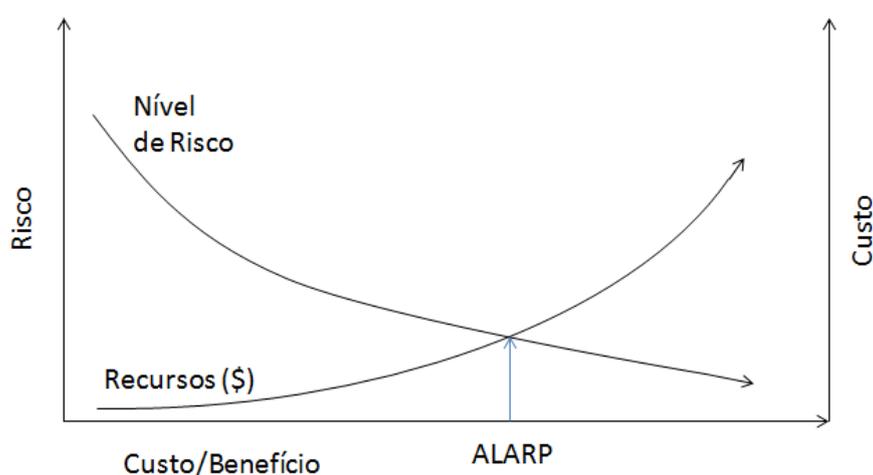


Figura 08 – Representação do ALARP

“O limite de um nível aceitável de gastos para a redução dos riscos é aquele que não pode mais ser reduzido sem gastos desproporcionais ao benefício obtido ou onde a implementação da solução é impraticável”

O gerenciamento de riscos é um componente integrante da gestão da segurança operacional que tem por objetivo o desenvolvimento de estratégias para controlar e minimizar os riscos a níveis aceitáveis pela organização. LOBIANCO e CORREIA (2013), se baseando nas recomendações e utilizando informações de ICAO (2013), afirmam que os indicadores de segurança são os parâmetros que caracterizam e/ou tipificam o nível de segurança de um sistema baseado em banco de dados e que podem ser usados em uma avaliação de desempenho de segurança para monitoramento.

Os principais indicadores de risco nos aeroportos no mundo utilizam estatística de ocorrências e tratam uma matriz de tolerabilidade de risco de segurança que descreve os critérios de tolerabilidade dentro de três regiões: aceitável, tolerável e intolerável. Esses indicadores estão bem descritos no Doc 9859, SMM, ICAO (2013).

Os indicadores de riscos identificados nesse estudo são:

- FOD – Danos por Objeto Estranho (lixo).
- Ocorrências Aeronáuticas – Acidentes graves e Incidentes leves (aeronave com intenção de voo).
- SOLO – Incursão em pistas de taxi e pistas de pouso e decolagem. Ocorrências de solo (envolvendo aeronaves sem intenção de voo, pessoas e equipamentos em serviço nos pátios).
- FAUNA – presença de aves e outros animais.

2.7. Tabelas de classificação da Segurança Operacional da ICAO

A aviação adotou o padrão mundial para a mensuração de risco para acidente de trabalho, que utiliza a probabilidade, em termos qualitativos da possibilidade de uma situação de perigo existir e o grau de risco de ocorrência de um dano a pessoas ou a

bens, valorados de 1 a 5, derivado desse risco. Utiliza-se a seguinte tabela 02, apresentada a seguir para pontuar o grau de ocorrência de um risco.

Tabela 02 – Tabela de Probabilidade ICAO
(probabilidades de ocorrência de danos a pessoas ou bens)

Definição Qualitativa	Descrição	Valor
Frequente	É provável que ocorra muitas vezes ou, tem corrido frequentemente.	5
Ocasional	É provável que ocorra algumas vezes ou, tem ocorrido com pouca frequência.	4
Remoto	Improvável, mas possível que venha a ocorrer ou, ocorre raramente.	3
Improvável	Bastante improvável que ocorra ou, não se tem notícia de que tenha ocorrido.	2
Muito Improvável	Quase impossível que o evento ocorra	1

Fonte: ANAC

A partir da identificação de um risco, a equipe de gestão do SGSO irá definir o grau de severidade do risco classificado da letra A até a letra E. A classificação da severidade deve ser baseada nas consequências de uma situação de perigo e ter como referência a pior condição possível, utilizada na tabela 03 a seguir.

Tabela 03 – Tabela de Severidade ICAO
(gravidade das hipóteses de acidente)

Definição Qualitativa	Significado	Valor
Catastrófico	<ul style="list-style-type: none"> • Destruição do equipamento. • Mortes Múltiplas. 	A
Crítico	<ul style="list-style-type: none"> • Uma redução importante das margens de segurança operacional, dano físico ou carga de trabalho tal que os operadores não podem desempenhar suas tarefas de forma precisa. • Lesões sérias ou mortes de pessoas. • Graves danos a equipamentos. 	B

Significativo	<ul style="list-style-type: none"> • Uma redução significativa das margens de segurança operacional, uma redução na habilidade do operador em responder as condições operacionais adversas como resultado do aumento da carga de trabalho, ou como resultado de condições que impedem sua eficiência. • Incidente sério. • Lesões às pessoas. 	C
Pequeno	<ul style="list-style-type: none"> • Interferência. • Limitações Operacionais. • Utilização dos procedimentos de emergência. • Incidentes menores. 	D
Insignificante	<ul style="list-style-type: none"> • Consequências leves 	E

Fonte: ANAC

A partir das tabelas 02 e 03 é possível classificar o risco quanto à probabilidade e severidade de forma matricial e combinada, gerando um índice alfanumérico visualizado pela tabela 04 abaixo.

Tabela 04 – Tabela de Classificação ICAO
(Matriz de Análise de Severidade do Risco)

Probabilidade do Risco	Catastrófico (A)	Crítico (B)	Significativo (C)	Pequeno (D)	Insignificante (E)
5 – Frequente	5A	5B	5C	5D	5E
4 – Ocasional	4A	4B	4C	4D	4E
3 – Remoto	3A	3B	3C	3D	3E
2 – Improvável	2A	2B	2C	2D	2E
1 – Muito Improvável	1A	1B	1C	1D	1E

Fonte: ANAC

Da tabela 04, os indicadores alfanuméricos do risco são classificados quanto a sua tolerabilidade: inaceitável, tolerável ou aceitável conforme a tabela 05, a seguir.

Tabela 05 – Tabela de Tolerabilidade

DESCRIÇÃO DE TOLERABILIDADE	ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DO RISCO	CRITÉRIO SUGERIDO
 Região inaceitável	5A, 5B, 5C,	Inaceitável sob as circunstâncias existentes.
	4A, 4B, 3A	
 Região tolerável	5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B,	Aceitável com mitigação do risco. Pode requerer uma decisão da direção.
	3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A	
 Região aceitável	3E, 2D, 2E, 1B,	Aceitável
	1C, 1D, 1E	

Fonte: ANAC

O enquadramento do risco na matriz de tolerabilidade indicará o tipo de ação necessária para sua eliminação e mitigação, seguida a seguinte metodologia:

1. risco inaceitável: significa que as operações e atividades nas condições atuais devem ser canceladas até que os riscos sejam reduzidos, pelo menos, para um nível tolerável. Neste caso a mitigação e o monitoramento dos riscos serão necessários até a redução a nível aceitável;
2. risco tolerável: significa que as operações e atividades nas condições atuais requerem implementação de ações para redução dos riscos a um nível aceitável ou tão baixo quanto praticável (ALARP);
3. risco aceitável: significa que as operações e atividades nas condições atuais podem ser absorvidas sem nenhuma restrição, mas sua redução a níveis mais baixos é desejável. Devem ser monitorados de forma a assegurar a permanência da sua aceitabilidade.

2.8. Controle de riscos operacionais no Brasil

Na metodologia utilizada no Brasil, a ANAC, através dos aeroportos brasileiros, capta dados estatísticos gerando relatórios e gráficos de análise para o tratamento dos riscos. É possível entender a metodologia utilizada com o seguinte exemplo: - na análise de risco, o componente específico do perigo é um desnível no pavimento. A consequência relacionada é uma formação de lâminas d'água sob condições de chuva, podendo ocasionar aquaplanagem e possível estouro de pneu e no caso será analisada essa única consequência (estouro de pneu). O controle dos riscos emitirá um aviso de segurança operacional informando sobre o fenômeno de aquaplanagem.

Para a análise do risco, o gestor verifica as estatísticas e relatos. Assim determina conforme tabela 02, que a probabilidade de ocorrer um estouro de pneu por uma aquaplanagem é remota, pois é improvável, mas possível que venha a ocorrer ou, ocorre raramente, valor na tabela de probabilidade é 3 quanto ao índice de risco. Contudo, se ocorrer uma aquaplanagem com consequente estouro de pneu, a análise de severidade (tabela 03) sugere que a “aquaplanagem” ocorreu devido a uma redução significativa das margens de segurança operacional, é um incidente sério que poderá causar lesões às pessoas. Assim o evento deverá ser classificado como severidade C. Teremos então o evento classificado como 3C (tabela 04), risco remoto, porém significativo e será classificado como tolerável (tabela 05) sendo considerado aceitável com mitigação do risco, podendo requerer uma decisão do gestor do aeroporto e gestor do SGSO quanto ações mitigadoras, e que serão executadas de acordo com a disponibilidade de recursos (ALARP). Algumas ações a serem tomadas pelo aeroporto poderão ser: nivelamento do pavimento, execução de grooving (ranhuras no pavimento) para escoamento da água ou instalação de camada de piso poroso que também facilita o escoamento da água, dificultando a formação de poças de água.

Para os riscos de fauna, o governo brasileiro prioriza o controle de aves e assim o denomina de AVEFAUNA (Fig. 09), onde, para o controle dos riscos é criado um PGRF (Programa de Gerenciamento do Risco da Fauna). Neste programa a principal função é a de monitorar a presença de animais no sítio aeroportuário e os eventos de

colisão entre fauna e aeronaves, com o objetivo de avaliar a aplicabilidade dos requisitos estabelecidos em norma específica para o gerenciamento do risco da fauna em aeródromos. Esta atividade de monitoramento do risco da fauna tem por finalidade a identificação de fatores e focos atrativos de animais e os profissionais que atuam na área de movimento do aeroporto, devem ser treinados a identificar, diferenciar e registrar eventos ocorridos com a fauna e principalmente aves, tais como, colisão, quase colisão e avistamento. Segundo o RBAC nº 164, ANAC (2014), o operador do aeródromo deve dispor de recursos e procedimentos para a divulgação das questões relativas ao perigo da fauna a seus funcionários, às empresas aéreas, empresas de serviços auxiliares ao transporte aéreo e demais entidades cujas atividades possam auxiliar na mitigação do risco da fauna, além das comunidades vizinhas ao aeródromo, quando couber.

No Brasil, os principais aeroportos utilizam estatísticas para a análise dos riscos e tomada de decisão em relação à necessidade de eliminação ou mitigação desses riscos. A figura 09 apresenta um exemplo dessa estatística em relação aos registros de colisão, quase colisão e avistamento de aves e outros animais na área de movimento de aeronaves do aeroporto. Nesses exemplos das figuras 09, 10, 11 e 12 podemos identificar o quanto insignificantes os registros se apresentam em relação ao movimento de aeronaves e difíceis de uma análise concreta dos riscos de danos causados. Em termos mais concretos, a probabilidade de ocorrência de um dano a partir dessas estatísticas é de difícil previsão. Assim, a metodologia que será proposta neste estudo, pretende mensurar de forma mais próxima à realidade um cálculo que gere um índice de risco, que represente essa probabilidade.

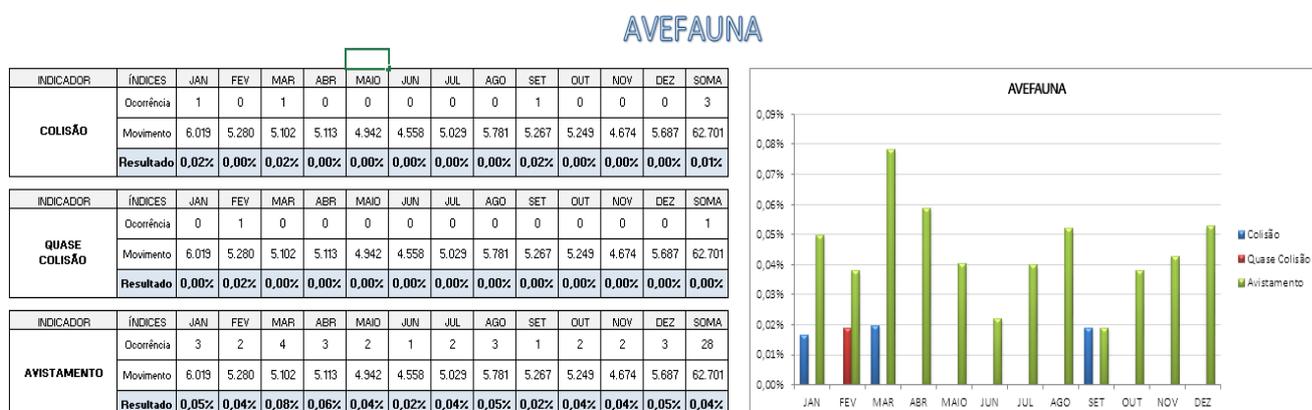


Figura 09 – Exemplo de estatística para análise de risco de AVEFAUNA.

Para os riscos de FOD, considerado como a ocorrência de um objeto colidir ou causar dano a uma aeronave e pessoas. A figura 10 apresenta um exemplo de estatística de ocorrência avistamento e recolhimento de objetos estranhos, aqui identificado como F.O. e a estatística de danos causados por objetos estranhos, identificado como F.O.D..



Figura 10 – Exemplo de estatística para análise de risco de FOD.

Os riscos denominados acidentes aeronáuticos e incidentes aeronáuticos (Fig. 11) são ocorrências aeronáuticas. Para a ANAC, os acidentes e incidentes aeronáuticos estão definidos no RBAC 153, ANAC (2016), segundo esse RBAC, o Acidente Aeronáutico é considerado como um caso mais grave que possa colocar uma pessoa em risco de vida.

No Acidente Aeronáutico, qualquer pessoa que sofra lesão grave ou morra como resultado de estar na aeronave, em contato direto com qualquer uma de suas partes, incluindo aquelas que dela tenham se desprendido, ou submetida à exposição direta do sopro de hélice, rotor ou escapamento de jato, ou às suas consequências. Exceção é feita quando as lesões resultem de causas naturais, forem auto ou por terceiras infligidas, ou forem causadas a pessoas que embarcaram clandestinamente e se acomodaram em área que não as destinadas aos passageiros e tripulantes.

Também é considerado Acidente Aeronáutico, quando a aeronave sofre dano ou falha estrutural que afete adversamente a resistência estrutural, o seu desempenho ou as suas características de voo; exija a substituição de grandes componentes ou a realização de grandes reparos no componente afetado. Exceção é feita para falha ou danos limitados ao motor, suas carenagens ou acessórios; ou para danos limitados a hélices, pontas de asa, antenas, pneus, freios, carenagens do trem, amassamentos leves e pequenas perfurações no revestimento da aeronave.

Ainda segundo o RBAC 153, ANAC (2016), um Incidente Aeronáutico é um incidente ocorrido sob circunstâncias em que um acidente quase ocorreu. A diferença entre o incidente grave e o acidente está apenas nas consequências. Dentre outras, as seguintes ocorrências caracterizam-se como incidente grave: fogo ou fumaça no compartimento de passageiros, de carga ou fogo no motor, ainda que tenha sido extinto com a utilização de extintores de incêndio; situações que exijam o uso emergencial de oxigênio por tripulante; falha estrutural da aeronave ou desintegração de motor em voo, que não configurem um acidente; quase colisão em voo que requereu a realização de uma manobra evasiva; decolagem interrompida em pista fechada ou ocupada por outra aeronave (por incursão em pista); decolagem de pista ocupada por outra aeronave, sem separação segura; pouso ou tentativa de pouso em pista fechada ou ocupada por outra aeronave; falha múltipla de um ou mais sistemas que afetem seriamente a operação da aeronave; utilização da aeronave fora do seu envelope de voo devido a condições meteorológicas adversas ou à falha de sistemas que tenham causado dificuldade de controle da mesma; falha de mais de um sistema de navegação, ainda que duplicado; diferenças significativas na performance prevista da aeronave durante a decolagem ou segmento inicial de subida; incidentes durante a decolagem ou pouso, tais como: ultrapassagem da cabeceira oposta, pouso antes da pista ou saída da pista pelas laterais.

A figura 11 apresenta a estatística de acidentes e incidentes aeronáuticos. Como demonstrado na figura, os registros também são ínfimos e não representam valores significativos para gerar uma base de dados para o cálculo de um índice risco confiável.

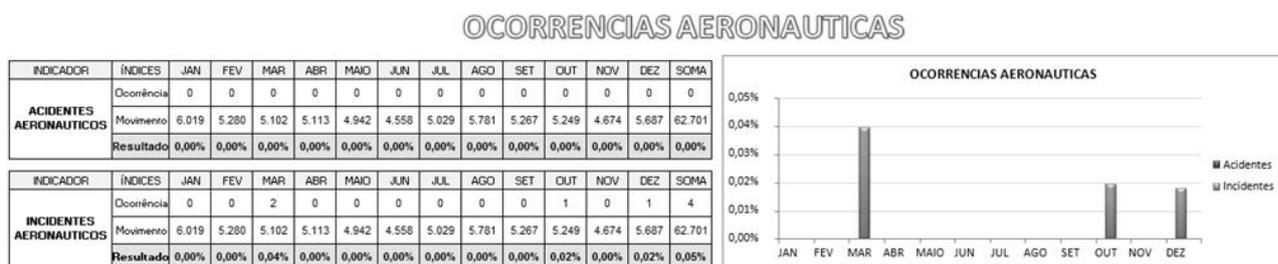


Figura 11 – Exemplo de estatística para análise de risco de ocorrências aeronáuticas.

