



Instituto de Matemática e Estatística

Curso de Graduação em Estatística

LUCAS MARTINS DE MATTOS

PERIGO AVIÁRIO NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
(Aplicação do método da Análise de Homogeneidade – HOMALS)

Niterói

Junho / 2014

LUCAS MARTINS DE MATTOS

PERIGO AVIÁRIO NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
(Aplicação do método da Análise de Homogeneidade – HOMALS)

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Estatística como requisito parcial para a
obtenção do Grau de Bacharel em
Estatística.**

Orientador: Prof. Licínio Esmeraldo da Silva

Niterói

Junho / 2014

LUCAS MARTINS DE MATTOS

PERIGO AVIÁRIO NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

(Aplicação do método da Análise de Homogeneidade – HOMALS)

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Estatística como requisito parcial para a
obtenção do Grau de Bacharel em
Estatística.**

Aprovado em 27 de junho de 2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sávio Freire Bruno
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Julio Cesar de Oliveira Dal Bello
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. José Rodrigo de Moraes
Universidade Federal Fluminense

Niterói

Junho / 2014

M444 Mattos, Lucas Martins de
Perigo aviário no Estado do Rio de Janeiro: aplicação do
método da análise de homogeneidade - HOMALS / Lucas Martins de
Mattos; Licínio Esmeraldo da Silva, orientador.
Niterói, 2014.
118 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
Estatística) - Universidade Federal Fluminense,
Instituto de Matemática e Estatística, Niterói, 2014.

1. Risco aviário. 2. Acidente aéreo. 3. Matriz (matemática).
4. Medição de risco. I. Silva, Licínio Esmeraldo da,
orientador. II. Universidade Federal Fluminense. Instituto de
Matemática e Estatística. III. Título.

CDD -519.5

Dedico este trabalho aos meus pais, por todo amor e dedicação, por terem feito o possível e o impossível para me oferecer tudo de melhor na realização de mais uma importante etapa na minha vida.

A minha família por me apoiar em todos os momentos que precisei.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela ajuda e proteção, pela sua força e presença constante, e por me guiar à conclusão de mais uma preciosa etapa de minha vida.

Aos meus pais Maurício Ribeiro de Mattos e Rosely Martins de Mattos, meu irmão João Dario Martins de Mattos e à minha madrinha Geíza de Mattos C. L. Pinto, que me ensinaram a viver, e que com muita confiança, dedicação, força e amor, me proporcionaram a realização deste sonho.

Ao meu querido professor e orientador Licínio Esmeraldo da Silva, que dedicou seu tempo e compartilhou sua experiência para que minha formação fosse também um aprendizado de vida, meu carinho e meu agradecimento. O seu olhar crítico e construtivo me ajudou a superar os desafios desta monografia, serei eternamente grato.

Aos meus tios e tias, Mariza, Gesildo, Leila, Rivaldo, Sônia, Iraci, Izaq, Suely, Rosa e aos meus primos, Thiago Chapolin, Samuel, Diego, Bruno, Renata Fofanta, Gesiane, Renata, Tati, Thiago, Dudu, Cecília, Giovanna, Stella, Daniel e Maria Eduarda, por todo carinho, amor e dedicação.

À minha namorada Pamela, por compreender a importância desta conquista e aceitar a minha ausência quando necessária e aos meus amigos que me acompanham desde a época de escola, Renato, Rubico, Guilherme, Antônio, Kaio, Andressa, Bruna e Rafaela pela companhia nas horas boas e ruins. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro de produção melhora tudo o que tenho produzido na vida.

Aos meus amigos da faculdade, Bruno, Nadine, Thalita, Natan, Victor, Guilherme, Paulista, Pablo, Luciana, Keilane, Leite, China, Mineiro, Sérgio, Lucas e Paola pelas horas de entretenimento e diversão. Em especial, à minha amiga Cissa Cardoso, por todo carinho, paciência e suporte e ao meu amigo Barrientos, pelos momentos de descontração e bagunça.

Ao chefe do núcleo de estatística da procuradoria e meu amigo Gilvan Macedo, por todo apoio e aprendizado nos dois anos de estágio.

Ao meu time de coração, Fluminense, por me proporcionar muitas alegrias (campeão brasileiro 2010 e 2012, campeão carioca 2012) nesses 4 anos e meio de faculdade, que em muitos momentos difíceis me serviu como válvula de escape.

A todos do curso de Estatística, às pessoas com quem convivi durante esses anos. Em especial os professores Jony Arrais, Victor Hugo, Jéssica, Márcia, Kelly, Valentin e Adrian.

A todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

"Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível."

Autor: *Charles Chaplin*

RESUMO

Com o aumento da prática aérea, ocorrências de colisões, quase colisões e avistamento entre aeronaves e aves estão se tornando cada vez mais comuns no Brasil. Com o intuito de minimizar a frequência dos acidentes aeronáuticos foi criado em 1971 o Centro de Investigação e de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Dentre os relatórios de ocorrência do CENIPA existe a ficha CENIPA 15, formulário básico para o registro dos eventos de Perigo Aviário que alimenta o banco de dados do SIPAER (Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos). O presente trabalho objetivou avaliar aspectos do risco aviário que possam mitigá-lo, buscando descrever as principais características no espaço aéreo do estado do Rio de Janeiro, utilizando a técnica da Análise de Homogeneidade (HOMALS) em modelos multidimensionais, relacionar registros do banco de dados do SIPAER, no Estado do Rio de Janeiro, no período de 2011 a 2013 que possam explicar e sugerir a minimização do risco aviário. Com o intuito de mensurar o risco envolvido nas ocorrências, foi proposta uma matriz de risco operacional para avaliar individualmente cada evento, cada aeródromo e cada espécie.

Palavras chave: Risco aviário, colisões com aves, matriz de risco, CENIPA.

ABSTRACT

Collisions, quasi-collisions, and sighting near collision occurrences involving aircrafts and birds are becoming increasingly common in Brazil. In order to minimize the frequency of aircraft accidents the Center for Research and Prevention of Aeronautical Accidents (CENIPA, in Portuguese) was created in 1971. Among CENIPA's reports, there is a form named CENIPA 15 to register aviary danger events in SIPAER (System for Research and Prevention of Aeronautical Accidents) database. This study aimed to evaluate aspects of aviary risk that may mitigate itself, describing main features in the State of Rio de Janeiro airspace related to SIPAER database records in the period 2011-2013 that can explain and suggest minimizing the aviary risk by techniques of Analysis of Homogeneity (HOMALS) multidimensional models. In order to measure the risk involved in the occurrence, an array of operational risk was proposed to individually evaluate each event, each airport and each specie.

Key words: Aviary risk, birdstrike, operational risk array, CENIPA.