Os riscos de solo e pista (Fig. 12) são as ocorrências de solo e incursão em pista. No RBAC 153, ANAC (2016), a ocorrência de solo é considerada como todo incidente,

envolvendo aeronave no solo, do qual resulte dano ou lesão, desde que não haja intenção de realizar voo ou, havendo esta intenção, o(s) fato(s) motivador(es) esteja(m) diretamente relacionado(s) aos serviços de rampa, aí incluídos os de apoio e infraestrutura aeroportuários, e não tenha(m) tido qualquer contribuição da movimentação da aeronave por meios próprios ou da operação de qualquer um de seus sistemas. Incurção em pista, é definido pelo RBAC 153, ANAC (2016) como a ocorrência em aeródromo envolvendo a presença incorreta de aeronave, veículo ou pessoa na área protegida de uma superfície designada para pouso e decolagem de aeronaves, onde a presença incorreta é o posicionamento ou movimento inseguro ou indesejável de aeronave, veículo ou pessoa na área protegida, que pode decorrer com ou sem autorização da TWR. Notar que, por definição, entrada de animais na pista não se constitui incurção em pista. A área protegida é a área que compreende a pista de pouso e decolagem, a stopway, o comprimento da faixa de pista, a área em ambos os lados da pista de pouso e decolagem, delimitada pela distância estabelecida pelo RBAC 154, ANAC (2017) para a posição de espera da referida pista, a área de segurança de fim de pista (RESA) e, se existente, a zona desimpedida (clearway). Um veículo ou aeronave que entre numa pista de táxi errada ou sem autorização não é uma ocorrência de incurção em pista. A ocorrência tem que acontecer dentro da área protegida.



Figura 12 – Exemplo de estatística para análise de risco de ocorrências de solo e pista.

O conceito de GSO (Gerenciamento da Segurança Operacional) foi adotado pelo Brasil como Estado Contratante da Convenção de Aviação Civil Internacional, atendendo a diretriz da Organização de Aviação Civil Internacional – OACI para que todos os signatários estabelecessem um PSO (Programa de Segurança Operacional), voltado para o alcance de níveis aceitáveis de segurança operacional nas atividades de aviação civil. Este Programa de Segurança Operacional Específico da Agência Nacional de Aviação

Civil (PSOE-ANAC) contempla as diretrizes e requisitos para orientar a implantação e desenvolvimento de SGSO, representando o compromisso da ANAC com a busca da melhoria contínua nos níveis de segurança operacional da aviação civil brasileira. O SGSO apresenta um processo evolutivo, estruturado para que os provedores de serviços da aviação civil possam gerenciar a segurança de suas operações com o mesmo nível de prioridade que os demais processos de negócio são gerenciados, fornecendo um conjunto de ferramentas gerenciais e métodos organizacionais para apoiar as decisões de forma a garantir que as atividades diárias se desenvolvam dentro de níveis de risco aceitáveis segundo os padrões da Agência. A ANAC estabelece que os indicadores de desempenho da segurança operacional listados no anexo da Portaria 215/SPI, ANAC (2016), Tabela 06, que devem ser prioritariamente acompanhados pela ANAC, em apoio à análise do desempenho da segurança operacional da aviação civil brasileira.

Tabela 06 - Indicadores de Desempenho para Acompanhamento

Indicador	Descrição	Fórmula
Taxa de Acidentes	Expressa a relação entre o número total de acidentes da aviação civil brasileira para cada milhão de decolagens registradas.	$x = \frac{n^{\circ} \text{ de acidentes registrados}}{\left(\frac{n^{\circ} \text{ de decolagens}}{1.000.000}\right)}$
Taxa de Acidentes com Fatalidade na Aviação Regular	Trata-se da média móvel dos últimos cinco anos do número de acidentes com fatalidade registrados por empresas brasileiras em voos regulares por cada milhão de decolagens registradas	$x = \frac{n^{\circ} \text{ de acidentes com fatalidade}}{\left(\frac{n^{\circ} \text{ de decolagens}}{1.000.000}\right)}$
Acidentes + Incidentes Graves na Aviação Regular	Expressa a relação entre a soma de acidentes e incidentes graves ocorridos na aviação regular por cada mil decolagens registradas.	$x = \frac{n^{\circ} \text{ de acidentes + incidentes graves}}{\left(\frac{n^{\circ} \text{ de decolagens}}{1.000}\right)}$
Taxa de Fatalidade	Expressa a relação entre o número total de fatalidades registradas em decorrência direta de acidentes na aviação civil brasileira por milhão de decolagens registradas	$x = \frac{n^{\circ} \text{ de fatalidades registradas}}{\left(\frac{n^{\circ} \text{ de decolagens}}{1.000.000}\right)}$
Volume de Operações	Expressa o volume de operações da aviação civil em número de decolagens	$x = n^{\circ} \text{ de decolagens registradas}$

Fonte: Portaria 215/SPI (ANAC-2016)

Conforme a Tabela 06, a ANAC trata os indicadores de desempenho da segurança operacional priorizando acidentes aéreos, que são considerados acidentes aeronáuticos com a aeronave no ar, enquanto os acidentes operacionais graves em aeronaves com intenção de voo, que também são considerados acidentes aeronáuticos, porém são acidentes em aeronaves com as rodas no solo. Assim, há uma tendência de se classificar acidentes ocorridos com a aeronave no ar tal como a aeronave no solo, como se fosse o mesmo tipo de acidente.

Assim, tanto para as análises técnico-científicas da investigação de ocorrências aeronáuticas são utilizadas pela ANAC como fonte de dados e informações para o processo de gerenciamento do risco à segurança operacional da aviação civil.

A ANAC estabelece e documenta procedimentos específicos descrevendo o modo como serão tratadas internamente à Agência, as recomendações emitidas pelos processos de investigação de acidentes, de forma a garantir que todas as ações pertinentes sejam efetivamente implementadas e solicita ao órgão investigador a participação na comissão de investigação nos acidentes e incidentes aeronáuticos, sempre que for de interesse da

Agência, de forma a identificar eventuais lacunas e oportunidades de melhorias nas áreas de atuação da ANAC que possam estar associadas aos eventos em questão e adota as ações corretivas pertinentes.

Também, consolida informações, dados, pareceres e análises de risco elaboradas pelos setores internos responsáveis pela vigilância operacional e de mercado, e/ou fornecidas por entes externos, concernentes a acidentes ou outros eventos de segurança operacional.

O PSOE (Programa de Segurança Operacional Específico), como parte do gerenciamento da segurança operacional da aviação civil brasileira, a ANAC deve requerer a implementação e manutenção de um SGSO. O SGSO requerido pela ANAC deve: estabelecer a política e os objetivos da organização para a segurança operacional; estabelecer as metas e indicadores de desempenho da segurança operacional que permitam avaliar o alcance dos objetivos da segurança operacional; estabelecer a estrutura organizacional e os responsáveis pela implementação, manutenção e melhoria contínua do sistema; identificar os perigos e avaliar os riscos operacionais a eles associados; aplicar ações corretivas e preventivas desenvolvidas a partir dos riscos operacionais avaliados, bem como avaliar a efetividade dessas ações; executar supervisão permanente das atividades da organização, de modo a garantir a segurança operacional requerida; planejar e realizar periodicamente avaliações internas ou auditorias do SGSO, visando sua adequação ao contexto operacional da organização e a melhoria contínua dos níveis de desempenho da segurança operacional; assegurar que as pessoas envolvidas com atividades sensíveis para a segurança operacional possuam as competências necessárias e estejam cientes de suas responsabilidades; comunicar os resultados relativos ao desempenho da segurança operacional, bem como disseminar informações que aprimorem a cultura da segurança operacional da organização; gerar e organizar documentos e registros que forneçam evidências do desenvolvimento, operacionalização, manutenção e melhoria contínua do SGSO; e atender a quaisquer outros requisitos específicos de SGSO.

O SGSO para os provedores de serviços da aviação civil e o Programa de Segurança Operacional Brasileiro - PSO-BR irão integrar o gerenciamento de risco dentro dos modernos conceitos de gestão, de maneira a garantir a segurança operacional de forma proativa. O SGSO enfatiza a gestão da segurança como um processo de negócio

fundamental a ser considerado de forma equivalente a outros aspectos da gestão empresarial.

Os processos-chave de um SGSO são:

- Reporte de ESO (Eventos de Segurança Operacional) – processo de aquisição de dados e informações relacionados à segurança operacional.
- Identificação de Perigos: conjunto de atividades voltadas para identificação de perigos relacionados com sua organização.
- Gerenciamento de Riscos: processo padronizado para avaliação e definição de medidas de controle de riscos.
- Medição de Desempenho: ferramentas gerenciais definidas para avaliar se os objetivos de segurança operacional da organização estão sendo atingidos.
- Garantia da Segurança Operacional: conjunto de atividades voltadas para padronização da prestação do serviço conforme critérios estabelecidos de desempenho.

Para a ANAC, de acordo com a metodologia em vigor, os ESO, o RBAC nº 153, ANAC (2016), nos termos do parágrafo 153.53(b)(2)(ix), estabelece que o Operador de Aeródromo deve se responsabilizar pelo reporte à ANAC de ESO.

Os ESO são definidos nos termos no parágrafo 153.1(a)(26) como “acidentes, incidentes graves, incidentes, ocorrências de solo, ocorrências anormais ou qualquer situação de risco que cause ou tenha o potencial de causar dano, lesão ou ameaça à viabilidade da operação aeroportuária ou aérea”. Essas ocorrências devem ser classificadas e tipificadas.

Já o tratamento dado pelo órgão oficial de controle de acidentes da aviação é o Comando da Aeronáutica, através do CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos), muito mais voltado para acidente aeronáutico, tem ação quando o acidente ocorre no aeroporto. Conforme a NSCA 3-13, MD (2017), um acidente aeronáutico é toda ocorrência aeronáutica relacionada à operação de uma aeronave, no caso de uma aeronave tripulada, havida entre o momento em que uma pessoa nela embarca com a intenção de realizar um voo até o momento em que todas as

pessoas tenham dela desembarcado ou, no caso de uma aeronave não tripulada, toda ocorrência havida entre o momento que a aeronave está pronta para se movimentar, com a intenção de voo, até a sua inércia total pelo término do voo, e seu sistema de propulsão tenha sido desligado e, durante os quais, pelo menos uma das situações abaixo ocorra: a) uma pessoa sofra lesão grave ou venha a falecer como resultado de: - estar na aeronave; - ter contato direto com qualquer parte da aeronave, incluindo aquelas que dela tenham se desprendido; ou - ser submetida à exposição direta do sopro de hélice, ao rotor ou escapamento de jato, ou às suas consequências. Exceção será feita quando as lesões, ou óbito, resultarem de causas naturais, forem auto infligidas ou infligidas por terceiros, ou forem causadas a pessoas que embarcaram clandestinamente e se acomodaram em área que não as destinadas aos passageiros e tripulantes. As lesões decorrentes de um Acidente Aeronáutico que resultem em óbito até 30 dias após a data da ocorrência são consideradas lesões fatais. A aeronave sofra dano ou falha estrutural que: - afete adversamente a resistência estrutural, o seu desempenho ou as suas características de voo; e - normalmente exija a realização de grande reparo ou a substituição do componente afetado. Exceção será feita para falha ou danos limitados a um motor, suas carenagens ou acessórios; ou para danos limitados às hélices, às pontas de asa, às antenas, aos probes (pitot), aos pneus, aos freios, às rodas, às carenagens do trem, aos painéis, às portas do trem de pouso, aos para-brisas, aos amassamentos leves e pequenas perfurações no revestimento da aeronave, ou danos menores às pás do rotor principal e de cauda, ao trem de pouso e àqueles resultantes de colisão com granizo ou fauna (incluindo perfurações no radome (bico da aeronave)). A aeronave seja considerada desaparecida ou esteja em local inacessível. Uma aeronave será considerada desaparecida quando as buscas oficiais forem suspensas e os destroços não forem encontrados. Em voos de ensaio experimental de empresa certificada, não serão classificadas como acidente aeronáutico as ocorrências relacionadas diretamente ao objetivo do ensaio, ficando o estabelecimento desta relação a cargo do CENIPA, após análise preliminar do evento e da documentação técnica que suporte o referido ensaio.

Para a ANAC, um incidente aeronáutico grave é um incidente envolvendo circunstâncias que indiquem que houve elevado potencial de risco de acidente relacionado à operação da aeronave:

- No caso de aeronave tripulada, havida entre o momento em que uma pessoa nela embarca com a intenção de realizar um voo, até o momento em que todas as pessoas tenham dela desembarcado.

- No caso de uma aeronave não tripulada, toda ocorrência havida entre o momento que a aeronave está pronta para se movimentar, com a intenção de voo, até a sua inércia total pelo término do voo, e seu sistema de propulsão tenha sido desligado.

A diferença entre o incidente grave e o acidente está apenas nas consequências.

Já o incidente aeronáutico, segundo a NSCA 3-13, MD (2017), é uma ocorrência aeronáutica relacionada à operação da aeronave tripulada, havida entre o momento em que uma pessoa nela embarca com a intenção de realizar um voo, até o momento em que todas as pessoas tenham dela desembarcado, que não chegue a se caracterizar como um acidente aeronáutico, mas que afete ou possa afetar a segurança da operação. No caso de uma aeronave não tripulada, toda ocorrência havida entre o momento que a aeronave está pronta para se movimentar, com a intenção de voo, até a sua inércia total pelo término do voo, e seu sistema de propulsão tenha sido desligado, que não chegue a se caracterizar como um acidente aeronáutico, mas que afete ou possa afetar a segurança da operação.

A ocorrência de solo é todo evento que envolva aeronave no solo, do qual resulte dano ou lesão, desde que não haja intenção de realizar voo, ou, havendo esta intenção, o(s) fato(s) motivador(es) esteja(m) diretamente relacionado(s) aos serviços de rampa, aí incluídos os de apoio e infraestrutura aeroportuários, sem qualquer contribuição da movimentação da aeronave por meios próprios ou da operação de qualquer um de seus sistemas. A ocorrência na área de movimento é todo evento, dentro da área de movimento, que não envolva aeronave no solo, mas que possa estar ligada à sua operação.

Segundo taxonomia definida no Manual de Investigação do DECEA, MCA 3-6 / SIPAER, MD (2017) as ocorrências serão tipificadas, e define que os acidentes, incidentes e ocorrências de solo são enquadradas conforme características do primeiro evento na sequência de suas formações. Se caracterizem como um dos tipos:

- Colisão entre aeronaves, é a colisão envolvendo duas ou mais aeronaves;

- Incurção em pista, Doc 9870, ICAO (2007) é qualquer ocorrência, em um aeródromo, envolvendo a presença incorreta de uma aeronave, veículo ou pessoa em uma área protegida de uma superfície designada para pouso ou decolagem de aeronaves. Para efeito de incurção em pista considera-se zona protegida a própria pista de pouso e decolagem ou a parte nivelada de uma faixa de pista, e ainda a zona livre de obstáculos na área de manobras, principalmente nos pontos de espera das pistas de táxi (cruzamento com pista de pouso e decolagem) e das vias destinadas aos veículos terrestres (cruzamento com pista de pouso e decolagem). Para contabilização da referida ocorrência deve-se levar em conta a distância mínima estabelecida entre o ponto de espera e o eixo da pista de pouso e decolagem contido no requisito 154.223 (b), RBAC 154, ANAC (2017).

Os níveis de severidade de incurção em pista estão divididos em quatro categorias:

- A, ocorrência grave, no qual uma colisão quase ocorreu, sendo evitada com grande risco de ter ocorrido;
- B, ocorrência na qual a separação mínima decresce, ocasionando um potencial de colisão, que pode resultar em situação crítica para o tempo de resposta necessário para evitar uma colisão;
- C, ocorrência caracterizada por amplo tempo de decisão ou distância de separação, suficientes para evitar uma colisão;
- D, Incidente que atende à definição de incurção em pista, como a incorreta presença de um único veículo/pessoa/aeronave na área protegida da superfície designada para pouso e decolagem de aeronave, mas sem consequência imediata sobre a segurança operacional. A colisão entre aeronave e veículo/equipamento/estrutura é uma colisão envolvendo aeronave e equipamento ou aeronave e estrutura ou aeronave e veículos, na área de movimento.

Objetos estranhos (FOD) é a simples presença de objetos estranhos na área de manobras, é considerada uma condição latente. Como não envolve aeronave, o operador deve incluir o evento na planilha e classificá-lo como ocorrência na área de movimento. Os níveis de severidade de FOD estão divididos em duas categorias:

- A, presença de FOD na pista de pouso e decolagem (coletado em unidades).

– B, presença de FOD na pista de táxi (coletado em unidades). Existem várias fontes de geração de FOD: - Infraestrutura aeroportuária: fragmentos de pavimento deteriorado, material usado na implantação/ampliação/reforma de infraestrutura aeroportuária etc.; - Operação de aeronaves: objetos ou materiais provenientes de manutenção de aeronaves, abastecimento, catering, limpeza de aeronaves, carregamento/descarregamento de cargas e bagagens; - Pertences pessoais: canetas, bonés, fones de ouvido, credenciais ou qualquer objeto pessoal deixado inadvertidamente em locais inapropriados; - Eventos meteorológicos. Em caso de fragmentos de asfalto provenientes de desagregação de pavimento, cada local de desagregação contará como uma ocorrência de FOD. As fontes de dados para este indicador contemplam registro no livro de ocorrências do aeródromo ou nas fichas de inspeção da área de movimento, ou ainda, formulário específico.

A colisão entre veículo/equipamento/estrutura é uma colisão envolvendo veículo e equipamento, veículo e estrutura ou equipamento e estrutura, na área de movimento. Os níveis de severidade deste indicador estão divididos em duas categorias:

- A, colisão que tenha causado ferimento em pessoa e/ou fatalidade.
- B, colisão sem ferimento em pessoa. Nota – As fontes de dados para este indicador contemplam registro no livro de ocorrências do aeródromo ou formulário específico.

O RBAC nº 153, ANAC (2016), nos termos do parágrafo 153.53(b)(2)(ix), estabelece que o Operador de Aeródromo deve se responsabilizar pelo reporte à ANAC de Eventos de Segurança Operacional (ESO). Os ESO são definidos nos termos no parágrafo 153.1(a)(26) como “acidentes, incidentes graves, incidentes, ocorrências de solo, ocorrências anormais ou qualquer situação de risco que cause ou tenha o potencial de causar dano, lesão ou ameaça à viabilidade da operação aeroportuária ou aérea”.

O parágrafo 153.57(d)(1) do RBAC define que os ESO caracterizados como Acidentes e Incidentes Aeronáuticos devem ser reportados à SIA em até 48h após sua ocorrência. Adicionalmente, o parágrafo 153.57(d) estabelece que o Operador de Aeródromo deve encaminhar à ANAC relatórios quadrimestrais do seu SGSO até o dia 20 dos meses de janeiro, maio e setembro.

Para certos tipos de ESO, a Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária, por meio de outros órgãos, quais sejam CENIPA e DECEA, tem acesso às informações

reportadas, gerando duplicidade de dados na Agência e, por consequência, redução na qualidade das informações utilizadas no gerenciamento da segurança operacional da infraestrutura aeroportuária brasileira.

Sendo assim, com o objetivo de orientar e reduzir trabalho duplicado por parte dos operadores aeroportuários, recomenda-se aos operadores de aeródromo que sigam as orientações constantes na tabela a seguir:

Tabela 07: Definição de Envio e Prazos

Tipo de ESO	A quem reportar	Prazo	Forma de reporte
Acidente Aeronáutico	CENIPA / ANAC	CENIPA: De acordo com sua legislação ANAC: Até 48h	CENIPA: De acordo com sua legislação ANAC: sgso.sia@anac.gov.br
Incidente Aeronáutico Grave			
Incidente Aeronáutico			
Ocorrências de Solo	ANAC (apenas os estabelecidos no programa IDSO)	ANAC: Até 4 meses	ANAC: Relat. quadrimestral
Outras ocorrências			

As ocorrências que devem fazer parte da planilha de dados apresentada para fins de coleta de indicadores de desempenho de segurança operacional deverão ser informadas por um ou mais atores, conforme tabela 08, a seguir:

Tabela 08: Classificação dos Eventos de Segurança Operacional

Tipificação dos Eventos de Segurança Operacional	Classificação dos Eventos de Segurança Operacional (ESO)				
	Acidente	Incidente Grave	Incidente	Ocorrência de Solo	Ocorrência na área de movimento
Colisão entre aeronaves	ESO01 (CENIPA)	ESO02 (CENIPA)	ESO03 (CENIPA)	ESO04 (Aeroporto)	
Incursoção em pista – severidade. A		ESO05 (DECEA)			
Incursoção em pista – severidade. B		ESO06 (DECEA)			
Incursoção em pista – severidade. C			ESO07 (DECEA)		
Incursoção em pista – severidade D			ESO08 (DECEA)		
Colisão entre aeronave e veículo / equipamento / infraestrutura	ESO09 (CENIPA)	ESO10 (CENIPA)	ESO11 (CENIPA)	ESO12 (Aeroporto)	
Fauna (colisão com pássaros)	ESO13 (CENIPA)	ESO14 (CENIPA)	ESO15 (CENIPA)		
Fauna (colisão com animais terrestres)	ESO16 (CENIPA)	ESO17 (CENIPA)	ESO18 (CENIPA)		
Objetos estranhos (FOD) – severidade A	ESO19 (CENIPA)	ESO20 (CENIPA)	ESO21 (CENIPA)		ESO22 (Aeroporto)
Objetos estranhos (FOD) – severidade B	ESO23 (CENIPA)	ESO24 (CENIPA)	ESO25 (CENIPA)		ESO26 (Aeroporto)
Colisão entre veículo / equipamento / infraestrutura – severidade A					ESO27 (Aeroporto)
Colisão entre veículo / equipamento / infraestrutura – severidade B					ESO28 (Aeroporto)

Fonte: ANAC – Manual de Coleta de Indicadores de Desempenho da Segurança Operacional

2.8.1. Prevenção a eventos de Segurança Operacional

Há uma importância em analisarmos essa metodologia de registro de ocorrência de riscos. Todos esses controles e reportes se referem aos controles dos órgãos da aviação brasileira, contudo, os indicadores gerados numa nova metodologia pretendida, tratam especificamente de riscos para a área de movimento de aeronaves no aeroporto e, portanto, as tabelas 07 e 08 que se referem às condições de risco de danos dentro e fora do sítio aeroportuário, priorizando o acidente aéreo (CENIPA) e um acidente aéreo, fora do sítio aeroportuário, não é o foco de uma metodologia de controle de riscos na área de movimento de um aeroporto.

Este trabalho trata de indicadores de risco somente na área de movimento, além disso, trata de uma pontuação de um conjunto fuzzy de percepção de risco, a proposta desta metodologia é a de evoluir o atual tratamento dos riscos de forma reativa para um tratamento preventivo dos riscos (fig. 13).

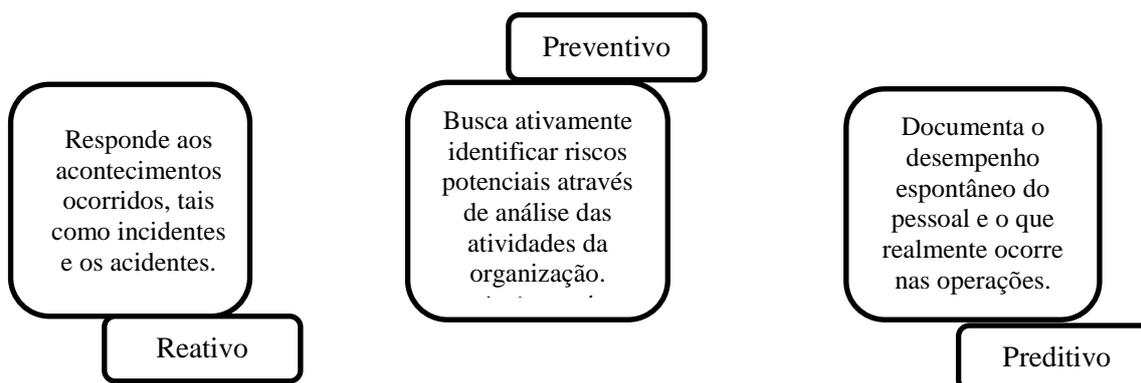


Figura 13 – Ações de prevenção a danos.

Fazendo-se uma associação com os sistemas de manutenção industriais, onde temos três tipos de controles, o preventivo, o corretivo e o preditivo, pode-se dizer que o sistema de gestão de risco nos pátios dos aeroportos tem a função de incluir estas três perspectivas. No entanto, as metodologias que suportam estes sistemas tratam de forma linear somente as duas primeiras perspectivas, através de métodos estatísticos convencionais, deixando a parte à percepção dos especialistas sobre eventos que não ocorreram, mas podem vir a ocorrer.

Na Tabela 08, a ANAC classifica: Acidente; Incidente Grave; Incidente; Ocorrência de Solo; e Ocorrência na área de movimento. Qualquer um desses eventos podendo ocorrer

devido a um dos seguintes fatores: Colisão entre aeronaves; Incursão em pista (severidade A, B, C ou D); Colisão entre aeronave e veículo / equipamento / infraestrutura; Incursão em pista (severidade A, B, C ou D); Fauna (colisão com pássaros); Fauna (colisão com animais terrestres); Objetos estranhos (FOD) (severidade A ou B); Colisão entre veículo / equipamento / infraestrutura (severidade A ou B). Assim alguns eventos ficam fora da classificação, como por exemplo: incêndio de aeronave por erro no abastecimento, ou acidente com veículo operacional por tentar desviar-se de animais ou pessoa na via de serviço. Assim, para uma melhor adequação, essa metodologia analisará os eventos de forma linear ao invés de forma matricial conforme preconiza a ANAC (Tabela 08), pois esse órgão analisa o evento dentro e fora do aeroporto. Dessa forma, os eventos nesta nova metodologia estarão dispostos de forma linear a seguir:

- Fauna;
- FOD;
- Incursão em Pista;
- Ocorrência de Solo (qualquer dano a pessoas, veículos ou aeronaves sem intenção de voo, exceto por Fauna, FOD ou Incursão em Pista);
- Ocorrência de Incidente (qualquer dano leve em aeronaves com intenção de voo, exceto por Fauna, FOD ou Incursão em Pista); e
- Ocorrência de Acidente (qualquer dano grave em aeronaves com intenção de voo, exceto por Fauna, FOD ou Incursão em Pista).

Diante de todas as pesquisas e literaturas estudadas até aqui, verifica-se um certo padrão mundial e brasileiro para a avaliação de riscos de eventos causadores de danos a pessoas e equipamentos na área de movimento de aeronaves de aeroportos. Pode-se dizer que há uma certa dificuldade de melhoria dessa avaliação e classificação de riscos, uma vez que os procedimentos existentes derivam de uma recomendação o órgão mais elevado dentro da aviação civil que é a ICAO. Tratando-se de um órgão da ONU, a ICAO consegue criar um padrão de procedimentos internacionais muito desejado para a

aviação civil internacional. Não é intenção deste trabalho propor uma mudança dessa realidade e sim aperfeiçoá-la na tentativa de aumentar a confiabilidade dos processos metodológicos e como consequência, melhorar o nível de confiabilidade dessa nova metodologia.

Assim, verifica-se que os riscos tratados mundialmente, apesar de padronizados, quando se referem a área de movimento de aeronaves de aeroportos, os riscos são tratados por setores, ora tratam os riscos na área de GHS, ou as pistas de pouso ou decolagem com incursões em pistas, áreas de pátio com o risco de existência de FOD, ou até mesmo risco de acidentes com veículos e equipamentos que se movimentam no pátio de aeronaves.

3. Estudo de Caso

O Brasil como um país signatário da ICAO utiliza os métodos tradicionais daquele órgão internacional para identificar perigos na área de movimento dos seus aeródromos, heliportos e aeroportos. O órgão responsável por manter os níveis compatíveis com os padrões da aviação internacional é a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), órgão do Governo Brasileiro que através das recomendações da ICAO, regula e fiscaliza as atividades da aviação civil e a infraestrutura aeronáutica e aeroportuária no Brasil.

Segundo a ANAC, o Brasil possui 2.463 aeródromos e aeroportos, sendo o segundo país com a maior quantidade de aeroportos, atrás apenas dos Estados Unidos. Dos 2.463 aeroportos brasileiros, 1.806 são privados e 657 são públicos. Calcula-se que 98% dos movimentos de passageiros estão concentrados nos maiores 65 aeroportos do país, sendo que 31 deles se localizam nas capitais. Apesar de números grandiosos, assim como em sua realidade territorial, o país ainda possui uma desigualdade nesses valores. Sendo o terceiro mercado mundial de aviação doméstica, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e China, dos 2.463 aeroportos, 112 aeródromos públicos recebem voos regulares, 1.806 aeródromos são privados e apenas 18 aeroportos recebem voos internacionais.

Devido aos altos custos para manter um aeroporto, com seu terminal de passageiros, pátios, pistas e todas as áreas de apoio, seguindo as normas de segurança internacional, o Brasil há 40 anos criou a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária, Infraero, uma empresa pública nacional com 59 aeroportos espalhados pelo Brasil, onde o principal objetivo é o de manter aeroportos de grande, médio ou pequeno porte seguindo o mesmo padrão de serviço compatível com a exigência de segurança operacional e assim cumprir a sua função de representar a soberania do Brasil em áreas longínquas e de fronteira.

Os aeroportos que farão parte desse estudo pertencem à rede de aeroportos da Infraero (Fig. 14), o aeroporto de Congonhas e o aeroporto de Santos Dumont foram escolhidos pela possibilidade de comparação de resultados, devido a similaridade dos perfis, sendo ambos os aeroportos com a atividade principal de ponte aérea, voos nacionais e voos particulares ou executivos. Através da qualificação dos riscos nesses aeroportos avaliados pelos especialistas, a razoabilidade dos resultados pode ser verificada porque os aeroportos são muito conhecidos.



Figura 14 – Mapa do Brasil e aeroportos analisados na metodologia

3.1. Justificativa

Nas pesquisas realizadas para esse estudo, poucas literaturas de método de Segurança Operacional que utilizasse Lógica Fuzzy para avaliação de risco na área de movimento de aeroportos foram encontradas.

Os métodos crisp de estatística estabelecem uma relação de coleta de informações de riscos, quando eles ocorrem. Assim esses métodos contemplam apenas o sim ou o não (o zero ou o 1) não sendo computados aqueles riscos que quase ocorreram, além de não serem definidos o nível de severidade da ocorrência do risco. Na Lógica Fuzzy, a teoria dos conjuntos nebulosos (fuzzy) ZADEH (1965) é um instrumento eficaz no tratamento de dados vagos para a obtenção de resultados precisos.

As estatísticas de controle e gerenciamento da Segurança Operacional – GSO, não são significativas, uma vez que se baseiam na quantidade de ocorrência do risco sobre os movimentos de aeronaves (pousos + decolagens), resultando em índices de ocorrências (indicadores) insignificantes se comparados perante as poucas ocorrências registradas no pátio (vide figuras 09, 10, 11 e 12). Por exemplo: Uma ocorrência com OBJETO ESTRANHO (FOD-Objeto), sendo um copo plástico encontrado em 3 dias distintos, durante o mês, será contabilizado como 3 (três) ocorrências mensais em relação ao movimento mensal de aeronaves de 8000 movimentos (por exemplo), representando um indicador de risco de FOD no valor de 0,00038 (FOD/Mov. Aeronaves). Caso um outro objeto (um alicate por exemplo) seja encontrado no pátio no mês seguinte, será contabilizado como 1 (uma) ocorrência, e o índice será representando por 0,00013 (FOD/Mov. Aeronaves). O risco da ocorrência de um dano a pessoas ou à bens, devido à 3 copos de plástico no pátio ou a de um alicate, não é percebido em uma estatística crisp, ou seja, para o sistema é considerada uma ocorrência e tratada de forma estatística única, não verificando o peso de cada ocorrência e sua severidade, criando dúvidas em relação ao resultado da metodologia atual. No exemplo acima, a ocorrência dos 3 copos terão um peso maior que a única ocorrência de um alicate, que é um FOD com consequências muito maior que um copo plástico.

Na metodologia crisp da ANAC, a classificação dos perigos e riscos envolvidos são:

- **OCORRENCIAS AERONAUTICAS** (Indicadores: ACIDENTES AERONAUTICOS (grave com intenção de voo) e INCIDENTES AERONAUTICOS (dano leve ou quase dano com intenção de voo))
- **FAUNA.** (Indicadores: COLISÃO, QUASE COLISÃO, AVISTAMENTO)
- **OBJETO ESTRANHO.** (Indicadores: F.O (objeto), FOD (objeto causador de dano))
- **SOLO E PISTA.** (Indicadores: OCORRENCIAS DE SOLO e INCURSAO EM PISTA)

Exemplos de fatores contribuintes aos riscos: **Iluminação, sinalização, layout, vegetação, dirigibilidade, treinamento, inspeção, etc.**

3.2. Proposição do projeto fuzzy

Nesse contexto, propõe-se uma modelagem (Fig. 15) com uma abordagem multicritério fuzzy para a realidade de uma área de movimento de aeronaves de aeroportos, assim como proposto no modelo fuzzy para acidentes aeronáuticos apresentado em PACHECO *et al.* (2014).

Proposta de indicadores para uma modelagem fuzzy:

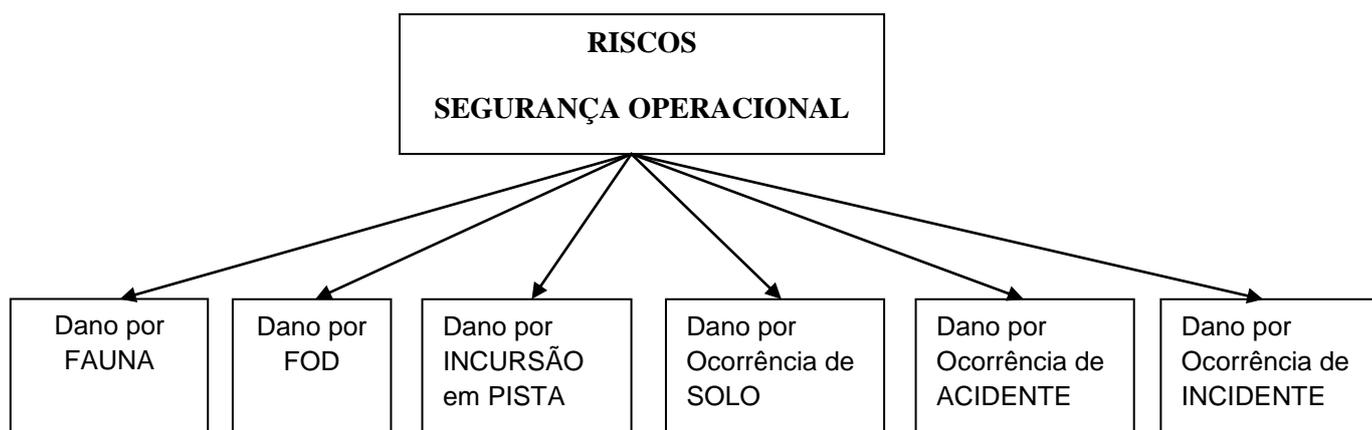


Figura 15. Riscos de Segurança Operacional

3.3. Definição dos Riscos do Estudo

Basicamente, todos os indicadores que se referem à segurança operacional no Brasil (ANAC), estão ligados ao avião. Este trabalho se refere à segurança operacional na área de movimento de aeronaves do aeroporto ou aeródromo e, portanto, não tratam de acidentes aeronáuticos fora do solo, estes são tratados como acidentes aéreos. Assim, quando falamos em acidente e incidente, estamos nos referindo a danos ocorridos a bens ou pessoas na área de movimento (solo) e não em voo, podendo envolver ou não uma aeronave. Dessa forma a definição de acidentes, incidentes e ocorrência de solo, são definidas de forma diferente daqueles tratados como riscos de dano e não como danos em si, pois o risco de acidente, incidente ou ocorrência em solo, pode não ser consequência de incursão em pista, FOD ou fauna. Por exemplo, a incursão em pista por si só é um risco, mesmo não tendo ocorrido o acidente, incidente ou ocorrência em solo. O mesmo ocorre com o risco da presença de animais (fauna) e risco da presença de FOD. Neste estudo tratamos o risco de um evento e não o evento em si.