SUMÁRIO

	Pág.
1	INTRODUÇÃO 1
2	OBJETIVOS 4
2.1	Objetivo Geral 4
2.2	Objetivos Específicos 4
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 5
3.1	Perigo Aviário e Risco Aviário..... 5
3.1.1	Perigo Aviário X Risco Aviário..... 5
3.1.2	Perigo Aviário..... 6
3.1.3	Risco Aviário..... 6
3.1.3.1	Prevenção de Risco Aviário..... 7
3.2	Lei do Controle da Fauna nas Imediações dos Aeródromos..... 7
3.3	Avaliação do Risco Aviário..... 8
3.3.1	Modelos Adotados no Brasil..... 8
3.3.1.1	Risco da Fauna..... 8
3.3.1.2	Ameaça Operacional por Presença de Aves..... 10
3.3.2	Modelos Adotados no Exterior..... 12
3.3.2.1	Modelos para Avaliação de Risco..... 12
3.3.2.2	Gravidade da Ocorrência do Evento..... 12
3.3.2.3	Probabilidade da Ocorrência de Acidente..... 13
3.3.2.4	Matriz de Ações Decorrentes do Risco Aviário..... 13
4.	METODOLOGIA..... 16
4.1	Métodos Algébricos..... 16
4.1.1	Matrizes..... 16
4.1.2	Concatenação de Matrizes..... 17
4.1.3	Matriz Transposta..... 19

	Pág.
4.1.4	Soma de Matrizes..... 19
4.1.5	Matriz Produto..... 19
4.1.6	Matriz Inversa..... 20
4.2	Análise Multidimensional da Homogeneidade de (HOMALS)..... 23
4.2.1	Princípio das Médias Recíprocas..... 25
4.2.2	Função de Perda..... 26
4.2.3	Suporte Computacional para a Análise da Homogeneidade..... 27
4.2.4	Tratamento de Dados da HOMALS..... 27
4.2.5	Exemplificação da Formação das Matrizes..... 29
4.3	Instrumentos Utilizados..... 35
4.4	Variáveis Estudadas..... 36
4.5	Avaliação do Risco Aviário..... 36
4.6	Análise de Dados..... 37
5.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS..... 40
5.1	Análise Univariada..... 40
5.1.1	Tipo de Ocorrência..... 40
5.1.2	Ocorrências no Âmbito das ASAs..... 41
5.1.3	Série Temporal Mensal dos Tipos de Ocorrência..... 42
5.1.4	Condição do Céu..... 46
5.1.5	Período do Dia..... 46
5.1.6	Hora da Ocorrência..... 48
5.1.7	Fase do Voo..... 49
5.1.8	Quantidade de Aves Avistadas e Atingidas..... 50
5.1.9	Altura (AGL)..... 51
5.1.10	Espécies..... 52
5.2	Análise Bivariada..... 53
5.2.1	Aeródromo por Tipo Reportado..... 54

	Pág.
5.2.2	Espécie de Ave por Tipo Reportado..... 58
5.2.3	Tipo de Ocorrência em Cada Período do Dia..... 61
5.3	Nova Proposta de Matriz de Risco Aviário..... 62
5.3.1	Nível de Risco Aviário da Aeronave por Ocorrência..... 64
5.3.2	Nível de Risco Aviário do Aeródromo..... 65
5.3.3	Nível de Risco Aviário a que está Submetida a Espécie..... 65
5.4	Análise de Homogeneidade..... 68
6.	RESULTADOS/DISCUSSÃO..... 77
7.	CONCLUSÕES..... 83
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 86

Anexo A – Ficha CENIPA 15

Anexo B – Variáveis Consideradas para Análise e suas Categorias

Glossário

LISTA DE TABELAS

		Pág.
TABELA 1	Definição do nível de gravidade da ocorrência dos eventos	12
TABELA 2	Classificação dos níveis de probabilidade da ocorrência de acidentes	13
TABELA 3	Categorias de probabilidade por frequência de acidentes	14
TABELA 4	Categorias de gravidade do perigo aviário por porcentagem de colisões	14
TABELA 5	Número de ocorrências no Estado do Rio de Janeiro – 2011 – 2013	41
TABELA 6	Número de ocorrências dentro e fora do âmbito da ASA – 2011-2013	41
TABELA 7	Série mensal de registro do tipo de ocorrência, no período de 2011 a 2013, no Estado do Rio de Janeiro	42
TABELA 8	Estado do Rio de Janeiro – Número de registros na base SIPAER, segundo a condição do céu – 2011 a 2013	46
TABELA 9	Estado do Rio de Janeiro – Ocorrências registradas na base SIPAER, segundo o período do dia – 2011 a 2013	46
TABELA 10	Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrências, segundo o período do dia – 2011 a 2013	47
TABELA 11	Estado do Rio de Janeiro – Distribuição das ocorrências, segundo as horas inteiras do dia – 2011 a 2013	48
TABELA 12	Estado do Rio de Janeiro – Ocorrências registradas, segundo a fase do voo – 2011 a 2013	50
TABELA 13	Estado do Rio de Janeiro – Número de registros, segundo a quantidade de aves avistadas	51
TABELA 14	Estado do Rio de Janeiro – Número de registros, segundo a quantidade de aves atingidas	51
TABELA 15	Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrências, segundo a altura (expressa em pés) em que ocorreram – 2011 a 2013	52
TABELA 16	Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrências registradas, segundo a espécie da aves – 2011 a 2013	53

		Pág.
TABELA 17	Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrências, segundo os aeródromos, por tipo reportado – 2011	54
TABELA 18	Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrências, segundo os aeródromos, por tipo reportado – 2012	55
TABELA 19	Número de ocorrência para cada tipo reportado nos aeródromos do Estado do Rio de Janeiro no ano de 2013	56
TABELA 20	Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrências sem distinção de tipo, segundo o aeródromo – 2011 a 2013	57
TABELA 21	Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrências, segundo a espécie de ave por ano e por tipo de reporte – 2011 – 2013	59
TABELA 22	Estado do Rio de Janeiro – Número de colisões, segundo a espécie de ave e o percentual relativo ao total de registros da espécie – 2011 a 2013	60
TABELA 23	Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrência, segundo o tipo de reporte, pelo período do dia – 2011 a 2013	61
TABELA 24	Estado do Rio de Janeiro – Avaliação do Perigo Aviário nos aeródromos – 2011 a 2013	65
TABELA 25	Estado do Rio de Janeiro - Avaliação do risco de cada espécie considerando todos os eventos da base SIPAER – 2011 a 2013	66
TABELA 26	Estado do Rio de Janeiro - Avaliação do risco de cada espécie considerando os eventos colisão e quase colisão da base SIPAER – 2011 a 2013	67

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1	Matriz binária G (de presenças e ausências) para a exemplificação do método	32
FIGURA 2	Matriz diagonal D dos totais marginais	33
FIGURA 3	Matriz diagonal M^{\square} com o número de respostas válidas por variável	35
FIGURA 4	Série temporal mensal para a quantidade de registros no período de 2011 a 2013	43
FIGURA 5	Série mensal de registros por tipo reportado nos anos de 2011 a 2013	44
FIGURA 6	Série mensal para a quantidade de colisões e de avistamentos nos anos de 2011 a 2013	45
FIGURA 7	Gráfico da hora de ocorrência	49
FIGURA 8	Distribuição de frequências nos aeródromos do Estado do Rio de Janeiro 2011 – 2013	58
FIGURA 9	Percentual de colisões e avistamentos por período do dia	61
FIGURA 10	Representação gráfica dos autovalores das 12 dimensões	69
FIGURA 11	Caracterização do Espaço do Perigo Aviário	71
FIGURA 12	Descrição da dimensão Luminosidade	74
FIGURA 13	Descrição da dimensão Geoposicionamento das aves e aeronaves	75
FIGURA 14	Configuração do espaço aéreo do Estado do Rio de Janeiro	76