3.4. Riscos na área de movimento

- Risco de dano por **Fauna**: referente à ocorrência de dano a pessoas ou bens devido à presença de animais na área de movimento do aeroporto.
- Risco de dano por **FOD** (foreign object debris): referente à ocorrência de dano a pessoas ou bens devido à presença de FOD na área de movimento do aeroporto.
- Risco de dano por **Incursão em Pista**: referente à ocorrência de dano a pessoas ou bens devido à presença de aeronaves, pessoas ou veículos nas pistas, inclusive taxiways.
- Risco de dano por **Ocorrência de Solo**: referente à ocorrência de dano a pessoas ou bens devido à presença de aeronaves sem intenção de voo, pessoas e/ou veículos na área de movimento do aeroporto, exceto aqueles causados por ocorrência de FOD, Fauna ou Incursão em pista.
- Risco de dano por **Ocorrência de Acidente**: referente à ocorrência de dano a pessoas ou bens devido a dano grave em aeronaves com intenção de voo, exceto aqueles causados por ocorrência de FOD, Fauna ou Incursão em pista.
- Risco de dano por **Ocorrência de Incidente**: referente à ocorrência de dano a pessoas ou bens devido a dano leve em aeronaves com intenção de voo, exceto aqueles causados por ocorrência de FOD, Fauna ou Incursão em pista.

3.5. Critérios e Fatores Contribuintes dos Riscos

3.5.1. Critérios e Fatores Contribuintes para o risco de dano por **Fauna**

- **Vistoria ou Inspeção:** Referente à percepção do nível da atividade realizada pelo fiscal de pátios e pistas, que verifica atividades de animais na área de movimento, o que contribui para aumento ou diminuição do risco.
- **Afastamento:** Referente à percepção do nível de procedimentos de afastamento de animais (cercas, fogos de artifício, sonorização, etc), que contribui para o aumento ou diminuição do risco.
- **Atrativos:** Referente à percepção do nível do aparecimento de atrativos para animais (vetores, lixo, resíduos alimentares, animais mortos, etc), que contribui para o aumento ou diminuição do risco.
- **Vegetação:** Referente à percepção do nível da altura da vegetação, que facilita a camuflagem de animais e assim contribui para o aumento ou diminuição do risco.

3.5.2. Critérios e Fatores Contribuintes para o risco de dano por **FOD**

- **Vistoria ou Inspeção:** Referente à percepção do nível da atividade realizada pelo fiscal de pátios e pistas, que verifica presença de FOD (objetos estranhos ou lixo) na área de movimento, o que contribui para aumento ou diminuição do risco.
- **Conscientização:** Referente à percepção do nível de envolvimento profissional com a segurança operacional por parte dos operadores das empresas que trabalham nos pátios e pistas do aeroporto, sobre a necessidade de contribuir na atenção quanto à FOD e limpeza da área de movimento do aeroporto, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco.
- **Pressa:** Referente à percepção do nível de pressão ou prazo para execução de serviços por profissionais que estejam na área de movimento, estes executam serviços com pressa, contribuindo para a perda ou esquecimento de objetos (FOD) e assim o aumento ou diminuição do risco.

- Vento: Referente à percepção do nível de quantidade de vento diário, contribuindo para sujar a área de movimento com FOD e assim o aumento ou diminuição do risco.

3.5.3. Critérios e Fatores Contribuintes para o risco de dano por **Incursão em Pista**

- Velocidade: Referente à percepção do nível de velocidade dos veículos operacionais e a utilização das vias de serviço com velocidade incompatível com o que é preconizado nas normas de movimentação nos pátios e pistas do aeroporto contribuem para o aumento ou diminuição do risco de incursão em pistas de decolagem ou de taxi de aeronaves.
- Treinamento: Referente à percepção do nível de treinamento de direção defensiva e de treinamento em conscientização de segurança operacional dos profissionais que trabalham na área de movimento do aeroporto, principalmente aqueles que operam veículos e os que trabalham em obras e serviços nas proximidades das pistas de rolagem e de taxi contribuem para o aumento ou diminuição do risco.
- Sinalização: Referente à percepção do nível de qualidade e quantidade de sinalização vertical e horizontal, e de acordo com as normas, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de incursão em pistas.
- Envolvimento: Referente à percepção do nível dos profissionais que trabalham na área de movimento e demonstram preocupação com a segurança operacional, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de incursão em pista.
- Comunicação com Torre: Referente à percepção do nível de motoristas e profissionais que necessitam se movimentar nas pistas de pouso e decolagem e pistas de taxis se comunicam em conformidade com as normas da área de controle de solo, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de incursão em pista.
- Visibilidade: Referente à percepção do nível de iluminação de pátio, balizamento de pistas e presença de neblina e, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de incursão em pistas.

- Obras: Referente à percepção do nível do gerenciamento de obras e serviços na área de movimento contribui para o aumento ou diminuição do risco de incursão em pista.

3.5.4. Critérios e Fatores Contribuintes para o risco de dano por **Ocorrência de Solo**

- Vistoria ou Inspeção: Referente à percepção do nível de atividade realizada pelo fiscal de pátios e pistas, que verifica possíveis movimentações de aeronaves (sem intenção de voo), veículos e pessoas na área de movimento, o que contribui para aumento ou diminuição do risco de ocorrência de solo (*).
- Treinamento: Referente à percepção do nível dos atuais treinamentos para pessoas que trabalham na área de movimento, que contribuem para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência em solo (*).
- Sinalização: Referente à percepção do nível da qualidade e quantidade de sinalização vertical e horizontal existente na área de movimento que contribui para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de solo (*).
- Envolvimento: Referente à percepção do nível de preocupação com a segurança operacional de pessoas e equipes que trabalham na área de movimento, o que contribui para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de solo (*).
- Visibilidade: Referente à percepção do nível de iluminação de pátio, balizamento de pistas e presença de neblina e, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de solo (*).
- Movimento: Referente à percepção do nível de movimentação de pessoas, aeronaves e veículos na área de movimento, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de solo (*).
- Alocação: Referente à percepção do nível de alocação de aeronaves na área de movimento, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de solo (*).
- Obras: Referente à percepção do nível de controle de obras na área de movimento, inclusive serviços como corte de grama e medição de atrito,

contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de solo (*).

- **Abastecimento:** Referente à percepção do nível de controle de abastecimento de aeronaves, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de solo (*).
- **Velocidade:** Referente à percepção do nível de velocidade dos veículos na área de movimento, inclusive vias de serviços, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de solo (*).
- **Piso:** Referente à percepção das condições dos pisos da área de movimento, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de solo (*).

3.5.5. Critérios e Fatores Contribuintes para o risco de dano por **Ocorrência de Acidente**

- **Vistoria ou Inspeção:** Referente à percepção do nível de atividade realizada pelo fiscal de pátios e pistas, que verifica possíveis movimentações de aeronaves (com intenção de voo), veículos e pessoas na área de movimento, o que contribui para aumento ou diminuição do risco de ocorrência de acidente (*).
- **Treinamento:** Referente à percepção do nível dos atuais treinamentos para pessoas que trabalham na área de movimento, que contribuem para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de acidente (*).
- **Sinalização:** Referente à percepção do nível da qualidade e quantidade de sinalização vertical e horizontal existente na área de movimento que contribui para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de acidente (*).
- **Envolvimento:** Referente à percepção do nível de preocupação com a segurança operacional de pessoas e equipes que trabalham na área de movimento, o que contribui para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de acidente (*).
- **Visibilidade:** Referente à percepção do nível de iluminação de pátio, balizamento de pistas e presença de neblina e, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de acidente (*).

- Movimento: Referente à percepção do nível de movimentação de pessoas, aeronaves e veículos na área de movimento, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de acidente (*).
- Alocação: Referente à percepção do nível de alocação de aeronaves na área de movimento, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de acidente (*).
- Obras: Referente à percepção do nível de controle de obras na área de movimento, inclusive serviços como corte de grama e medição de atrito, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de acidente (*).
- Jet blast: Referente à percepção do nível de controle de Jet blast na área de movimento, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de acidente (*).

3.5.6. Critérios e Fatores Contribuintes para o risco de dano por **Ocorrência de Incidentes**

- Vistoria ou Inspeção: Referente à percepção do nível de atividade realizada pelo fiscal de pátios e pistas, que verifica possíveis movimentações de aeronaves (sem intenção de voo), veículos e pessoas na área de movimento, o que contribui para aumento ou diminuição do risco de ocorrência de incidentes (*).
- Treinamento: Referente à percepção do nível dos atuais treinamentos para pessoas que trabalham na área de movimento, que contribuem para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de incidentes (*).
- Sinalização: Referente à percepção do nível da qualidade e quantidade de sinalização vertical e horizontal existente na área de movimento que contribui para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de incidentes (*).
- Envolvimento: Referente à percepção do nível de preocupação com a segurança operacional de pessoas e equipes que trabalham na área de movimento, o que contribui para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de incidentes (*).

- Visibilidade: Referente à percepção do nível de iluminação de pátio, balizamento de pistas e presença de neblina e, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de incidentes (*).
- Movimento: Referente à percepção do nível de movimentação de pessoas, aeronaves e veículos na área de movimento, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de incidentes (*).
- Alocação: Referente à percepção do nível de alocação de aeronaves na área de movimento, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de incidentes (*).
- Obras: Referente à percepção do nível de controle de obras na área de movimento, inclusive serviços como corte de grama e medição de atrito, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de incidentes (*).
- Abastecimento: Referente à percepção do nível de controle de abastecimento de aeronaves, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de incidentes (*).
- Jet blast: Referente à percepção do nível de controle de Jet blast na área de movimento, contribuindo para o aumento ou diminuição do risco de ocorrência de acidente (*).

(*) exceto aqueles riscos por ocorrência de FOD, Fauna ou Incursão em pista.

3.6. Diagrama de Riscos de Segurança Operacional

Para melhor entendimento e visualização é apresentado um diagrama de risco de Segurança Operacional da área de movimento de aeronaves de aeroportos (Fig. 16) que demonstra de dia e de noite (Nível 2) os seis riscos do estudo (Nível 3) e os vários fatores contribuintes (Avaliação dos Especialistas) para cada risco, que a partir de um formulário serão pontuados pelos especialistas (Fiscal de Pátios e Pistas e o Controlador de Solo) dos aeroportos estudados.

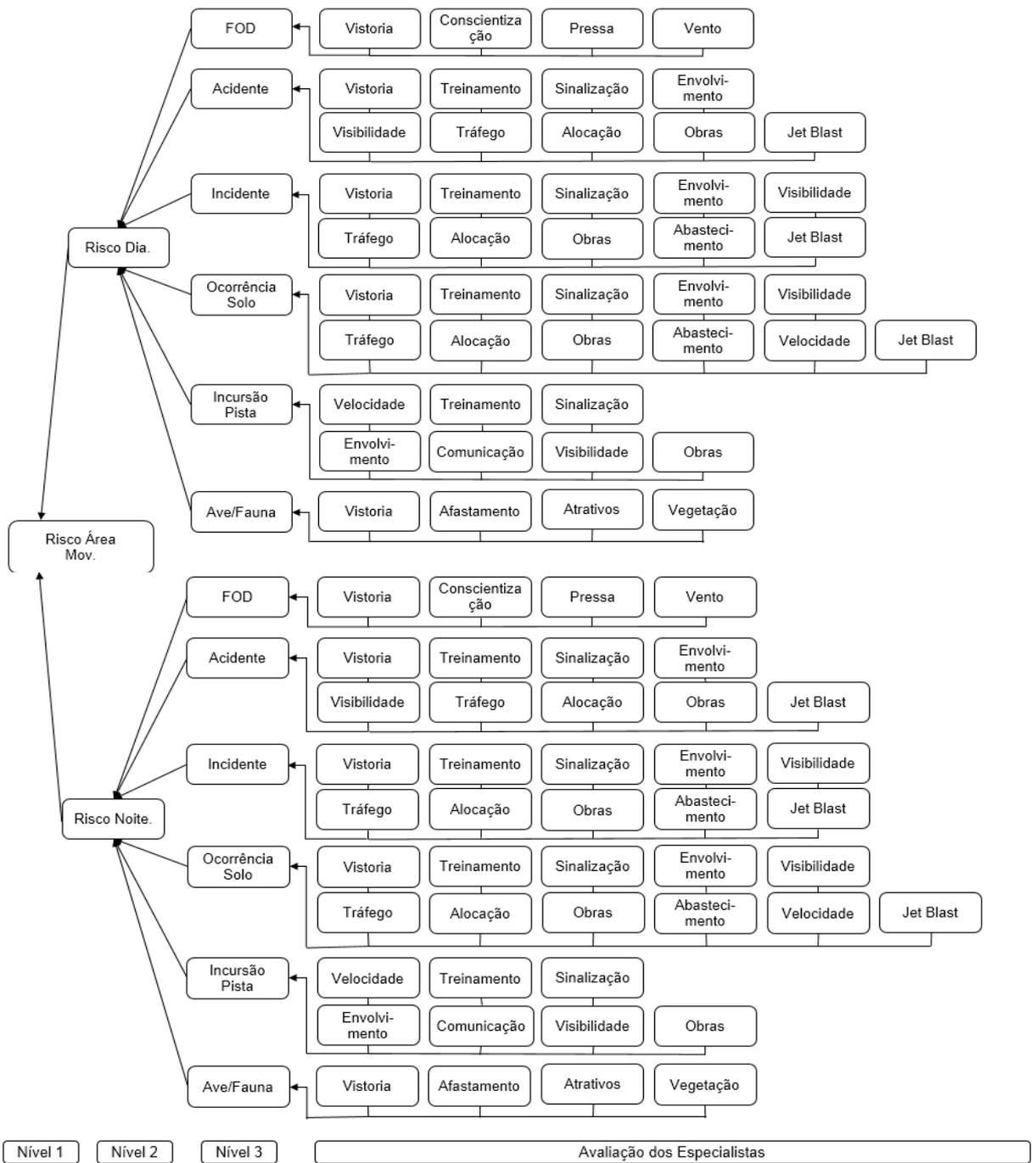


Figura 16. Diagrama de Riscos de Segurança Operacional de Dia e de Noite.

4. Metodologia

A metodologia proposta consiste na identificação de um índice de risco fuzzy, para tomada de decisão de mitigação do risco para que o mesmo esteja em um nível aceitável ou até mesmo da eliminação do risco na área de movimento. Este cálculo de índice de risco serão “fuzzyficados” através de entradas de informações de especialistas previamente definidas como critérios de fatores contribuintes para um determinado risco.

A Teoria de Conjuntos Fuzzy foi concebida por ZADEH (1965) com o objetivo de fornecer um ferramental matemático para o tratamento de informações de caráter impreciso ou vago. A Lógica Fuzzy, baseada nessa teoria, foi inicialmente construída a partir dos conceitos já estabelecidos de lógica clássica, operadores foram definidos à semelhança dos tradicionalmente utilizados e outros foram introduzidos ao longo do tempo, muitas vezes por necessidades de caráter eminentemente prático.

$$\chi_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x \in A \\ 0, & \text{se } x \notin A \end{cases}$$

Os conceitos de Lógica Fuzzy nasceram inspirados na lógica tradicional, embora modificações tenham se tornadas necessárias para adaptá-los aos requisitos de aplicações em engenharia. A extensão da lógica tradicional para a Lógica Fuzzy foi efetuada através da simples substituição das funções características (ou funções de pertinência bivalentes) da primeira por funções de pertinência fuzzy, à semelhança da extensão de conjuntos ordinários para conjuntos fuzzy. Assim, a declaração condicional *se x é A então y é B* tem uma função de pertinência $(x, y) A \rightarrow B$ μ que mede o *grau de verdade* da relação de implicação entre x e y .

Exemplos de $(x, y) A \rightarrow B$, obtidos pela simples *extensão* de funções de pertinência bivalentes da lógica proposicional para a lógica fuzzy, são:

$$\begin{aligned} \mu_{A \rightarrow B}(x, y) &= 1 - \min [\mu_A(x), 1 - \mu_B(y)] \\ \mu_{A \rightarrow B}(x, y) &= \max [1 - \mu_A(x), \mu_B(y)] \end{aligned}$$

Embora a teoria clássica dos conjuntos seja a base da matemática moderna, existem bases para modelar a maioria dos problemas reais. A Lógica Fuzzy é uma extensão da

lógica booleana, na qual os valores contínuos de verdade são admitidos, em vez dos dois únicos valores discretos extremos (verdadeiro ou falso) da lógica clássica (aristotélica). Na Lógica Fuzzy, de forma diferente, uma proposição pode apresentar inúmeros graus de verdade. Ex.: “completamente verdadeiro”, ”parcialmente falso”. Mudanças de comportamento, atitudes, conhecimento, perspectivas ou outros atributos humanos e a importância de tais atributos em diferentes dimensões da vida, são as variáveis linguísticas. A Teoria de Conjuntos Fuzzy é, portanto, a matemática que formaliza manipulação computacional de percepções.

Antes de prosseguirmos, há necessidade se explicar melhor o conceito de fuzzy (nebuloso) e o escopo de sua aplicação no tratamento da imprecisão. Imprecisão (ou incerteza) associada com a ocorrência futura de algum evento está ligada ao tratamento probabilístico. Imprecisão associada à descrição de sistemas leva naturalmente ao tratamento fuzzy, ou seja, o conhecimento que possuímos a respeito da estrutura interna do objeto em estudo não é suficiente para formularmos equações (convencionais) precisas, por exemplo, verificaremos a diferença entre ambiguidade e difusão ou nebulosidade.

Um exemplo sem ambiguidade linguística:

Um aluno pergunta ao professor: - aceita uma bala?

A resposta certamente será “sim, obrigado” ou “não, obrigado”. Existem duas possibilidades bem delimitadas, pois o professor QUER ou NÃO QUER a bala, não havendo margem de imprecisão a princípio. Já a frase seguinte pode dar origem a uma situação fuzzy, mesmo após a remoção da ambiguidade: - "Esse prato é quente ! "

Neste caso existem 3 possibilidades: o prato está na moda; o prato está apimentado ou o prato está com temperatura elevada. Nos dois primeiros casos, a incerteza é removida após o esclarecimento, no terceiro caso, o conceito de QUENTE dá oportunidade para o tratamento fuzzy, tendo em vista que as pessoas divergem bastante em sua conceituação de sensações térmicas.

A Lógica Nebulosa (Fuzzy), com base na teoria dos Conjuntos Nebulosos (Fuzzy Set), tem se mostrado mais adequada para tratar imperfeições da informação do que a teoria das probabilidades. De forma mais objetiva e preliminar, podemos definir Lógica

Nebulosa como sendo uma ferramenta capaz de capturar informações vagas, em geral descritas em uma linguagem natural e convertê-las para um formato numérico, pois é mais fácil ligar a linguística e a inteligência humana, porque muitos conceitos são melhores definidos por palavras do que pela matemática ZADEH (1965). A Lógica Nebulosa, também pode ser definida como a lógica que suporta os modos de raciocínio que são aproximados, ao invés de exatos, como estamos naturalmente acostumados a trabalhar. Ela está baseada na teoria dos conjuntos nebulosos e difere dos sistemas lógicos tradicionais em suas características e detalhes. Assim pode-se afirmar que a Lógica Fuzzy é um tipo de inteligência artificial.

ZADEH (1973) argumenta que nossa habilidade de fazer afirmações precisas e significantes sobre o comportamento de sistemas diminui à medida que estes se tornam mais complexos. Ele propôs o uso de conjuntos nebulosos e métodos de aproximações para modelar tais sistemas.

Uma análise multicritério surgiu nos anos 60 como instrumento de apoio à decisão. É aplicada na análise comparativa de projetos alternativos ou medidas heterogêneas e através desta técnica pode se ter em conta diversos critérios, simultaneamente, na análise de uma situação complexa. O método destina-se a ajudar os gestores a integrar diferentes opções nas suas ações, refletindo sobre as opiniões de diferentes atores envolvidos num quadro prospectivo ou retrospectivo. Os resultados são, em geral, orientados decisões de natureza operacional ou para a apresentação de recomendações para futuras atividades. A avaliação multicritério pode ser organizada com vista a produzir uma conclusão sintética simples no final da avaliação ou, pelo contrário, com vista a produzir conclusões adaptadas às preferências e prioridades de diferentes parceiros.

Apenas para exemplificar e demonstrar a utilização da Lógica Nebulosa, o Japão é um dos maiores utilizadores e difusores:

- O metrô da cidade de Sendai utiliza desde 1987 um sistema de controle fuzzy.
- Aspiradores de pó e máquinas de lavar da empresa Matsushita - carregam e ajustam automaticamente à quantidade de detergente necessário, a temperatura da água e o tipo de lavagem.

- TVs da Sony utilizam lógica fuzzy para ajustar automaticamente o contraste, brilho, nitidez e cores.
- A Nissan utiliza lógica fuzzy em seus carros no sistema de transmissão automática e freios antitravamento.
- Mitsubishi tem um ar condicionado industrial que usa um controlador fuzzy. Economiza 24% no consumo de energia.
- Câmeras e gravadoras usam fuzzy para ajustar foco automático e cancelar os tremores causados pelas mãos trêmulas.

A metodologia aqui proposta se focaliza na análise da probabilidade de ocorrência de seis tipos de riscos, tradicionalmente tratados nos sistemas de SMS de área de movimento de aeronaves em aeroportos. O SMS sugerido por ICAO (2013) define a probabilidade de avaliação de riscos segundo a Tabela 09, vinculando a classificação à ocorrência prévia do risco.

Tabela 09 – Safety risk probability table

Likelihood	Meaning	Value
Frequent (F)	Likely to occur many times (has occurred frequently)	5
Occasional (O)	Likely to occur sometimes (has occurred infrequently)	4
Remote (R)	Unlikely to occur, but possible (has occurred rarely)	3
Improbable (I)	Very unlikely to occur (not know to have occurred)	2
Extremely improbable (E)	Almost inconceivable that the event will occur	1

Fonte: ICAO (2013)

A proposição é considerar, para a mensuração das probabilidades, os drivers dos riscos, avaliados por um conjunto de especialistas, inspetores de segurança operacional, que conheçam o aeroporto e as práticas de SMS na área de movimento de aeronaves do mesmo. A opinião destes especialistas embute a percepção que eles possuem das características e situação real do aeroporto. Em nosso entender, superando a necessidade de avaliação de características específicas que são sugeridas pela literatura. Neste estudo não se estabelece uma correlação estatística entre o risco e as características, mas sim uma relação perceptiva do especialista sobre os drivers dos riscos. Para consolidação da opinião desses especialistas se sugere a utilização da metodologia de fuzzy sets idealizada por ZADEH (1965). De outra forma, a ênfase muda da ocorrência para as causas dos riscos, que podem estar presentes mesmo que um determinado risco nunca tenha ocorrido.

A eficiência da metodologia aplicada verificou a necessidade do cálculo de índices de risco na área de movimento utilizando a Lógica Fuzzy, para aferir esses indicadores de riscos operacionais e para acelerarmos o processo de teste dos dados, utilizaremos um aplicativo de informática de nome MATLAB.

4.1. Índice Fuzzy para Especialistas

Para esse estudo, foram avaliados dois aeroportos e ambos são administrados pela mesma empresa, a Infraero. A mesma metodologia foi aplicada nos dois aeroportos, um da cidade do Rio de Janeiro e outro da cidade de São Paulo, e esses dois aeródromos possuem o mesmo perfil operacional. Os resultados se basearam nas percepções dos fiscais de pátio e dos controladores de solo dos aeroportos, que são especialistas da área de movimento.

Esses dois tipos especialistas foram previamente pontuados com base em 3 condições existentes em suas vidas profissionais (Apêndice 1):

- 1 Tempo que trabalha na empresa que administra aeroportos. Tempo em administração de aeroportos (TA)
- 2 Tempo de serviço na área operacional. Tempo em operações (TO)
- 3 Tempo de serviço especificamente no pátio (fiscal) ou na torre de controle / solo (GND) controladores. Tempo como especialista (TE)

Apesar desses três tempos serem diferenciais como critério do conhecimento e percepção dos riscos dos especialistas, neste trabalho trataremos apenas do tempo de serviço como especialista (TE), de outra forma poderíamos ter condições de verificar a consistência das informações, antes de tratar de forma final o grau de especialização do profissional de aeroporto, conforme a Fig. 17.

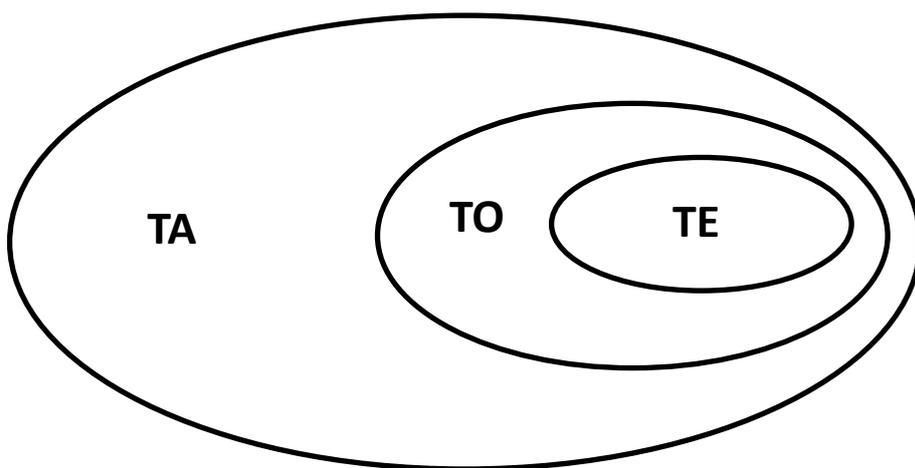


Figura 17. Esquemática do espaço amostral do conjunto de especialistas por tempo de especialização.

Na análise de consistência, utilizando os 3 tempos de serviço profissional, a próxima etapa foi a de verificar a consistência da informação:

Se $TE > TO$ então “informação inconsistente”

Se $TO > TA$ então “informação inconsistente”

Se $TE > TA$ então “informação inconsistente”

Em qualquer um desses casos de inconsistência, a informação de tempo de serviço, foi checada com o especialista para a troca pela informação correta. Em caso a informação continuasse incorreta, o formulário seria descartado, contudo, não houve necessidade de descarte e todos os formulários foram aproveitados.



Figura 18 - Gráfico de Nível de experiência de especialistas

Para o cálculo do peso que caberá a cada especialista, foi utilizada a Lógica Fuzzy, considerando três níveis de conhecimento: baixo, médio e alto (Fig. 18).

O grau de conhecimento do especialista (pertinência), utilizando a fuzzificação dos três níveis de especialização, baixa até 5 anos, média de 2 anos até 8 anos e alta acima de 5 anos. Sendo considerados satisfatórios os profissionais com experiência profissional igual ou acima de 10 anos, assim os profissionais com o maior peso são aqueles possuem tempo de empresa de administração aeroportuária (TA), tempo de área

operacional (TO) e tempo de especialização em pátio ou solo igual ou superior a 10 anos. A configuração segue conforme Tabela 10 a seguir:

Tabela 10 – Níveis de pertinência de Experiência de Especialista

Anos	Baixo	Médio	Alto
0	1		
1	1		
2	1	0	
3	0,67	0,33	
4	0,33	0,67	
5	0	1	0
6		0,67	0,33
7		0,33	0,67
8		0	1
9			1
10			1

A Tabela 11 apresenta o nível de especialização, combinado com a respectiva função de pertinência e os centroides, conforme apresentado na Figura 18.

Tabela 11 - Centroides para fuzzyficação de níveis de especialização

Nível de Especialização	Função de Pertinência de anos de experiência	Centroides
Baixo	(0, 0, 2, 5)	1,75
Médio	(2, 5, 5, 8)	5,00
Alta	(5, 8, 10,10)	8,25

μ_{TA} = somatório dos graus de pertinências * centroides (do nível de experiência)

$$\mu_{TA} = \sum (TA * Ce) * w_{TA}$$

μ_{TO} = somatório dos graus de pertinências * centroides (do nível de experiência)

$$\mu_{TO} = \sum (TO * Ce) * w_{TO}$$

μ_{TE} = somatório dos graus de pertinências * centroides (do nível de experiência)

$$\mu_{TE} = \sum (TE * Ce) * w_{TE}$$

Como exemplo, imaginemos que um especialista possua o seguinte tempo de empresa:

$$TA = 7 (w=8,25), TO = 5 (w=5) \text{ e } TE = 2 (w=5)$$

Então:

Para $TA = 7$

$$p_{TA} (\text{médio}) = 0,33, c_{TA} (\text{médio}) = 5,0$$

$$p_{TA} (\text{alto}) = 0,67, c_{TA} (\text{alto}) = 8,25$$

$$\mu_{TA} = [(0,33 \times 5) + (0,67 \times 8,25)] \times 8,25 = 59,21$$

Para $TO = 5$

$$p_{TO} (\text{baixo}) = 0, c_{TA} (\text{baixo}) = 1,75$$

$$p_{TO} (\text{médio}) = 1, c_{TA} (\text{médio}) = 5$$

$$p_{TO} (\text{alto}) = 0, c_{TA} (\text{alto}) = 8,25$$

$$\mu_{TO} = [(0 \times 1,75) + (1 \times 5) + (0 \times 8,25)] \times 5$$

$$\mu_{TO} = (1,0 \times 5) \times 5 = 25$$

Para $TE = 2$

$$p_{TE} (\text{baixo}) = 1, c_{TA} (\text{baixo}) = 1,75$$

$$p_{TE} (\text{médio}) = 0, c_{TA} (\text{médio}) = 5$$

$$\mu_{TE} = [(1 \times 1,75) + (0 \times 5)] \times 5 = 8,75$$

$$\Sigma T = \mu_{TA} + \mu_{TO} + \mu_{TE} = 59,2 + 25 + 8,75 = 93,0$$

Verificando a normalização, utilizando os tempos máximos: $TA=10$, $TO=10$ e $TE=10$

$$\mu_{TA} = (1,0)(8,25) * (8,25) = 68,06$$

$$\mu_{TO} = (1,0)(8,25) * (5,00) = 41,25$$

$$\mu_{TE} = (1,0)(8,25) * (5,00) = 41,25$$

$$\Sigma T_{MAX} = \mu_{TA} + \mu_{TO} + \mu_{TE} = 68,06 + 41,25 + 41,25 = 150,56 \text{ (MAX)}$$

$$NORM = \Sigma T / \Sigma T_{MAX} = 93 / 150,56 = 0,62$$

Ou seja, a pertinência desse especialista é de 0,62.

Devido ao fato do fiscal de pátios e pistas trabalhar diretamente na área de movimento de aeronaves e possuir contato direto com os possíveis riscos existentes na área de movimento do aeroporto, podemos considerar que as percepções desses profissionais são mais sensíveis que as percepções dos controladores de solo. Assim foi atribuído o peso de grau 10 para o especialista fiscal de pátios e pistas, e peso 7 para o especialista controlador de solo.

Assim, no exemplo, se o especialista for um fiscal de pátios e pistas, sua pertinência será 0,62 (peso), contudo se for um controlador de solo, seu grau de pertinência de percepção tratando-se de um especialista será 0,43 (peso).

4.2. Índice Fuzzy de Risco Operacional

Neste estudo, a captação dessa percepção será executada através de formulário próprio (Apêndice 2) onde estarão contidas as pontuações da percepção dos especialistas dos riscos potencialmente existentes na área de movimento do aeroporto.

Quando os fiscais e controladores de solo respondem aos questionários de avaliação de riscos, eles na verdade estão transferindo para o questionário, as suas percepções do risco e os fatores contribuintes que podem ser a causa de danos. Assim, o formulário (Apêndice 2) de avaliação por parte dos especialistas terá todos os 6 riscos, FOD, Acidentes, Incidentes, Ocorrências de Solo, Incursão em Pista e Fauna (Avefauna). Cada risco possui vários fatores contribuintes para a ocorrência de um dano a pessoas ou a bens, causados por esse risco. Por exemplo: Conforme o formulário do Apêndice 2, o risco Incursão em Pista possui 7 (sete) possíveis fatores contribuintes para a ocorrência de dano desse risco:

- Velocidade dos veículos e forma de utilização das vias de serviço.
- Treinamento dos operadores das empresas de pátio.
- Sinalização vertical e horizontal dos pátios e pistas.
- Envolvimento das Equipes dos operadores no pátio.

- Comunicação com a TWR. (Cotejamento = repetição da mensagem recebida para confirmação do receptor).
- Visibilidade de solo, presença de neblina e iluminação do pátio.
- Controle de Obras e serviços, inclusive medição de atrito e corte de grama.

As respostas da percepção dos especialistas, para cada fator contribuinte, irão variar de 1 a 10, e quanto maior o número, maior será a possibilidade de o risco causar dano, graças ao fator contribuinte avaliado. Será uma pontuação para a possibilidade de o risco causar dano de dia e outra pontuação para esse evento à noite, ou seja, para cada fator contribuinte existirão duas pontuações, uma de dia e outra de noite.

Um modelo matemático para ocorrências em área de movimento apresenta duas grandes dificuldades: a primeira é como estabelecer dados confiáveis; a segunda é a escolha de um método que gere um resultado confiável. Para essas duas dificuldades a ferramenta utilizada para demonstrar a eficiência desse projeto foi o MATLAB fuzzy (The MathWorks, 2002), com o controlador Mamdani, em um ambiente padrão da Lógica Fuzzy, no formato: \rightarrow input \rightarrow regras \rightarrow output.