LISTA DE QUADROS

	Pág.
QUADRO 1 Matriz de Risco da Fauna	9
QUADRO 2 Matriz de ameaça operacional por presença de aves	11
QUADRO 3 Matriz para ações no aeródromo decorrentes do risco aviário	15
QUADRO 4 Perfis das ocorrências, matriz de entrada de dados e codificações das categorias das variáveis utilizadas na exemplificação da construção das matrizes para a Análise de Homogeneidade	30
QUADRO 5 Geração das matrizes de presença e ausência para as variáveis de exemplificação	31
QUADRO 6 Matrizes diagonais formadas pelos totais marginais das categorias das variáveis do exemplo	33
QUADRO 7 Períodos do dia e faixa horária dos mesmos	47
QUADRO 8 Matriz de Risco	63
QUADRO 9 Evolução das iterações do processo de otimização da função de perda	68
QUADRO 10 Distribuição dos valores próprios das 12 dimensões	69
QUADRO 11 Medidas de discriminação das variáveis por dimensão	70
QUADRO 12 Percentual de participação de cada variável	71
QUADRO 13 Frequências absolutas e medidas de discriminação por categoria	72

LISTA DE SIGLAS

AGL	-	<i>Above Ground Level</i>
AGRA	-	Área de Gerenciamento do Risco Aviário
ALSOS	-	<i>Alternating Least Squares with Optimal Scaling</i>
ANAC	-	Agência Nacional de Aviação Civil
ASA	-	Área de Segurança Aeroportuária
CENIPA	-	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
HOMALS	-	<i>Homogeneity Analysis by Alternating Least Squares</i>
ICAO	-	<i>International Civil Aviation Organization</i>
IFR	-	<i>Instrument Flight Rules</i>
INFRAERO	-	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
SBAF	-	Aeroporto Campo dos Afonsos
SBCB	-	Aeroporto de Cabo Frio
SBCP	-	Aeroporto de Campos dos Goytacazes
SBES	-	Aeroporto São Pedro da Aldeia
SBFS	-	Heliporto São Tomé
SBGL	-	Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Galeão)
SBJR	-	Aeroporto de Jacarepaguá
SBME	-	Aeroporto de Macaé
SBRJ	-	Aeroporto do Rio de Janeiro (Santos Dumont)
SBSC	-	Aeroporto Bartolomeu de Gusmão
SDAG	-	Aeroporto de Angra dos Reis
SDHL	-	Heliporto Lagoa
SDRJ	-	Heliporto Prefeitura do Rio de Janeiro
SDRS	-	Aeroporto de Resende
SDTK	-	Aeroporto de Paraty
SIPAER	-	Serviço de Investigação e Prevenção Aeronáutica
SPSS	-	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>

1 INTRODUÇÃO

A Aviação tem um papel importante na história do Brasil e do mundo, tornando-se uma peça insubstituível nos tempos atuais. Importante para a segurança nacional (aviação militar) e para o desenvolvimento do país com a aviação comercial de cargas e pessoas, o fluxo aéreo só aumenta e com isso novos problemas, antes inexistentes, surgem associados a esse domínio aéreo pelo ser humano.

Desde os primórdios da biosfera, o meio ambiente, com o seu ciclo natural, permanece em um perfeito equilíbrio com a fauna e a flora. O homem, entretanto, como espécie animal pensante, muitas vezes na História apareceu como peça capaz de modificar esse ciclo natural, desequilibrando a harmonia. Da mesma forma, o domínio aéreo motivou desequilíbrio na natureza, gerando problemas como

colisão com animais terrestres e com aves, poluição do ar, colisão com balões, mudança no habitat de espécies e muitos outros.

O problema específico da colisão de aeronaves e aves é de fundamental importância, pois está relacionado à geração de acidentes fatais, altos custos diretos para as empresas aéreas além de muitas horas de indisponibilidade da aeronave em manutenção.

A maioria desses acidentes é registrada dentro ou no entorno de aeródromos (MENDONÇA, 2009). Muitas aves são atraídas para esses locais por encontrar nas grandes áreas verdes condições favoráveis à alimentação, reprodução e pernoite, aumentando assim o risco de acidentes nessas áreas.

Fora dessas áreas, especialmente em rotas aéreas de grande altitude, há poucas ocorrências de avistamentos de aves e menos ainda de colisões. Há, no entanto, registro no *Guinness World Records 2012* (VERCESI, 2013) de colisão de aeronave comercial, no espaço aéreo da Costa do Marfim em 1973, com um tipo de abutre conhecido como grifo-de-rüppel (*Gypops Rueppelli*) na altitude de cruzeiro de 11.300 metros. O *Gypops Rueppelli* normalmente alcança alturas de 6km acima do nível do mar. O fato, considerado raro, é explicado pela capacidade dessa espécie de absorver oxigênio mesmo sob baixa pressão atmosférica.

O aumento do número de colisões no Brasil pode ser explicado por vários fatores. Um desses fatores refere-se a programas de conservação do meio ambiente que protege a fauna e flora do país, aumentando o número de indivíduos e com ela o risco aviário. A modernização das aeronaves é outro fator capaz de explicar o aumento dessa estatística: a fabricação de modelos de aeronaves mais silenciosos que dificultam a percepção das aves e, conseqüentemente, uma possível fuga da rota de colisão. Além desses, o fator possivelmente mais importante tem sido considerado o grande aumento do número de aeronaves circulantes na última década; o período de 2000 a 2009 registrou o crescimento de cerca de 17,5% na frota de aeronaves. (MENDONÇA, 2009)

Com o intuito de minimizar a frequência dos acidentes aeronáuticos no Brasil, foi criado em 1971 o Centro de Investigação e de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Este centro de pesquisa é responsável por monitorar, entre outros, as Forças Armadas (Marinha, Exército e Força Aérea Brasileira), a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), a INFRAERO (Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária) e as empresas aéreas. (BRASIL, 2013). Dentre os relatórios de ocorrência do CENIPA existe a ficha CENIPA 15, formulário básico para o registro dos eventos de Perigo Aviário que alimenta o banco de dados do SIPAER (Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos)

O presente trabalho de conclusão de curso busca, utilizando a técnica da Análise de Homogeneidade (HOMALS) em modelos multidimensionais, relacionar registros do banco de dados do SIPAER no Estado do Rio de Janeiro de 2011 a 2013 que possam explicar e sugerir a minimização do risco aviário.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a base de dados do SIPAER de modo a contribuir para a mitigação do Risco Aviário nos aeródromos do Estado do Rio de Janeiro.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar o nível de discriminação das variáveis estudadas e a quantificação de suas categorias à luz da Análise de Homogeneidade (HOMALS);
- b) Apresentar uma matriz de risco para as ameaças operacionais pela presença de aves nas situações de colisão, quase colisão e avistamento;
- c) Utilizar a matriz de risco para avaliar o risco das ameaças operacionais nos aeródromos do Estado do Rio de Janeiro;
- d) Estudar um modelo de risco do ponto de vista ecológico que esteja centrado na espécie de ave, assim como nos aeródromos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 PERIGO AVIÁRIO E RISCO AVIÁRIO

3.1.1 Perigo Aviário X Risco Aviário

No presente estudo estes dois conceitos são de suma importância para o entendimento do fenômeno. Estão intimamente associados e por isso mesmo são por vezes confundidos, dada a sutil diferença entre eles.

O perigo é a contingência iminente de que algo não desejável venha a ocorrer tais como danos físicos às pessoas e animais e ao meio ambiente, além dos de natureza material. Pode ser classificado em dois tipos: perigo latente e perigo potencial. O primeiro pode existir, mas não traz consequências físicas ou materiais danosas diferentemente do segundo que ao se realizar tem consequências danosas ao ser humano, à fauna, à flora, ao meio ambiente e aos bens materiais. O Perigo Aviário refere-se à capacidade, latente ou potencial, de danos que uma ave pode causar em uma possível colisão com aeronave.