As entradas (inputs) dessa metodologia fuzzy variam de 1 a 5, sendo 1 considerado baixo risco, 2 e 3 médio risco, e 4 e 5 alto risco. Contudo, o formulário possui numeração de risco de 1 a 10, esse fato ocorre para o aumento do número de opções de escolha dos especialistas no formulário devido à tendência natural do ser humano de centralizar suas escolhas quando as opções são pequenas. Assim, o resultado da pontuação der 1 a 10 informada pelos especialistas é X, porém o resultado Y é a metade do informado em X, perfazendo $Y = \text{INT}(X \div 2)$, o próprio formulário (Apêndice 2) apresenta para cada fator contribuinte 5 termos linguísticos, por exemplo, o fator contribuinte D1 (vistoria) poderá ser eficiente (1), quase eficiente (2), incompleta (3), rara (4) ou inexistente (5), já o fator D2 (treinamento) pode ser ótimo (1), bom (2), médio (3), fraco (4) ou inexistente (5) e dessa forma:

- o valor no formulário de 1 ou 2 representa o input 1;
- o valor no formulário de 3 ou 4 representa o input 2;
- o valor no formulário de 5 ou 6 representa o input 3;
- o valor no formulário de 7 ou 8 representa o input 4;
- o valor no formulário de 9 ou 10 representa o input 5;

4.4.1. Entradas (Inputs)

Os Inputs criados foram:

OCO ACI day é a percepção do risco de **ocorrência de acidente** de dia pelo especialista.

OCO INC day é a percepção do risco de **ocorrência de incidente** de dia pelo especialista.

OCO SOL day é a percepção do risco de **ocorrência de solo** de dia pelo especialista.

FOD day é a percepção do risco de dano por **FOD** de dia pelo especialista.

INC PIS day é a percepção do risco de **incursão em pista** de dia pelo especialista.

AVE FAU day é a percepção do risco de **aves e outros animais** de dia pelo especialista.

OCO ACI night é a percepção do risco de **ocorrência de acidente** de noite pelo especialista.

OCO INC night é a percepção do risco de **ocorrência de incidente** de noite pelo especialista.

FOD night é a percepção do risco de dano por **FOD** de noite pelo especialista.

OCO SOL night é a percepção do risco de **ocorrência de solo** de noite pelo especialista.

INC PIS night é a percepção do risco de **incursão em pista** de noite pelo especialista.

AVE FAU night é a percepção do risco de **aves e outros animais** de noite pelo especialista.

4.4.2. Saídas (Outputs)

As saídas são números que variam de 1 a 5 (índices de risco) gerados pela metodologia fuzzy. Assim:

Output OCO ACI day, é o índice fuzzy de risco, da possibilidade de dano por **ocorrência de acidente** de dia.

Output OCO INC day, é o índice fuzzy de risco, da possibilidade de dano por **ocorrência de incidente** de dia.

Output OCO SOL day, é o índice fuzzy de risco, da possibilidade de dano por **ocorrência de solo** de dia.

Output FOD day, é o índice fuzzy de risco, da possibilidade de dano por **FOD** de dia.

Output INC PIS day, é o índice fuzzy de risco, da possibilidade de dano por **incursão em pista** de dia.

Output AVE FAU day, é o índice fuzzy de risco, da possibilidade de dano por **aves e outros animais** de dia.

Output OCO ACI night, é o índice fuzzy de risco, da possibilidade de dano por **ocorrência de acidente** à noite.

Output OCO INC night, é o índice fuzzy de risco, da possibilidade de dano por **ocorrência de incidente** à noite.

Output OCO SOL night, é o índice fuzzy de risco, da possibilidade de dano por **ocorrência de solo** à noite.

Output FOD night, é o índice fuzzy de risco, da possibilidade de dano por **FOD** à noite.

Output INC PIS night, é o índice fuzzy de risco, da possibilidade de dano por **incursão em pista** à noite.

Output AVE FAU night, é o índice fuzzy de risco, da possibilidade de dano por **aves e outros animais** à noite.

Output AERO day, é o índice fuzzy de risco, da possibilidade de **dano de dia**.

Output AERO night, é o índice fuzzy de risco, da possibilidade de **dano à noite**.

Output AERO geral, é o índice fuzzy de risco, da possibilidade de **dano de dia e de noite**.

Quando os fiscais e controladores de solo respondem aos questionários de avaliação de riscos, eles na verdade estão transferindo para o questionário, o conjunto de percepções de riscos que eles vivenciaram. A utilização da Lógica Fuzzy nos permite transformar as opiniões dos especialistas, através de termos linguísticos, em indicadores de pertinência com os termos, com posterior união das opiniões sobre os drivers de risco em indicadores fuzzy e posterior defuzzificação, resultando em um indicador em uma escala contínua, neste estudo definida pelo intervalo entre 1 e 5 (de 1 a < 1.8; de 1.8 a < 2.6; de 2.6 a < 3.4 e de 4.2 a 5). Assim as categorias recomendadas por ICAO (2013) serão interpretadas em intervalos, como apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 – Safety risk probability table

Likelihood	Meaning	Value
Frequent (F)	Likely to occur many times (has occurred frequently)	4.2 a 5
Occasional (O)	Likely to occur sometimes (has occurred infrequently)	3.4 a < 4.2
Remote (R)	Unlikely to occur, but possible (has occurred rarely)	2.6 a < 3.4
Improbable (I)	Very unlikely to occur (not know to have occurred)	1.8 a < 2.6
Extremely improbable (E)	Almost inconceivable that the event will occur	1 a < 1.8

PACHECO *et al.* (2014), citando vários artigos técnicos sobre a aplicação da Lógica Fuzzy na avaliação de riscos em diferentes áreas, indicam que a utilização da Lógica Fuzzy para a definição de indicadores tem possibilitado a obtenção de índices mais próximos da realidade, principalmente em situações onde as estatísticas são difíceis de serem apuradas e apresentam alto grau de incerteza, como é o caso sistemas de segurança operacional em transporte aéreo.

Como os métodos da Lógica Fuzzy estão bastante difundidos na literatura e já existe literatura completa sobre os métodos, e são apresentados os parâmetros que definem os termos linguísticos utilizados no estudo, neste estudo consideramos a mesma estrutura de termos linguísticos para fuzzificação e defuzzificação.

O elemento-chave que orienta a tomada de decisão na modelagem fuzzy é a regra na forma: se (A - evento observado - entrada), então (B - evento resultante - saída). Como exemplo, os eventos observados e os eventos resultantes são expressos por termos

linguísticos, Fig. 19. Esses termos linguísticos procuram representar a complexidade da medida, onde:

E = Extremamente improvável

I = Imprvável

R = Remoto

O = Ocasional

F = Frequente

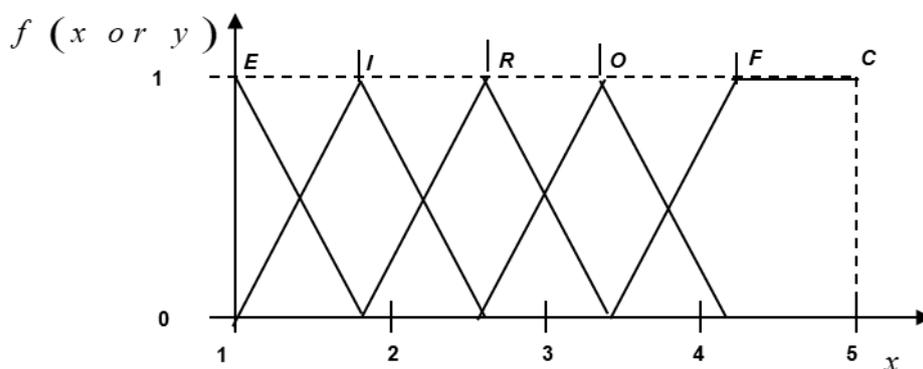


Figura 19. Termos linguísticos (input ou output)

O conjunto de entrada difusa (fuzzy) e o conjunto de saída difusa (fuzzy) podem ser representados, respectivamente, pelas equações 1 e 2.

$$A = \{x, f(x), x \in R \text{ and } f(x) \in R \mid 1 \leq x \leq 5 \text{ and } 0 \leq f(x) \leq 1\} \quad (1)$$

$$B = \{y, f(y), y \in R \text{ and } f(y) \in R \mid 1 \leq y \leq 5 \text{ and } 0 \leq f(y) \leq 1\} \quad (2)$$

Por exemplo, uma determinada entrada pode ser medida em cinco categorias (Tabela 02). É assim que as pessoas tendem a argumentar inerentemente; um especialista, no entanto, se solicitado a classificar uma determinada entrada em uma escala de 1 a 5, onde 1 é a melhor situação e 5 o pior, pode apontar para o número 2.5, por exemplo. Considerando o termo linguístico na Fig. 19, pode-se dizer que o especialista indicou uma situação que cai entre Improbable e Remote. A título de exemplo, de acordo com o termo linguístico na Fig. 19, o primeiro termo linguístico poderia ser representado pelas

equações 3 e as equações 4 o segundo termo linguístico, onde ϵ é um número real variando de 1 a 5.

$$f(x_E) = \begin{cases} 0, & \text{if } x \geq 1.8 \\ \frac{1.8-x}{0.8}, & \text{if } 1 \leq x < 1.8 \end{cases} \quad (3)$$

$$f(x_I) = \begin{cases} 0, & \text{if } x \geq 2.6 \\ 1 - \frac{1.8-x}{0.8}, & \text{if } 1 \leq x < 1.8 \\ \frac{2.6-x}{0.8}, & \text{if } 1.8 \leq x < 2.6 \end{cases} \quad (4)$$

Assim, cada classificação terá uma expressão matemática $f(x)$ para definir para qualquer avaliação. Para $x = 1.8$, $f(x_E)$ será igual a 0 (zero), $f(x_I)$ será igual a 1 e $f(x_R)$ será igual a 0. O raciocínio análogo pode ser aplicado às saídas. Neste estudo, os termos linguísticos em uma escala de 1 a 5 foram utilizados para insumos de análise de risco aeroportuário. As regras do processo de tomada de decisão (se x então y) estão sujeitas a pesos (W). Essa ponderação reflete a influência relativa da regra na saída, porque a saída compreende a operação conjunta das regras de acordo com critérios pré-estabelecidos. Dado esses elementos, as ferramentas de teoria de conjuntos são usadas para o processo de fuzzificação e, em seguida, através de um modelo matemático determinista chamado defuzzificação, são obtidos resultados numéricos para as saídas de análise. A saída desse processo fornece um índice resultante da aplicação das entradas na unidade de observação monitorada, de acordo com um modelo difuso (fuzzy) definido para a análise no MATLAB (The MathWorks, 2002). Usando este índice construído através de vários insumos, de acordo com as opiniões de especialistas, um nível de risco é determinado para cada categoria de indicadores de risco em relação aos demais.

Assim, uma estrutura de cinco níveis foi utilizada para as medições dos especialistas nas entradas primárias e nas saídas intermediárias. Os resultados intermediários (que são entradas para níveis subsequentes de agregação) e os resultados finais para o cálculo dos indicadores de risco para o aeroporto de áreas de movimento de aeroportos também são medidos usando um termo linguístico básico com uma estrutura de cinco níveis.

5. Dados

Cada risco recebeu um peso de acordo com a pontuação dos especialistas, e como resultado da média de pontuação dos especialistas, já computados os seus respectivos pesos de especialização, teremos a tabela 13 abaixo, representando os inputs dos termos linguísticos para a fuzzyficação para os dois aeroportos estudados, de dia e de noite. Além disso, cada risco possui um peso de importância, estimada pelos especialistas e considerada na avaliação do risco.

Tabela 13 – Tabela de Pontuação dos Especialistas

RISCO	FATOR	PESO	Congonhas		Santos Dumont	
			DIA (P=0,7)	NOITE (P=1,0)	DIA (P=0,7)	NOITE (P=1,0)
A. FOD (P=0,5)	A1.. Vistoria	1,0	1,18	1,80	1,00	1,27
	A2. Conscientização	0,6	2,07	2,16	2,87	3,04
	A3. Pressa	0,8	3,04	3,13	2,78	2,78
	A4. Vento	0,3	3,31	3,38	2,16	2,33
B. Acidentes graves (P=1,0)	B1. Vistoria	1,0	1,62	1,71	1,18	1,36
	B2. Treinamento	0,6	2,33	2,42	2,24	2,60
	B3. Sinalização	0,9	1,89	2,07	1,89	2,07
	B4. Envolvimento	0,7	1,98	2,07	1,36	1,53
	B5. Visibilidade	0,5	2,16	2,33	2,07	2,24
	B6. Movimento	0,5	3,31	3,22	2,60	2,24
	B7. Alocação	0,3	1,60	1,65	2,07	2,51
	B8. Obras	0,4	1,62	1,72	1,36	1,44
	B9. Jet Blast	0,2	2,07	2,09	1,17	1,28
C. Incidentes leves (P=0,8)	C1. Vistoria	1,0	1,98	2,07	1,09	1,18
	C2. Treinamento	0,6	2,24	2,26	1,44	1,47
	C3. Sinalização	0,9	1,71	1,80	2,24	2,33
	C4. Envolvimento	0,7	2,07	2,45	1,53	1,61
	C5. Visibilidade	0,5	1,71	1,80	2,42	2,49
	C6. Movimento	0,5	3,40	3,22	1,98	2,16
	C7. Alocação	0,3	1,71	1,77	1,98	2,16
	C8. Obras	0,4	1,62	1,65	1,53	1,59
	C9. Abastecimento	0,2	3,04	3,13	1,80	1,89
	C10. Jet Blast	0,2	2,16	2,20	1,00	1,07
D. Ocorrências de solo (P=0,4)	D1. Vistoria	1,0	1,53	1,62	1,18	1,23
	D2. Treinamento	0,6	2,16	2,19	2,07	2,14
	D3. Sinalização	0,9	2,07	2,24	2,16	2,22

	D4. Envolvimento	0,7	2,16	2,21	1,89	1,89
	D5. Visibilidade	0,5	1,53	1,71	2,42	2,60
	D6. Movimento	0,5	4,11	4,29	1,71	2,60
	D7. Alocação	0,2	1,80	1,89	1,79	1,80
	D8. Obras	0,2	1,53	1,44	1,53	1,56
	D9. Abastecimento	0,3	2,87	2,96	1,71	1,78
	D10. Velocidade	0,9	1,98	2,07	2,07	2,11
	D11. Piso	0,7	2,96	2,96	2,51	2,51
E. Incursão em pista (P=0,5)	E1. Velocidade	0,7	2,60	2,66	1,53	2,07
	E2. Treinamento	0,5	2,07	2,07	2,24	2,24
	E3. Sinalização	0,8	2,24	2,26	1,98	2,19
	E4. Envolvimento	0,4	2,24	2,29	2,60	2,63
	E5. Comunicação	1,0	1,71	1,75	2,07	2,11
	E6. Visibilidade	0,6	1,98	2,07	2,24	2,29
	E7. Obras	0,4	1,62	1,63	1,36	1,38
F. Fauna (P=0,3)	F1. Vistoria	1,0	1,62	1,71	1,18	1,19
	F2. Afastamento	0,5	2,60	2,65	4,47	4,50
	F3. Atrativos	0,8	2,51	2,60	2,96	3,13
	F4. Vegetação	0,6	1,62	1,68	1,36	1,39

P - Peso

6. Resultados e Discussão

Ao dividir 5 valores em termos de escala contínua de 0 a 5, teremos as seguintes faixas:

- de 0 a < 1;
- de 1 a < 2;
- de 2 a < 3;
- de 3 a < 4;
- de 4 a < 5;

Porém, para dividir 5 valores em escala contínua de 1 a 5, teremos as faixas conforme a Tabela 14. Dessa forma, os cinco termos linguísticos foram divididos conforme essa tabela.

Tabela 14 – Tabela de Pontuação de Possibilidade de Risco

Muito Improvável	Improvável	Remoto	Ocasional	Frequente
1 a < 1,8	1,8 a < 2,6	2,6 a < 3,4	3,4 a < 4,2	4,2 a 5

A Tabela 15 é a conversão da Tabela 02 (ANAC) para a Lógica Fuzzy de probabilidades.

Tabela 15 – Tabela de Possibilidade (fuzzy)

(índice fuzzy de possibilidade de ocorrência de danos a pessoas ou bens)

Definição Qualitativa	Descrição	Valor
5 - Frequente	É provável que ocorra muitas vezes ou, tem corrido frequentemente.	4,2 a 5
4 - Ocasional	É provável que ocorra algumas vezes ou, tem ocorrido com alguma frequência.	3,4 a < 4,2
3 - Remoto	Possível que venha a ocorrer.	2,6 a < 3,4
2 - Improvável	Possível ocorrer, mas de forma rara.	1,8 a < 2,6
1 – Muito Improvável	Improvável que o evento ocorra e não há informações que o mesmo tenha ocorrido.	1 a < 1,8

Já a Tabela 16 é a conversão da Tabela 04 para uma Lógica Fuzzy de probabilidade ou possibilidade de risco.

Tabela 16 – Tabela de Classificação

(Matriz de Análise de Severidade do Risco)

Valor	Severidade do risco	Catastrófico	Crítico	Marginal	Pequeno	Insignificante
	Possibilidade do Risco (fuzzy)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
4,2 a 5	Frequente	5A	5B	5C	5D	<u>5E</u>
3,4 a < 4,2	Ocasional	4A	4B	4C	<u>4D</u>	<u>4E</u>
2,6 a < 3,4	Remoto	3A	3B	<u>3C</u>	<u>3D</u>	3E
1,8 a < 2,6	Improvável	2A	<u>2B</u>	<u>2C</u>	2D	2E
1 a < 1,8	Muito Improvável	<u>1A</u>	<u>1B</u>	1C	1D	1E

A Tabela 17 é uma nova adequação dos índices de avaliação dos riscos da Tabela 05. Assim, a região inaceitável foi acrescida de 3 alfanuméricos da região tolerável, 4A, 3A e 2A, por se considerar que os riscos são catastróficos (letra A), exceto aqueles muito improváveis, são inaceitáveis. Quanto à região tolerável, ela é acrescida do índice alfanumérico 1A, pela necessidade de mitigação de um risco catastrófico, mesmo este sendo muito improvável.