Risco é a medida do perigo no sentido de ser a medida da possibilidade, elevada ou remota, da ocorrência de danos decorrentes do perigo. O Risco Aviário é a probabilidade de ocorrerem danos (materiais ou físicos) em uma colisão entre aeronave e ave.

3.1.2 Perigo Aviário

Perigo aviário é o estado potencial de colisão com ave ou bando de aves, no solo ou em determinada porção do espaço aéreo. (PESSOA NETO; TSCHÁ e PEDROSA FILHO, 2006)

Mendonça (2009) afirma que colisão de aeronaves e aves é um problema que traz grandes preocupações à indústria aeronáutica como a falta de confiança de passageiros cada vez mais informados sobre esse real perigo, o forte aumento do tráfego aéreo, a substituição de aeronaves turboélice por aeronaves a jato e pelo aumento das populações de espécies de aves.

3.1.3 Risco Aviário

Todos os dias a indústria aeronáutica enfrenta diversas situações de perigo, além de comprometerem a segurança de voo, essas situações já causaram uma série de acidentes aeronáuticos. De acordo com Eschenfelder (2003), o conflito resultante do aumento de populações de aves e da atividade aeronáutica indica que estamos nos distanciando dos níveis considerados aceitáveis para um voo seguro.

A possibilidade de acidentes aeronáuticos decorrentes do perigo aviário tem trazido grandes preocupações por razões que incluem: o aumento de populações de diversas espécies, a substituição de aeronaves turboélice por aeronaves a jato em empresas de transporte aéreo e na aviação militar, o aumento do tráfego aéreo nos diversos continentes e a inquietação de passageiros cada vez mais informados sobre o tema (CLEARY e DOLBEER, 2005).

Outro problema são os altos custos de operação das empresas de transporte aéreo. Se uma aeronave for atingida por uma ave poderá sofrer danos graves, e mesmo que não haja feridos, uma pequena fortuna pode ser necessária para o seu reparo. Os motores de aeronaves modernas são frágeis e, após a ingestão de uma ave, uma inspeção minuciosa é requerida (LU *et al*, 2006).

3.1.3.1 Prevenção do Risco Aviário

A ameaça do risco aviário é universal. Não cabe às aves respeitar quaisquer limites do espaço aéreo e dos aeroportos, fase do voo, tipo de aeronave, estação do ano e experiência da tripulação. Apesar disso, a solução passa por todas essas áreas. A redução do risco relacionado às aves depende de inúmeros fatores em um constante ambiente de mudança (DOLBEER, 2007).

A maior parte das colisões com aves, no entanto, ocorre nas fases de aproximação, decolagem e pouso, ou seja, dentro ou nas proximidades dos aeródromos. Tal fato confirma que as áreas de entorno dos aeródromos, em sua grande maioria, ainda apresentam deficiências de saneamento básico e hospedam atividades industriais e comerciais que geram resíduos atrativos para aves. Os focos mais comuns de atração de aves são os lixões a céu aberto, os matadouros e as instalações de beneficiamento de pescado (BRASIL, 2005b).

3.2 Lei do Controle da Fauna nas Imediações de Aeródromos

Em 16 de outubro de 2012 foi sancionada pela Presidente da República Dilma Rousseff a Lei nº 12.725 (BRASIL, 2012), que estabelece regras que visam à diminuição do risco de acidentes e incidentes aeronáuticos decorrentes da colisão de aeronaves com espécimes da fauna nas imediações de aeródromos.

Para o gerenciamento e a redução do risco de acidentes e incidentes aeronáuticos decorrentes da colisão de aeronaves com espécimes da fauna nos aeródromos, foi fixada o conceito de Área de Segurança Aeroportuária - ASA, onde

o aproveitamento e o uso do solo são restritos e condicionados ao cumprimento de exigências normativas específicas de segurança operacional da aviação e ambientais.

Apesar da Lei ter entrado em vigor 180 dias após sua publicação, foi notório o crescimento do banco de dados do SIPAER após a sanção da Lei, fato esse reforçado, inclusive, pelo monitoramento mais acurado que alguns aeródromos do Rio de Janeiro implementaram no uso da ficha CENIPA 15.

3.3 Avaliação do Risco Aviário

As matrizes a seguir, estão no site do CENIPA, disponíveis no endereço <http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/index.php/component/content/article/artigos-cenipa/122-matriz-de-risco-da-fauna>, e serviram como inspiração para a criação de uma matriz de risco para as ameaças operacionais pela presença de aves nas situações de quase colisão e avistamento (Quadro 8) que foi apresentada no item 5 Resultados.

Nos itens 3.3.1.1 e 3.3.1.2, são apresentados a matriz de risco da fauna e a matriz de ameaça operacional por presença de aves, com o intuito de mensurar o risco em que a fauna e o aeródromo sofrem com o conflito entre aeronave e ave.

3.3.1 Modelos Adotados no Brasil

3.3.1.1 Risco da Fauna

A matriz de risco da fauna obedece a normas internacionais e a estudos realizados no Aeroporto Internacional Ernesto Cortissoz – Barranquilla. A matriz foi dividida em categorias, com níveis variando de zero a três, que representam a intensidade do risco para as operações aéreas, onde zero corresponde à ausência de risco e três o risco máximo.

O grau de risco (última coluna do Quadro 1) é o somatório dos pontos das sete variáveis (colunas A até G), as quais escalonam em quatro níveis (Alto Risco,

Médio Risco, Baixo Risco, Risco Nulo), a contribuição de cada variável para risco aviário gerado pela características das diversas espécies de animais.

Quadro 1 – Matriz de Risco da Fauna

Nível	Abundância (Média Diária)	Tamanho Peso	Tempo de Permanência	Registro Anterior	Comportamento	Formação Bandos	Altura de Voo	Grau de Risco
3	A Abundante > 50 Indivíduos	B Muito Grande > 1,5 Kg	C Permanente - Acima de 90% de tempo de observação	D Incidentes no aeroporto	E Voos ativos e em térmicas no aeródromo	F Grandes > 20 Indivíduos	G Até 30 metros	Soma (A-G) Alto Risco - de 24 a 16 pontos
2	Comum - de 50 a 20 indivíduos	Grande - 1,5 a 0,75 Kg	Frequente - de 90 a 60% de tempo de observação	Incidentes na literatura	Voos curtos e ativos no aeródromo	Médios - de 20 a 5 indivíduos	De 31 a 150 metros	Médio Risco - de 15 a 11 pontos
1	Pouco Comum - de 20 a 10 indivíduos	Médio - 0,7 a 0,25Kg	Transitório - de 60 a 30% do tempo de observação	Sem incidentes	Empoleirados ou forrageando nas áreas verdes	Pequenos - de 3 a 5 indivíduos	Acima de 150 metros	Baixo Risco - de 10 a 6 pontos
0	Raro < de 10 indivíduos	Pequeno < 0,25 Kg	Passagem - de 30% a 1% do tempo de observação		Voos curtos e empoleirados em edificações	Solitários ou duplas		Risco Nulo - de 5 a 1 ponto

Fonte: <http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/index.php/component/content/article/artigos-cenipa/122-matriz-de-risco-da-fauna>

Ocorre uma situação de alto risco quando, por exemplo, a Abundância no número de aves é classificada como abundante, o Tamanho é muito grande, o Tempo de Permanência é permanente, o Registro Anterior é de incidentes no aeroporto, o Comportamento da ave é de voos ativos e em térmicas no aeródromo, a Formação de Bandos é considerada grande e a Altura de Voo é de até 30 metros. Segundo o Quadro 1, a esse exemplo fica atribuído o escore de 21 pontos, classificando a ocorrência como de alto risco.