Tabela 17 – Tabela de Tolerabilidade

DESCRIÇÃO DE TOLERABILIDADE	ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DO RISCO	CRITÉRIO SUGERIDO
 Região inaceitável	5A, 5B, 5C,	Inaceitável sob as circunstâncias existentes.
	5D, 4A, 4B, 4C, 3A, 3B,2A	
 Região tolerável	5E, 4D, 4E,	Aceitável com mitigação do risco. Pode requerer uma decisão da direção.
	3C, 3D, 2B, 2C, 1A	
 Região aceitável	2D, 2E, 1B,	Aceitável
	1C, 1D, 1E	

A Tabela 18 representa o resultado (output), após a fuzzyficação, defuzzyficação e normalização dos dados de input, utilizando o aplicativo MATLAB (fuzzy).

Tabela 18 – Tabela de Pontuação de Possibilidade de Risco, resultado da parametrização no MATLAB (fuzzy).

SBSP (Congonhas) Output FOD day = 2,1361 Output OCO ACI day = 2,0633 Output OCO INC day = 2,1275 Output OCO SOL day = 2,5237 Output INC PIS day = 2,2000	SBRJ (Santos Dumont) Output FOD day = 2,0929 Output OCO ACI day = 1,8935 Output OCO INC day = 1,9584 Output OCO SOL day = 1,9913 Output INC PIS day = 2,1623
---	--

Output AVE FAU day = 2,1705	Output AVE FAU day = 2,6094
Output FOD night = 2,3413	Output FOD night = 2,1230
Output OCO ACI night = 2,1370	Output OCO ACI night = 2,0046
Output OCO INC night = 2,2382	Output OCO INC night = 2,0111
Output OCO SOL night = 2,6537	Output OCO SOL night = 1,9913
Output INC PIS night = 2,2000	Output INC PIS night = 2,3460
Output AVE FAU night = 2,2399	Output AVE FAU night = 2,6045
Output AERO day = 2,3616	Output AERO day = 2,0667
Output AERO night = 2,4803	Output AERO night = 2,2641
Output AERO geral = 2,4164	Output AERO geral = 2,1167

Para uma melhor visualização dos resultados apurados pelo MATLAB, apresentamos abaixo, a figura 20 que representa um diagrama que demonstra todos os resultados de índices fuzzy para cada risco ou conjunto de riscos de dia, noite ou geral, para os dois aeroportos estudados e como forma de comparação entre eles.

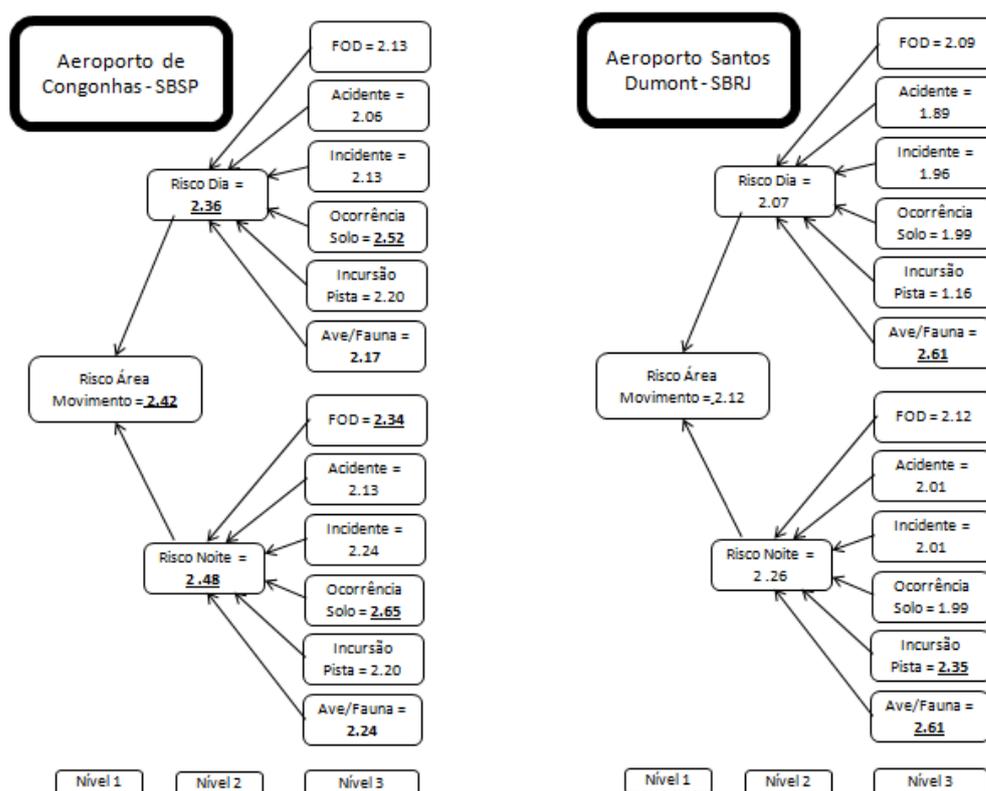


Figura 20. Índices fuzzy de risco pela percepção de especialistas na área de movimento.

A visão holística de risco de dano de maior probabilidade está sendo analisado com o conjunto de danos e não somente o dano de maior gravidade. Vários danos de média

gravidade podem acarretar um dano de grande gravidade. Por isso, propõe-se aumentar a faixa de atenção quanto à possibilidade de ocorrer um dano a pessoas ou bens. Assim a metodologia proposta permite uma ação mais clara dentro da árvore de tolerabilidade e como consequência, na definição das ações de mitigação do risco.

Os resultados de possibilidade de risco apresentado na Tabela 18 e Figura 20, foram todos classificados como improváveis (Tabela 15), contudo, o Gestor do Aeroporto poderá identificar um índice que mensure o limite considerado aceitável e tolerável. Vamos supor que o Gestor considere o nível ALARP como o índice 2,3. Ou seja, se a faixa do risco estiver classificada na região tolerável acima de 2,3 (na Tabela 17 todos esses índices foram colocados em negrito para melhor visualização) podendo estar classificada como o alfanumérico 2A (catastrófico), 2B (crítico) ou 2C (marginal) a administração aeroportuária poderá eliminar o risco ou tratar para mitiga-lo e assim cair para índices aceitáveis (região aceitável). Este índice poderá ser flexível para mais ou para menos, pois apesar de ser considerado improvável ou tolerável ou aceitável (Tabela 16), poderá ser um risco de consequências catastróficas e nesse sentido poderá ser avaliado pelo gestor de acordo com a realidade do aeroporto, conforme a visão de transformar o risco de tolerável para um nível aceitável ou tão baixo quanto o possível (ALARP).

Ao analisarmos os resultados da figura 20, vemos riscos da região tolerável (risco improvável – Tabela 15) tanto para o aeroporto Santos Dumont quanto para o aeroporto de Congonhas, contudo se considerarmos a escolha do Gestor para o índice ALARP de 2,3, como exemplo, os índices acima desse valor, que neste estudo são toleráveis mas que devem ser tratados ou mitigados, no nível 3 (fig. 20). O aeroporto de Santos Dumont apresentou para o risco “AveFauna” um índice de 2,61, tanto de dia quanto de noite, além do risco “Incursão em pista” de noite com o valor de 2,35. Já em Congonhas, o estudo apresentou resultado a ser tratado (acima de 2,3) para o risco de “Ocorrência de solo”, com índice de 2,52 de dia e índice de 2,65 à noite, além do índice de risco de “FOD” à noite de 2,34.

No nível 1 e 2 o aeroporto de Congonhas apresentou índices de dia (2,36) e de noite (2,48) e índice geral do aeroporto de 2,42. Já o aeroporto de Santos Dumont apresentou um resultado menor, índice de 2,12. Observando o resultado final de índice dos aeroportos, não significa que o aeroporto de Santos Dumont possui uma segurança

operacional melhor que o aeroporto de Congonhas, apenas os índices são balizadores para a tomada de decisão de melhoria da Segurança Operacional. Assim, por exemplo, os gestores do aeroporto de Congonhas poderão focar a melhoria da segurança operacional analisando o risco de “ocorrência de solo” de dia e de noite, revendo o conteúdo do curso de direção defensiva na área de movimento do aeroporto e o curso de SGSO, por exemplo. Já o aeroporto de Santos Dumont poderia, por exemplo, rever os procedimentos de afastamento de animais e eliminação de atrativos (avefauna) no aeroporto, tanto de dia quanto de noite.

7. Conclusão

Este trabalho propõe uma nova metodologia para parametrização do indicador de probabilidade no sistema de segurança operacional do lado ar dos aeroportos, especificamente na área de movimento de aeronaves. Neste sentido, sugere uma abordagem multicritério fuzzy para estimar os índices dos vários níveis de risco operacional das condições de segurança operacional (safety) nos pátios e pistas dos aeroportos.

Os indicadores atuais no Brasil e no Mundo seguem a proposição do Doc 9850, SMN, ICAO (2013) quanto às tabelas de classificação de Segurança Operacional:

- Probabilidade de dano (Tabela 02), classificado por frequente, ocasional, remoto, improvável e muito improvável.
- Severidade do dano, referindo-se à gravidade do evento (Tabela 03), classificado por catastrófico, crítico, significante, pequeno e insignificante.

Assim, a matriz de junção das duas dimensões de segurança operacional, gera uma tabela de Tolerabilidade (Tabelas 04 e 05), onde o dano é classificado como inaceitável (alto risco), tolerável (risco moderado) e aceitável (baixo risco). Sendo que a classificação inaceitável deve ser tratada e eliminada, enquanto a classificação tolerável deve ter o risco mitigável a partir de uma análise do Gestor do SGSO, transformando o risco de tolerável para um nível aceitável ou tão baixo quanto o possível em função dos recursos disponíveis, fig.08 (ALARP).

Contudo, este estudo trata tão somente dos indicadores de probabilidade de ocorrência do dano, transformando assim, a visão matemática crisp do sistema existente (5, 4, 3, 2 ou 1) em um critério linear e de maior abrangência, gerando indicadores de probabilidade de ocorrência utilizando a Lógica Fuzzy, num intervalo de 1 a 5 (Tabela 15). Vale lembrar que a proposição desta dissertação se orienta pela necessidade de aperfeiçoamento das medidas de risco em uso apontada por vários autores, tais como LOFQUIST (2010), WILKE (2013), WILKE *et al.* (2014) e STUDIC *et al.*, (2017). Nesta nova concepção da dimensão de probabilidade da Tabela de Tolerabilidade (Tabelas 15 e 16) este estudo sugere uma nova escala de classificação, mudando os

patamares das categorias classificadas como inaceitável ou tolerável, sendo assim, mais rigoroso em relação aos riscos catastróficos (A), críticos (B) e marginal (C).

A contribuição da utilização da abordagem fuzzy no dimensionamento da probabilidade cria uma nova classificação de tolerabilidade de risco na área de movimento de aeronaves no aeroporto, baseada na percepção de especialistas. Além disto, ela faz uma análise particularizada de cada um dos tipos de riscos que podem ocorrer independente de terem estatísticas associadas a esses riscos. Assim, os gestores aeroportuários adquirem uma percepção mais ampla dos riscos e podem distribuir melhor os recursos operacionais e financeiros para mitigar os de maiores índices ou mesmo eliminar esses riscos, quando forem considerados inaceitáveis. A metodologia fornece uma visão holística e particular dos riscos com suas probabilidades de ocorrência. Os dois exemplos utilizados mostram resultados alinhados com as expectativas dos especialistas e coerentes com as condições dos aeroportos. Vale enfatizar que foram escolhidos dois aeroportos bastante conhecidos, de forma que se pudesse verificar a razoabilidade dos indicadores calculados. Na Tabela 18 se observa em **negrito** as probabilidades mais preocupantes dos dois aeroportos, tanto no geral quanto no particular de cada tipo de risco. Se observa que no Santos Dumont Ave Fauna de dia e à noite estão no topo das probabilidades, enquanto em Congonhas o pico se dá em Ocorrências de Solo, também durante o dia e à noite. O indicador de tolerabilidade depende da avaliação de severidade dada pelos responsáveis do SGSO. Através da ponderação dessas probabilidades e o nível de severidade se tem a classificação da tolerabilidade. Por exemplo, se os Gestores do SGSO do aeroporto Santos Dumont considerarem que o risco de Ave Fauna é catastrófico no aeroporto a classificação de tolerabilidade será 3A, isto é inaceitável, se considerando as Tabela 16 e 17. Esta classificação é coerente com os tipos de aves que são observadas nos arredores do aeroporto, tanto dia quanto a noite.

Alguns pontos foram observados no decorrer da pesquisa e precisam ser considerados. Estes fatores limitaram o escopo possível da pesquisa. O primeiro é que a modelagem adequada do problema na Lógica Fuzzy é bastante elevada, não só pelo número de variáveis envolvidas, mas também para se chegar a uma formulação adequada dos termos linguísticos. Outra questão é a dificuldade de se conseguir o engajamento dos especialistas na pesquisa, o que acreditamos estar ligado às dificuldades e incertezas atuais das empresas ligadas à administração de aeroportos. Outro elemento é que os

riscos apontados neste trabalho se referem aos mais comuns existentes em área de movimento de um aeroporto, tais como danos causados por animais, por incursão em pistas, por acidentes com intenção de voo, por acidentes com veículos operacionais, etc. Entretanto, riscos pontuais ou excepcionais poderão aparecer e devem ser percebidos pelos especialistas de forma pontual. Eventos extraordinários não estão classificados, como por exemplo, o risco de acidentes (danos) a pessoas sem treinamento, por estarem presentes no pátio de aeronaves para a gravação de um filme. Esses riscos deverão ser tratados pelo SGSO, no momento da solicitação dos eventos e tratado de forma pontual e momentânea. Não abordamos este tipo de risco nesta dissertação e no melhor de nosso conhecimento ainda não existem estudos científicos sobre este tipo de risco.

Outra questão é a de que o método não se adéqua a aeroportos de pequeno porte (estimado em menos de 10 mil movimentos de aeronaves por ano), pois nesses, não existe uma quantidade significativa de especialistas que formem um conjunto de percepção dos riscos. Uma proposta para minimizar essa fragilidade, poderia ser a de utilizar os pilotos para a formação de pesquisa e esse conjunto de percepção para o cálculo de índice de risco fuzzy.

Podemos considerar a ausência da classificação da severidade como uma fragilidade desta nova metodologia. Para uma maior acurácia do cálculo de indicadores de tolerabilidade da segurança operacional, consideramos que estudos futuros deveriam, de forma semelhante, aplicar a metodologia de cálculo de índice fuzzy para avaliar a severidade dos riscos nas áreas de movimento de aeronaves de aeroportos.

Finalizando, concluímos que essa nova metodologia se mostrou eficiente e confiável, podendo ser uma ferramenta a ser utilizada pelos gestores aeroportuários e inclusive ser implantada no Brasil, através da ANAC e no mundo ser sugerida pela ICAO.

Referências Bibliográficas

- ACI - Airports Council International, 2012. **Airside Safety Survey**. Hemiksem, Belgium. Disponível em: <http://cdn1.pps-publications.com/airport-business-specials/airside-safety-survey-2012.pdf>. Acesso em: 15 set. 2016
- ACI - Airports Council International, 2016. **Global training - Safety - Apron Management**. Hemiksem, Belgium. Disponível em: <http://www.aci.aero/Global-Training/Training-Information/Course-Categories/Safety/Apron-Management>. Acesso em 29 out. 2017.
- ACRP, Airport Cooperative Research Program, 2012. **ACRP Report 62: Airport Apron Management and Control Programs**. Transportation Research Board, Washington, D.C., United States. Disponível em: http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/acrp/acrp_rpt_062.pdf. Acesso em 20 out. 2016.
- ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, 2012. **Segurança Operacional em Aeródromos – Operação, Manutenção e Resposta à Emergência**, RBAC nº 156. Emenda nº 00.
- ANAC– Agência Nacional de Aviação Civil, 2014. **Gerenciamento do Risco da Fauna nos Aeródromos Públicos**, RBAC nº 164. Emenda nº 00.
- ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, 2016. **Manual para Prevenção de Incursão em Pista no Aeródromo**, ed. 1.
- ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, 2016. **Aeródromos - Operação, Manutenção e Resposta à Emergência**, RBAC nº 153. Emenda nº 01.
- ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, 2016. **Estabelece indicadores de desempenho de segurança operacional a serem acompanhados pela ANAC**, Portaria nº 215 / SPI. Emenda nº 00.
- ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, 2017. **Projeto de Aeródromos**, RBAC nº 154. Emenda nº 02.

- ASHFORD, N. J., STANTON, H. P. M., MOORE, C. A., at al., 2013. **Airport Operatios**. 3ed. New York - USA, McGraw-Hill.
- BEDREGAL, B.R.C., 2013. “Introdução à Lógica Fuzzy”. **WEIT-2013 - 2nd Workshop-School on Theoretical Computer Science**, Federal Universidade do Rio Grande do Sul – FURG, de 15 a 17 de outubro 2013, Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/weit/files/2013/03/Tutorial-WEIT2013.pdf>, acesso em 07 abr. 2017.
- BERIA, P.; MALTESE, I.; MARIOTTI, I., 2012. **Multicriteria versus Cost Benefit Analysis: A comparative perspective in the assessment of sustainable mobility**. *European Transport Research Review*, v. 4, n. 3, pp. 137 -152.
- CHOUDHRY, R.M., FANG, D., MOHAMED, S., 2007. “The nature of safety culture: A survey of the state-of-the-art”. **Safety Science**, v. 45, n. 10, pp. 993–1012.
- DENG, H., 1999. “Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison”. **International Journal of Approximate Reasoning**, v. 21, n. 3, pp. 215-231.
- DEVAULT, T.L., BLACKWELL, B.F., SEAMANS, T.W., at al., 2016. “Identification of Off Airport Interspecific Avian Hazards to Aircraft”. **The Journal of Wildlife Management**. v. 80, n. 4, pp. 746–752.
- ENOMA, A., ALLEN, S., ENOMA, A., 2010. “Airport redesign for safety and security: Case studies of three Scottish airports”, **International Journal of Strategic Property Management** v. 13, n. 2, pp. 103-116.
- FAA - Federal Aviation Administration, 2010. **Airport Foreign Object Debris (FOD) Management**. - U.S. Department of Transportation, advisory circular (AC) 150/5210-24, 9/30/2010. Washington-DC, USA. Disponível em: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150_5210_24.pdf. Acesso em 14 ago. 2016.