Um exemplo de uma situação de médio risco é aquela onde a Abundância no número de aves é classificada como comum, o Tamanho é grande, o Tempo de Permanência é frequente, o Registro Anterior é de incidentes na literatura, o Comportamento da ave é voos curtos e ativos no aeródromo, a Formação de Bandos é considerado médios e a Altura de Voo varia de 31 a 150 metros. Segundo

o Quadro 1, a esse exemplo fica atribuído o escore de 14 pontos, classificando a ocorrência como de médio risco.

Situações de baixo risco ou risco tolerável existem, por exemplo, quando a Abundância no número de aves é classificada como pouco comum, o Tamanho é médio, o Tempo de Permanência é transitório, o Registro Anterior é de sem incidentes no aeroporto, o Comportamento da ave é empoleirados ou forrageando nas áreas verdes, a Formação de Bandos é considerado pequenos e a Altura de Voo é até 30 metros. Segundo o Quadro 1, a esse exemplo fica atribuído o escore de 9 pontos, classificando a ocorrência como de baixo risco.

Situações de risco nulo, por exemplo, é quando a Abundância no número de aves é classificada como raro, o Tamanho é pequeno, o Tempo de Permanência é passagem, o Registro Anterior é de sem incidentes no aeroporto, o Comportamento da ave é empoleirados ou forrageando nas áreas verdes, a Formação de Bandos é considerado solitários e a Altura de Voo é até 30 metros. Segundo o Quadro 1, a esse exemplo fica atribuído o escore de 5 pontos, classificando a ocorrência como de risco nulo.

3.3.1.2 Ameaça operacional por presença de aves

A matriz de ameaça operacional por presença de aves (Quadro 2), constante do *site* do CENIPA, define o risco aviário de cada aeródromo com base no comportamento, no tamanho e na quantidade de aves presente.

Quadro 2 – Matriz de ameaça operacional por presença de aves

MATRIZ DE AMEAÇA OPERACIONAL POR PRESENÇA DE AVES

MATRIZ DE RISCO OPERACIONAL		TAMANHO →		PEQUENAS (> 0,5 kg)			MÉDIAS (0,5 a 1,25 kg)			GRANDES (> 1,25 kg)		
				1			2			3		
		ABUNDÂNCIA →		BAIXA (0-10 ind)	MÉDIA (11-24 ind)	ALTA (>25 ind)	BAIXA (0-10 ind)	MÉDIA (11-24 ind)	ALTA (>25 ind)	BAIXA (0-10 ind)	MÉDIA (11-24 ind)	ALTA (>25 ind)
COMPORTAMENTO PREDOMINANTE ↓		ALTURA ↓		1	2	3	1	2	3	1	2	3
EMPOLEIRADO	1	0 – 50 m	1	4	5	6	5	6	7	6	7	8
		50 – 150 m	2	5	6	7	6	7	8	7	8	9
		> 150 m	3	6	7	8	7	8	9	8	9	10
VOO CURTO E UNIDIRECIONAL	2	0 – 50 m	1	5	6	7	6	7	8	7	8	9
		50 – 150 m	2	6	7	8	7	8	9	8	9	10
		> 150 m	3	7	8	9	8	9	10	9	10	11
VOO CIRCULAR OU MULTIDIRECIONAL	3	0 – 50 m	1	6	7	8	7	8	9	8	9	10
		50 – 150 m	2	7	8	9	8	9	10	9	10	11
		> 150 m	3	8	9	10	9	10	11	10	11	12

LEGENDA:	ALTO RISCO	11	12	
	MÉDIO RISCO	9	10	
	BAIXO RISCO	7	8	
	RISCO NULO	4	5	6

Fonte: <http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/index.php/component/content/article/artigos-cenipa/122-matriz-de-risco-da-fauna>

Uma situação de Alto Risco é quando, por exemplo, mais de 25 aves de porte grande fazem voo circular a uma altura de mais de 150 metros na região do aeródromo, totalizando um escore de 12 pontos.

Uma situação de Médio Risco é quando, por exemplo, a abundância de aves é considerada média, de porte grande fazem voo curto a uma altura entre 50 e 150 metros na região do aeródromo, totalizando um escore de 9 pontos.

Uma situação de Baixo Risco é quando, por exemplo, até 10 aves de porte médio fazem voo circular a uma altura de até 50 metros na região do aeródromo, totalizando um escore de 7 pontos.

Uma situação de Risco Nulo é quando, por exemplo, até 10 aves de porte pequeno estão empoleirados a uma altura até 50 metros na região do aeródromo, totalizando um escore de 4 pontos.

3.3.2 Modelos adotados no exterior

3.3.2.1 Modelos para avaliação do risco

Segundo Stephenson (1991), o risco é uma representação estatística da possibilidade de situações indesejáveis acontecerem, ou não, e é quantificado pela resultante da multiplicação de probabilidade de ocorrência de um evento pela gravidade do evento.

3.3.2.2 Gravidade da ocorrência do evento

De acordo com a legislação americana (ESTADOS UNIDOS, 2000), na avaliação do risco, a gravidade do evento fornece uma medida qualitativa mais ou menos favorável para o cenário. O cálculo da gravidade estabelecido pela MIL-STD-882D (ESTADOS UNIDOS, 2000), baseado em dados qualitativos e quantitativos, conforme expressos na Tabela 1, permite o uso eficaz do conceito de quantificação do risco.

Tabela 1 – Definição do nível de gravidade da ocorrência dos eventos

Nível de gravidade	Categoria	Critérios
Muito Alto	A	Resulta em morte, invalidez total ou perda superior a USD \$ 1 milhão.
Alto	B	Resulta em incapacidade parcial ou permanente, ferimentos que resultem em hospitalização de pelo menos três pessoas ou perda superior a USD \$ 200 mil e inferior a USD \$ 1 milhão.
Moderado	C	Resulta em ferimento ou doença ocupacional, com um ou mais dias de trabalho perdidos, ou perda superior a USD \$ 10 mil e inferior a USD \$ 200 mil.
Baixo	D	Resulta em lesão ou doença, sem perda de dia de trabalho. Perda superior a USD \$ 2 mil e inferior a USD \$ 10 mil.
Muito Baixo	E	Resulta em danos muito leves e totalmente desprezíveis.

Fonte: ESTADOS UNIDOS, 2000

3.3.2.3 Probabilidade da ocorrência de acidente

A probabilidade da ocorrência de um acidente é descrita em termos do potencial de ocorrências de acidentes por unidade de tempo, do evento, da população envolvida ou da atividade (ESTADOS UNIDOS, 2000). A Tabela 2 registra as categorias e respectivos níveis dessa probabilidade.

Tabela 2 – Classificação dos níveis de probabilidade da ocorrência de acidentes

Denominação do nível	Nível	Definição
Frequente	A	Pode ocorrer vezes no tempo de vida de um item, com probabilidade de 10^{-1} .
Provável	B	Várias vezes se repete no tempo vida de um item, com probabilidade de ocorrência entre 10^{-1} a 10^{-2} .
Ocasional	C	Evento provável em algum tempo na vida de um item, com probabilidade de ocorrência entre 10^{-2} a 10^{-3} .
Remoto	D	Improvável, mas possível de ocorrer no tempo de vida de um item, com probabilidade 10^{-3} e 10^{-6} .
Improvável	E	Improvável de acontecer, com probabilidade menor que 10^{-6} .

Fonte: MIL-STD-882D – pág. 19 - Anexo A (ESTADOS UNIDOS, 2000)

3.3.2.4 Matriz de ações decorrentes do Risco Aviário

A probabilidade da ocorrência de acidentes é representada pelo número de colisões reportadas por número de movimentos e pode variar de muito baixo até muito alto (ALLAN et al., 2003) conforme a quantidade de 0 a 10 colisões para cada 10.000 movimentos (vide Tabela 3).

Na avaliação do risco, deve se atentar para o movimento das aeronaves, como por exemplo, na fase de decolagem e de subida, onde o risco de colisão com

pássaros é maior, pois nestas fases do voo a aeronave está perto do chão, com muito combustível, grande ângulo de ataque, baixa velocidade, pouca margem de manobrabilidade e próximo dos limites de desempenho (ALLAN *et al*, 2003).

Tabela 3 – Categorias de probabilidade por frequência de acidentes

Probabilidade/Frequência	Muito Alto	Alto	Moderado	Baixo	Muito Baixo
No. Colisões por ano por movimento (dados do aeroporto)	>10	3—10	1—2.9	0.3—0.9	0—0.2

Fonte: ALLAN *et al*, 2003

A Tabela 4 apresenta os graus de gravidade do perigo aviário. Os valores variam de 0 a 20% e levam em conta o nível de gravidade (muito baixo até muito alto). Esses dados são decorrentes de pesquisas feitas pela *Civil Authority*, no período de 1975 e 1995 (ALLAN *et al*, 2003).

Tabela 4 – Categorias de gravidade do perigo aviário por porcentagem de colisões

Gravidade	Muito Alto	Alto	Moderado	Baixo	Muito Baixo
Porcentagem de colisões que causaram danos	>20%	10—20%	6—9.9%	2—5.9%	0—1.9%

Fonte: ALLAN *et al*, 2003

A matriz de risco aviário é apresentada na Quadro 3, confrontando a gravidade com a probabilidade do risco derivadas das Tabelas 3 e 4 e define os níveis de ação para cada aeródromo à medida que aumentam a gravidade e a probabilidade nos casos de colisão.

Quadro 3 – Matriz para ações no aeródromo decorrentes do risco aviário

Gravidade		Probabilidade		>10	3—10	1—2.9	0.3—0.9	0—0.2
		Muito Alto	Alto	Moderado	Baixo	Muito Baixo		
Muito Alto	>20%	3	3	3	3	2		
Alto	10—20%	3	3	3	2	2		
Moderado	6—9.9%	3	3	2	1	1		
Baixo	2—5.9%	2	2	1	1	1		
Muito Baixo	0—1.9%	1	1	1	1	1		

Fonte: ALLAN *et al*, 2003

Legenda

- Ações imediatas devem ser tomadas para reduzir o risco
- Revisar as práticas corretivas
- Ação de gerência não é requerida

4 METODOLOGIA

4.1 MÉTODOS ALGÉBRICOS

4.1.1 Matrizes

Um arranjo de elementos em m linhas e n colunas constitui uma *matriz*. O número de linhas e o número de colunas indicam as *dimensões* da matriz. A *ordem* de uma matriz constituída de m linhas e n colunas é indicada por $m \times n$, que se lê “ m por n ”.

Quando os elementos de uma matriz de ordem $m \times n$ são números reais, ela é denominada uma matriz *real*.

Denota-se uma matriz através das letras latinas maiúsculas A, B, C, etc., indexadas ou não. Outra notação mais utilizada para apresentar uma matriz de ordem $m \times n$ é:

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}.$$

Os valores a_{ij} são ditos os *elementos* da matriz A. A matriz A pode assim ser escrita também como $[a_{ij}]_{m \times n}$.

Formalmente, uma matriz real A, de ordem $m \times n$, é a função

$$A : [1, m] \times [1, n] \longrightarrow \mathbb{R}$$

$$(i, j) \longmapsto A(i, j) = a_{ij} = [a_{ij}]_{m \times n}.$$

Se m for igual a n , a matriz diz-se uma *matriz quadrada de ordem n*, a qual é denotada por A_n .

Uma matriz de ordem $n \times m$ diz-se *matriz nula* se e somente se $a_{ij} = 0$ para todos $i (1 \leq i \leq n)$ e $j (1 \leq j \leq m)$.

Uma matriz quadrada de ordem n , diz-se *matriz diagonal* se e somente se $a_{ij} = 0$ sempre que $i \neq j$.

Uma matriz quadrada de ordem n é dita uma *matriz identidade*, denotada por I_n , se e somente se for uma matriz diagonal com $a_{ij} = 1$ sempre que $i = j$.

4.1.2 Concatenação de Matrizes

Concatenar duas matrizes A e B significa construir uma nova matriz C cujas dimensões ampliam o número de linhas ou o número de colunas da primeira matriz A. Se a ampliação for do número de linhas, a concatenação diz-se *vertical* e se for do número de colunas é denominada *horizontal*. Dessa forma, evidentemente,

ambas as matrizes devem ter o mesmo número de colunas na concatenação vertical ou, se a concatenação for horizontal, devem ter o mesmo número de linhas.

Assim, se A e B forem duas matrizes de dimensões $m \times n$ e $p \times n$, respectivamente, a *matriz aumentada por concatenação vertical inferior* é a matriz C cuja dimensão é $(m + p) \times n$. A operação de concatenação de duas matrizes é representada pelo símbolo // :

$$C = A // B = \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}.$$

A operação de concatenação vertical ao ser comutada origina uma nova matriz C denominada *matriz aumentada por concatenação vertical superior*, de ordem $(p + m) \times n$:

$$C = B // A = \begin{bmatrix} B \\ A \end{bmatrix}.$$

Se duas matrizes A e B tiverem, respectivamente, dimensões $m \times n$ e $m \times p$, a *matriz aumentada por concatenação horizontal à direita* é uma matriz C de ordem $m \times (n + p)$. O símbolo utilizado para a concatenação horizontal é ||. Assim, $C = A || B = [A \ B]$.

A operação de concatenação horizontal, se comutada, origina uma nova matriz C denominada *matriz aumentada por concatenação horizontal à esquerda*, de ordem $m \times (p + n)$. Dessa forma, $C = B || A = [B \ A]$.

Considere uma matriz diagonal A de ordem n , uma matriz nula N_h de ordem $n \times m$, uma matriz nula N_v de ordem $n \times m$ e uma matriz diagonal B de ordem m . Uma *matriz diagonal aumentada* C é uma matriz diagonal de ordem $(n + m)$ obtida pela concatenação vertical da concatenação horizontal à direita das matrizes A e N_h e da concatenação horizontal à esquerda das matrizes B e N_v :

$$C = [(A || N_h) // (N_v || B)] .$$

4.1.3 Matriz Transposta

Duas matrizes A e B são ditas *transpostas* quando $[a_{ij}] = [b_{ji}]$, isto é, quando o elemento da i -ésima linha e j -ésima coluna de uma matriz for igual ao elemento da j -ésima linha e i -ésima coluna da outra, com $1 \leq i \leq m$ e $1 \leq j \leq n$.

A matriz transposta de A é denotada por A^t . Se a ordem de uma matriz for $m \times n$, a ordem de sua transposta será $n \times m$.