- FORTES, J.L.C., CORREIA, A.R., 2012, “Safety Assessment at Airports: São Paulo/Congonhas Airport – A Case Study”. **Journal of the Brazilian Air Transportation Research Society** v. 8, n. 1, pp. 1-42
- FSF - Flight Safety Foundation, 2004. **Analyzing Runway Incursion Severity Helps Identify Solutions**. Alexandria, Virginia, USA. Disponível em: https://flightsafety.org/ao/ao_nov-dec04.pdf, acessado em 01 nov. 2016.
- GRAÇA, V.A.C., CHENG, L.Y., PETRECH, J.R.D., 2001, “Qualificação Subjetiva de Imagens Arquitetônicas Utilizando a Teoria de Sistema Nebuloso”. **Revista Escola de Minas**, v. 54, n.1. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672001000100003>. Acesso em: 10 mai. 2016.
- IATA - International Air Transport Association, 2015. **Supplement to Airport Handling Manual**. 4th ed. Montreal, Canada. Disponível em: <http://www.butterfly-training.fr/media/FR/documents/docs/AHMIGOM-4th-Edition-2015.pdf>. Acesso em: 15 set. 2016.
- IATA - International Air Transport Association, 2015. **Safety Report 2015**, 52th ed. Montreal, Canada. Disponível em: <https://skybrary.aero/bookshelf/books/3408.pdf>. Acesso em 10 abr. 2016
- ICAO - International Civil Aviation Organization, 2001. **Manual on Certification of Aerodromes - DOC 9774**. 1ed. Montreal, Canada.
- ICAO - International Civil Aviation Organization, 2005. **Aerodrome Design Manual, Part 2 – Taxiways, Aprons and Holding Bays**. Montreal, Canada.
- ICAO - International Civil Aviation Organization, 2007. **Manual on the Prevention of Runway Incursions – Doc 9870**, 1ed. Montreal, Canada.
- ICAO - International Civil Aviation Organization, 2013. **Safety Management Manual (SMM) - Doc 9859** – 2ed. Montreal, Canada.

- ICAO - International Civil Aviation Organization, 2013. **Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation. Aerodromes. Volume I. Aerodrome Design and Operations.** Montreal, Canada.
- ICAO - International Civil Aviation Organization, 2014. **Safety Report - A Coordinated, Risk-based Approach to Improving Global Aviation Safety.** Montreal, Canada.
- LI, S., FAN, L., 2016. “Grey Relative Evaluation of Airport Apron Safety Risk based on THEIL Index”. **International Journal of Security and Its Applications**, V. 10, n.7, pp. 1-10.
- LOBIANCO, J.F.B., CORREIA, A.R., 2013, “Methodology to Obtain Airport Safety Indicators Using Safety Management Systems”. **Journal of the Brazilian Air Transportation Research Society**, v. 9, n. 1, pp. 1-58.
- LOFQUIST, E.A., 2010, “The art of measuring nothing: The paradox of measuring safety in a changing civil aviation industry using traditional safety metrics”. **Journal Safety Science**, v.48, n.10, pp.1520-1529.
- MATHEW, J.,K., MAJOR, L.,W., HUBBARD, S.,M. *et al.* 2017. “Statistical modelling of runway incursion occurrences in the United States”. **Journal of Air Transport Management**, v. 65, n.1, pp. 54-62.
- MD – Ministério da Defesa, Comando da Aeronáutica, DECEA, 2016. **ICA 100-12 – Regras do Ar e Serviços de Tráfego Aéreo.** PORTARIA DECEA No 227/DGCEA, de 17 de Outubro de 2016.
- MD – Ministério da Defesa, Comando da Aeronáutica, DECEA, 2017. **MCA 3-6 – Manual de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos do Sipaer.** PORTARIA CENIPA N° 17 /DOP-SDINV-SERF, de 7 de dezembro de 2017.
- MD – Ministério da Defesa, Comando da Aeronáutica, CENIPA - Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, 2017. **Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos**, Portaria n° 1.846/GC3, de 7 de dezembro de 2017, NSCA 3-13 – Norma do Sistema do Comando da Aeronáutica.

- MMA – Ministério do Meio Ambiente, 2015. **Diretrizes e procedimentos para elaboração e autorização do Plano de Manejo de Fauna em Aeródromos**, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 466. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res15/Resol466.pdf>, Acesso em: 06 set. 2017.
- PACHECO, R.R., FERNANDES, E., DOMINGOS, E.M., 2014. “Airport airside safety index”. **Journal of Air Transport Management**, v. 34, n. 1, pp. 86-92
- REASON, J.T., 1990. **Human Error**. 9a ed., Cambridge, England. Cambridge University Press
- REASON, J.T., 2000. “Human error: models and management”. **BMJ**, v.320, n.7237, pp. 768-770.
- ROCHA, G., 2011. Utilização de processos de gestão e ferramentas computacionais para melhoria da segurança operacional, **4º SSV 2011 - Simpósio de Segurança de Voo**, São José dos Campos – SP, Agosto 2011, 1-60. Disponível em: <http://www.ipev.cta.br/ssv-apresentacoes/2011/>. Acesso em: 10 mai. 2016.
- ROSS, T.J., 2010, **Fuzzy Logic with Engineering Applications**, Third Edition, University of New Mexico, New Mexico, USA. Edition John Wiley and Sons.
- SAFARI, H., FAGHIH, A., FATHI, M. R., 2011. “Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Method for Facility Location Selection”. **African Journal of Business Management**. V. 6, n. 1, pp. 206-212
- SANTOS, P. R., 2014. **Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional – SGSO**, Universidade do Sul de Santa Catarina – Unisul – Editora UnisulVirtual, Palhoça, Universidade do Sul de Santa Catarina.
- SKORUPSKI, J., 2014, “Multi-criteria group decision making under uncertainty with application to air traffic safety”. **Expert Systems with Applications**, v. 41, n. 16, pp. 7406–7414.

- SKORUPSKI, J., 2016, “The simulation-fuzzy method of assessing the risk of air traffic accidents using the fuzzy risk matrix”. **Safety Science**, v.88, n. 1, pp. 76–87.
- STUDIC, M., MAJUMDAR, A., (2015), **Apron safety: a missing piece in the SESAR ConOps puzzle**. In: ATACCS '15 Proceedings of the 5th International Conference on Application and Theory of Automation in Command and Control Systems, 32-40. University Paul Sabatier (IRIT), Toulouse, France — September 30 — October 2, 2015.
- STUDIC, M., 2015, **Developing a framework for Total Apron Safety Management**. PhD degree of Imperial College London. London, United Kingdom.
- STUDIC, M., MAJUMDAR, A., SCHUSTER, W. *et al.* 2016, “A Systemic Modelling of Ground Handling Services Using the Functional Resonance Analysis Method”. **Transportation Research Part C**, v. 74, pp. 245–260.
- TANAKA, K., 1996. **An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications**. 1st Edition. New York: Springer.
- VON ALTROCK, C., 1996, **Fuzzy logic and neuroFuzzy applications in business and finance**. New Jersey: Prentice Hall PTR.
- WANG, C., ZHANG, S., SUN, B., YAN, L., 2006 “On fire-safety of high-rises with IAHP-based method”. **Journal of Safety and Environment**, v. 6, n. 1, pp. 1-15.
- WILKE, S., MAJUMDAR, A., OCHIENG, W., 2012, “Holistic Approach to Airport Surface Safety”. **Transportation Research Record — Aviation**, v. 2300, pp. 1–12.
- WILKE, S., MAJUMDAR, A., OCHIENG, W.Y., 2013, “Airport surface operations: A holistic framework for operations modeling and risk management”. **Safety Science**, v. 63, n. 1, pp. 18–33.

- WILKE, S., MAJUMDAR, A., OCHIENG, W.Y., 2014. "The impact of airport characteristics on airport surface accidents and incidents". **Journal of Safety Research**, v. 53, n. 1, pp. 63–75.
- WILKE, S., MAJUMDAR, A., OCHIENG, W.Y., 2015, "Modelling runway incursion severity". **Accident Analysis and Prevention**, v. 79, n. 1, pp. 88–99.
- ZADEH, L.A., 1965. Information and Control, **Fuzzy Sets**, pp. 338-353. Berkeley, California, USA. Department of Electrical Engineering and Electronics Research Laboratory, University of California,
- ZADEH, L.A., 1973. "Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes". **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics** v. 3, n. 1, pp. 28-44.

Apêndice 1 – Formulário de classificação de especialistas.

Aeroporto:
Especialista / nome (opcional):
Data de admissão na Empresa:
Especialidade (P)átio ou Torre (TWR): () Pátio () TWR
Tempo de serviço na área operacional na Empresa (anos/meses): _____ Ano(s) _____ Mês(es)
Tempo de serviço na área operacional de Pátio ou TWR/solo neste aeroporto, (anos/meses): _____ Ano(s) _____ Mês(es)
Data (DD/MM/AAAA): ____/____/_____

Apêndice 2 – Questionário de avaliação de risco operacional na área de movimento.

AEROPORTO: Questionário de avaliação de risco operacional na área de movimento do aeroporto					
Risco/Característica	Muito Improvável	Improvável	Remoto	Ocasional	Frequente
RISCO A					
A. FOD – Dano por Objeto Estranho (lixo)	BAIXO RISCO	MÉDIO RISCO		ALTO RISCO	
A1. Vistoria / Inspeção: (executada pelos fiscais de pátio)	Eficiente	Quase eficiente	Incompleta	Rara	Inexistente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
A2. Conscientização: (do operador das empresas no pátio)	Excelente	Boa	Média	Fraca	Inexistente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
A3. Pressa / Pressão: (na execução dos serviços do pátio)	Rara	Baixa	Média	Quase Alta	Alta
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
A4. Vento (trazendo sujeiras / lixo)	Raro	Inexistente	Médio	Quase frequente	Frequente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
RISCO B					
B. OCOAERACI – Ocorrências Aeronáuticas – Acidentes graves (aeronave com intenção de voo)					
	BAIXO RISCO	MÉDIO RISCO		ALTO RISCO	
B1. Vistoria / Inspeção: (executada pelos fiscais de pátio)	Eficiente	Quase eficiente	Incompleta	Rara	Inexistente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
B2. Treinamento: (dos operadores das empresas no pátio)	Ótimo	Bom	Médio	Fraco	Inexistente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
B3. Sinalização: (vertical e horizontal dos pátios e pistas)	Ótima	Boa	Médio	Ruim	Inexistente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
B4. Envolvimento da Equipe: (dos operadores no pátio)	Ótimo	Bom	Médio	Fraco	Inexistente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
B5. Visibilidade de solo (presença de neblina e iluminação no pátio):	Ótima	Boa	Média	Ruim	Inexistente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
B6. Movimento nos pátios e pistas	Fraco	Aceitável	Médio	Alto	Intenso

AEROPORTO:		Questionário de avaliação de risco operacional na área de movimento do aeroporto				
Risco/Característica	Muito Improvável	Improvável	Remoto	Ocasional	Frequente	
(tráfego de veículos e aeronaves):	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
B7. Alocação de aeronaves no estacionamento (pátio):	Bem coordenada	Coordenada	Média	Ruim	Péssima	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
B8. Controle de Obras e serviços (inclusive medição de atrito e corte de grama):	Eficiente	Quase eficiente	Incompleto	Raro	Inexistente	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
B9. JET BLAST (atingindo pessoas ou bens)	Sem Ocorrência	Raro	Poucas Ocorrências	Muitas Ocorrências	Frequente	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
RISCO C						
C. OCOAERINC – Ocorrências Aeronáuticas - Incidentes leves (aeronave com intenção de voo)						
	BAIXO RISCO	MÉDIO RISCO		ALTO RISCO		
C1. Vistoria / Inspeção: (executada pelos fiscais de pátio)	Eficiente	Quase eficiente	Incompleta	Rara	Inexistente	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
C2. Treinamento: (dos operadores das empresas de pátio)	Ótimo	Bom	Médio	Fraco	Inexistente	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
C3. Sinalização: (vertical e horizontal dos pátios e pistas)	Ótima	Ruim	Média	Bom	Inexistente	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
C4. Envolvimento da Equipe: (dos operadores no pátio)	Ótimo	Bom	Médio	Fraco	Inexistente	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
C5. Visibilidade de solo (presença de neblina e iluminação do pátio):	Ótima	Boa	Média	Ruim	Inexistente	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
C6. Movimento nos pátios e pistas (veículos e aeronaves):	Fraco	Alto	Médio	Aceitável	Intenso	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
C7. Alocação de aeronaves no estacionamento (pátio):	Bem coordenada	Coordenada	Média	Ruim	Péssima	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
C8. Controle de Obras e serviços (inclusive medição de atrito e	Eficiente	Quase eficiente	Incompleto	Raro	Inexistente	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	

AEROPORTO: Questionário de avaliação de risco operacional na área de movimento do aeroporto					
Risco/Característica	Muito Improvável	Improvável	Remoto	Ocasional	Frequente
corte de grama):	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
C9. Abastecimento de aeronaves:	Muito Seguro	Dentro das normas	Aceitável	Com restrições	Sem regras
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
C10. JET BLAST (atingindo pessoas ou bens)	Sem Ocorrência	Raro	Poucas Ocorrências	Muitas Ocorrências	Frequente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
RISCO D					
D. OCOSOL – Ocorrências de solo (envolvendo aeronaves sem intenção de voo, pessoas e equipamentos em serviço nos pátios e pistas)					
	BAIXO RISCO	MÉDIO RISCO		ALTO RISCO	
D1. Vistoria / Inspeção: (executada pelos fiscais de pátio)	Eficiente	Quase eficiente	Incompleta	Rara	Inexistente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
D2. Treinamento: (dos operadores das empresas na área de movimento)	Ótimo	Bom	Médio	Fraco	Inexistente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
D3. Sinalização: (vertical e horizontal dos pátios e pistas)	Ótima	Ruim	Média	Bom	Inexistente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
D4. Envolvimento da Equipe: (dos operadores no pátio)	Ótimo	Bom	Médio	Fraco	Inexistente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
D5. Visibilidade de solo (presença de neblina e iluminação do pátio):	Ótima	Boa	Média	Ruim	Inexistente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
D6. Movimento nos pátios e pistas (veículos e aeronaves):	Fraco	Alto	Médio	Aceitável	Intenso
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
D7. Alocação de aeronaves no estacionamento (pátio):	Bem coordenada	Coordenada	Média	Ruim	Péssima
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
D8. Controle de Obras e serviços (inclusive medição de atrito e corte de grama):	Eficiente	Quase eficiente	Incompleto	Raro	Inexistente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
D9. Abastecimento de aeronaves:	Muito Seguro	Dentro das normas	Aceitável	Com restrições	Sem regras

AEROPORTO:		Questionário de avaliação de risco operacional na área de movimento do aeroporto				
Risco/Característica	Muito Improvável	Improvável	Remoto	Ocasional	Frequente	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
D10. Velocidade dos veículos e utilização das vias de serviço:	Dentro das normas	Poucos não respeitam	Alguns não respeitam	Muitos não respeitam	Não respeitada	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
D11. Condições do piso	Ótimas	Boas	Médias	Ruins	Péssimas	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
RISCO E						
E. INCPIS – Incursão em pista (RWY e TWY)						
	BAIXO RISCO	MÉDIO RISCO		ALTO RISCO		
E1. Velocidade dos veículos e utilização das vias de serviço:	Dentro das normas	Poucos não respeitam	Alguns não respeitam	Muitos não respeitam	Não respeitada	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
E2. Treinamento: (dos operadores das empresas de páteo)	Ótimo	Bom	Médio	Fraco	Inexistente	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
E3. Sinalização: (vertical e horizontal dos pátios e pistas)	Ótima	Boa	Média	Ruim	Inexistente	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
E4. Envolvimento da Equipe: (dos operadores no páteo)	Ótimo	Bom	Médio	Fraco	Inexistente	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
E5. Comunicação com TWR: (Cotejamento = repetição da mensagem recebida para confirmação do receptor)	Eficiente	Boa	Aceitável	Preocupante	Inexistente	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
E6. Visibilidade de solo (presença de neblina e iluminação do páteo):	Ótima	Boa	Média	Ruim	Inexistente	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
E7. Controle de Obras e serviços (inclusive medição de atrito e corte de grama):	Eficiente	Quase eficiente	Incompleto	Raro	Inexistente	
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]	
RISCO F						
F. FAUNA – presença de aves e outros animais.						

AEROPORTO:		Questionário de avaliação de risco operacional na área de movimento do aeroporto			
Risco/Característica	Muito Improvável	Improvável	Remoto	Ocasional	Frequente
	BAIXO RISCO	MÉDIO RISCO		ALTO RISCO	
F1. Vistoria / Inspeção:	Eficiente	Quase eficiente	Incompleta	Rara	Inexistente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
F2. Procedimentos de afastamento da fauna (cerca, fogos de artifício, sonorização, etc)	Eficiente	Quase eficiente	Incompleta	Rara	Inexistente
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
F3. Aparecimento de atrativos da Fauna (vetores, lixo, resíduos alimentares, etc)	Inexistente	Raro	Algumas vezes	Frequente	Excessivo
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
F4. Vegetação	Corte rente ao solo	Baixa	Média	Alta	Sem corte
	Dia. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]
	Noite. 1[] 2[]	3[] 4[]	5[] 6[]	7[] 8[]	9[] 10[]