4.1.4 Soma de Matrizes

A matriz soma de duas matrizes A e B , ambas com ordem $m \times p$ é a matriz $C = A + B$, de ordem $m \times p$, tal que

$$c_{ij} = (a_{ij} + b_{ij}), \quad \forall (i, j), 1 \leq i \leq p, 1 \leq j \leq p$$

4.1.5 Matriz Produto

A matriz produto de duas matrizes A e B , com ordens $m \times p$ e $p \times n$, respectivamente, é a matriz C de ordem $m \times n$, tal que

$$c_{ij} = \sum_{k=1}^p a_{ik} b_{kj}, \quad \forall (i, j), 1 \leq i \leq m \text{ e } 1 \leq j \leq n$$

O produto $C = AB$ de duas matrizes A e B só está definido quando o número de colunas da matriz A for igual ao número de linhas da matriz B , caso contrário o produto não existe.

Matrizes quadradas de mesma ordem n terão sempre os seus produtos definidos quando comutadas.

4.1.6 Matriz Inversa

Seja uma matriz A de ordem $m \times n$. Qualquer matriz B de ordem $n \times m$, tal que $BA = I_n$, diz-se uma *matriz inversa à esquerda* de A . De modo análogo, qualquer matriz C de ordem $n \times m$, tal que $AC = I_m$, diz-se uma *matriz inversa à direita* de A .

Se uma matriz A de ordem $m \times n$ possui matriz inversa à esquerda (digamos, B) e possui matriz inversa à direita (digamos, C), então B e C são iguais, isto é, são a mesma matriz.

Se B e C são matrizes inversa à direita e inversa à esquerda, respectivamente, de A , então todas as três matrizes são matrizes quadradas de mesma ordem. Dessa forma, podemos introduzir a definição de *matriz inversa* de uma matriz quadrada de ordem n . Como $B = C$, utiliza-se a notação A^{-1} para denotar a matriz inversa da matriz A . Assim, sendo A uma matriz quadrada de ordem n , a matriz A^{-1} será designada a matriz inversa de A se e somente se $A^{-1}A = AA^{-1} = I_n$.

A determinação da matriz inversa A^{-1} de uma matriz quadrada A de ordem n pode ser alcançada por três métodos: solução de sistemas lineares, método de eliminação de Gauss-Jordan e método dos cofatores, dos quais destaca-se neste texto o segundo deles.

O método de Gauss-Jordan utiliza o conceito de matriz aumentada por concatenação à direita, que estende a matriz quadrada original com uma matriz unidade de mesma ordem. Seu processamento faz com que a parte da matriz aumentada correspondente à matriz original se transforme em uma matriz unidade e a parte da matriz aumentada correspondente à matriz identidade se transforme na matriz inversa da matriz original.

O seguinte exemplo ilustra o método. Seja a matriz A de ordem 3 definida da seguinte forma:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 1 & 3 & 2 \\ 2 & -1 & 4 \end{bmatrix}$$

O método de Gauss-Jordan aplicado à matriz A gera inicialmente a seguinte matriz aumentada, onde o tracejado vertical separa a submatriz da esquerda (de ordem 3 e igual à matriz A original) da submatriz à direita (igual à matriz identidade de ordem 3):

$$\left[\begin{array}{ccc|ccc} 0 & 1 & 2 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 3 & 2 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & -1 & 4 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]$$

O primeiro passo é transformar na matriz aumentada o elemento $a_{11} = 0$ da matriz original em 1. Para tanto, o método orienta a substituição da primeira linha da matriz aumentada pela soma da segunda linha por 1 com a primeira linha da matriz aumentada, resultando em

$$\begin{aligned} & [1 \ 3 \ 2 \ 0 \ 1 \ 0] + [0 \ 1 \ 2 \ 1 \ 0 \ 0] = \\ & = [(1+0) \ (3+1) \ (2+2) \ (0+1) \ (1+0) \ (0+0)] = \\ & = [1 \ 4 \ 4 \ 1 \ 1 \ 0]. \end{aligned}$$

Dessa forma, substituindo essa linha de resultado na matriz aumentada e repetindo-se a segunda e a terceira linhas, obtém-se a seguinte matriz:

$$\left[\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 4 & 4 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & 2 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & -1 & 4 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]$$

O segundo passo é transformar nesta matriz aumentada o elemento $a_{21} = 1$ em 0. Para isso, multiplica-se a terceira linha por $-1/2$ para depois somá-la com a segunda linha e então trocar a segunda linha por essa nova linha, da seguinte forma:

$$\begin{aligned} & (-1/2) \times [2 \ -1 \ 4 \ 0 \ 0 \ 1] + [1 \ 3 \ 2 \ 0 \ 1 \ 0] = \\ & = [((-1/2) \times 2) + 1 \ ((-1/2) \times (-1) + 3) \ ((-1/2) \times 4) + 2 \ ((-1/2) \times 0) + 0 \ ((-1/2) \times 0) + 1 \ ((-1/2) \times 1) + 0] = \\ & = [(-1 + 1) \ (1/2 + 3) \ (-2 + 2) \ (0 + 0) \ (0 + 1) \ (-1/2 + 0)] = \\ & = [0 \ 7/2 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1/2] \end{aligned}$$

A nova matriz aumentada será:

$$\left[\begin{array}{cccccc} 1 & 4 & 4 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 7/2 & 0 & 0 & 1 & -1/2 \\ 2 & 1 & 4 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]$$

Para transformar $a_{31} = 2$ em 0, necessita-se, substituir a terceira linha pela primeira linha multiplicada por -2 somada com a terceira linha. Assim:

$$\begin{aligned} & (-2) \times [1 \ 4 \ 4 \ 1 \ 1 \ 0] + [2 \ -1 \ 4 \ 0 \ 0 \ 1] = \\ = & [((-2) \times 1) + 2 \ ((-2) \times 4) + (-1) \ ((-2) \times 4) + 4 \ ((-2) \times 1) + 0 \ ((-2) \times 1) + 0 \ ((-2) \times 0) + 1] = \\ = & [(-2 + 2) \ (-8 + (-1)) \ (-8 + 4) \ (-2 + 0) \ (-2 + 0) \ (0 + 1)] = \\ = & [0 \ -9 \ -4 \ -2 \ -2 \ 1] \end{aligned}$$

A matriz obtida é a seguinte:

$$\left[\begin{array}{ccc|cc} 1 & 4 & 4 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 7/2 & 0 & 0 & 1 & -1/2 \\ 0 & -9 & -4 & -2 & -2 & 1 \end{array} \right]$$

Multiplicando-se a segunda linha por $(2/7)$, obtém-se:

$$\left[\begin{array}{ccc|cc} 1 & 4 & 4 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 2/7 & -1/7 \\ 0 & -9 & -4 & -2 & -2 & 1 \end{array} \right]$$

de onde se segue, substituindo-se a terceira linha pela soma da segunda linha multiplicada por 9 com a terceira linha,

$$\left[\begin{array}{ccc|cc} 1 & 4 & 4 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 2/7 & -1/7 \\ 0 & 0 & -4 & -2 & 4/7 & -2/7 \end{array} \right]$$

Multiplicando-se a terceira linha por $(-1/4)$ obtém-se:

$$\left[\begin{array}{ccc|cc} 1 & 4 & 4 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 2/7 & -1/7 \\ 0 & 0 & 1 & 1/2 & -1/7 & 1/14 \end{array} \right]$$

A seguir, a primeira linha deve ser substituída pela multiplicação da segunda linha por -4 somada à primeira linha:

$$\left[\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 0 & 4 & 1 & -1/7 & 4/7 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 2/7 & -1/7 \\ 0 & 0 & 1 & 1/2 & -1/7 & 1/14 \end{array} \right]$$

Finalmente, a primeira linha deve ser substituída pela multiplicação da terceira linha por -4 somada à primeira linha:

$$\left[\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 0 & 0 & -1 & 3/7 & 2/7 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 2/7 & -1/7 \\ 0 & 0 & 1 & 1/2 & -1/7 & 1/14 \end{array} \right]$$

Assim, a inversa da matriz é a matriz $A^{-1} = \begin{bmatrix} -1 & 3/7 & 2/7 \\ 0 & 2/7 & -1/7 \\ 1/2 & -1/7 & 1/14 \end{bmatrix}$. A confirmação

de que esta matriz seja realmente a inversa pode ser alcançada calculando-se $AA^{-1} = I_3$ e $A^{-1}A = I_3$.

4.2 ANÁLISE MULTIDIMENSIONAL DA HOMOGENEIDADE (HOMALS)

A realidade é um contexto infinitamente caracterizável, assim como os fenômenos que nela se manifestam. É evidente que a busca de conhecimento sobre qualquer fenômeno tem de levar em conta suas características imanentes, manifestas ou não. O processo é reducionista no sentido de que é impossível envolver no estudo todas as características de um fenômeno. É necessário, então, focalizar as características essenciais para a compreensão do fenômeno para que a produção do conhecimento sobre ele seja gerenciável e objetiva. Decidido quais são as características que serão consideradas no estudo, percebe-se que cada uma delas se desdobra em diversas categorias, o que implica imergir em um espaço multiplamente facetado. Nas técnicas da Análise da Homogeneidade essas

categorias são entendidas como dimensões do fenômeno e, enquanto método de análise multivariada, sua finalidade é a da redução das dimensões de análise do fenômeno para aquelas que sejam as que tenham mais capacidade de explicação do mesmo.

Por outro lado, a ciência ao buscar conhecimento sobre qualquer fenômeno descobre que, imersos na realidade fenomenal e dela fazendo parte, existem conjuntos de entidades, denominadas de populações, através das quais os fenômenos se realizam. É evidente que, ao estudar um fenômeno e selecionar as características de interesse para o estudo, certamente se estará definindo aquela população, ou até mesmo mais de uma, que será o veículo de acesso ao comportamento do fenômeno. A observação ou intervenção na realidade será realizada por intermédio da observação das características dos fenômenos presentes nos indivíduos da população estudada.

Dessa forma, do ponto de vista fenomenológico e de modo natural, infere-se que, em um contexto multicaracterizado, cada indivíduo se caracterizará pelas categorias das quais faz parte e cada categoria pelos indivíduos que a integram.

Por outro lado, a abordagem desses fenômenos por meio das diversas categorias de suas caracterizações faz com que seja possível considerar o nível mais rudimentar da mensuração dos indivíduos (também designados objetos ou unidades de estudo ou unidades estatísticas), a saber, o nível nominal de mensuração. Mesmo que as características sejam mensuráveis a partir de níveis de mensuração mais refinados, as facetas devem ser consideradas como categorias. Variáveis numéricas devem ser categorizadas em intervalos que formarão as categorias as quais estarão despidas de sua natureza ordinal. Variáveis ordinais perdem a essência de ordem nesse contexto. Dessa forma, as facetas do fenômeno serão consideradas apenas agrupamentos de objetos, os quais, participando de uma categoria, serão nela tratados como homogêneos pelo fato de a ela pertencerem. Essa reciprocidade entre categorias e objetos sustenta a enunciação do princípio básico da Análise da Homogeneidade: o ***princípio das médias recíprocas***. (CARVALHO, 2004)

4.2.1 PRINCÍPIO DAS MÉDIAS RECÍPROCAS

Os métodos e técnicas da Análise da Homogeneidade postulam que a cada categoria é atribuído um valor numérico denominado *quantificação da categoria* e a cada objeto um valor numérico denominado *escore*.

Com esses conceitos, o princípio das médias recíprocas é enunciado da seguinte forma:

O escore de um objeto é proporcional à média das quantificações das categorias às quais pertence e, inversamente, a quantificação de uma categoria de uma variável é proporcional à média dos escores dos objetos que a ela pertençam. (CARVALHO, 2004)

Analiticamente, a primeira parte do enunciado (o escore de um objeto é proporcional à soma das quantificações das categorias às quais pertence) pode ser apresentado pela equação

$$\mathbf{X} = \mathbf{G} \mathbf{Y} ,$$

onde \mathbf{G} é uma matriz que indica a presença dos objetos na categorias, \mathbf{X} é o vetor formado pelos objetos (unidades estatísticas) amostrados e \mathbf{Y} é o vetor formado pelas categorias das variáveis selecionadas para estudo.

A segunda parte do enunciado (*a quantificação de uma categoria de uma variável é proporcional à média dos escores dos objetos que a ela pertençam, ponderados pelas respectivas freqüências*) é expressa pela equação

$$\mathbf{Y} = \mathbf{D}^{-1} \mathbf{G}^t \mathbf{X} ,$$

onde \mathbf{Y} é o vetor formado pelas categorias das variáveis selecionadas para estudo, \mathbf{D} é a matriz das freqüências dos objetos nas categorias (com \mathbf{D}^{-1} sendo sua matriz inversa), \mathbf{G} é a matriz que indica a presença dos objetos na categorias (com \mathbf{G}^t sendo sua matriz transposta) e \mathbf{X} é o vetor formado pelos objetos (unidades estatísticas) amostrados.

4.2.2 FUNÇÃO DE PERDA

A Análise da Homogeneidade (HOMALS) está baseada no conceito de minimização do distanciamento do estado homogêneo, afastamento esse que é medido por uma função de perda. (DE LEEUW e MAIR, 2009)

Esse afastamento do estado homogêneo é obtido da equação (1) observando-se que quanto menor for o distanciamento dos objetos \mathbf{X} das categorias \mathbf{Y} mais homogêneo será o conjunto de observações. Assim a diferença $\mathbf{X} - \mathbf{G} \mathbf{Y}$ é a base para que sejam entendidas as perdas, isto é os distanciamentos da homogeneidade.

A partir desse conceito, estabelece-se a função de perda pela equação

$$\sigma(\mathbf{X}; Y_1, Y_2, \dots, Y_m) = \sum_{j=1}^m \text{tr} (\mathbf{X} - \mathbf{G}_j \mathbf{Y}_j)^t \mathbf{M}_j (\mathbf{X} - \mathbf{G}_j \mathbf{Y}_j)$$

onde m é o número de variáveis consideradas no estudo, tr é o traço da matriz correspondente à j -ésima ($1 \leq j \leq m$) variável Y (Y_j) e \mathbf{M}_j é a matriz diagonal de ordem $k_j \times k_j$, indicadora da quantidade de respostas válidas para a j -ésima variável dadas pelas n unidades estatísticas (objetos), também indicadora das não respostas (*missing values*).

A matriz \mathbf{M}_j é uma matriz com todas as células iguais a zero, exceto a célula a_{uu} da sua diagonal ($1 \leq u \leq k_j$) cujo valor é igual à soma dos valores das células a_{ui} da matriz \mathbf{G}_j ($1 \leq i \leq k_j$), para todo u ($1 \leq u \leq k_j$).

A matriz \mathbf{M}_j satisfaz à condição seguinte: $\text{tr} (\mathbf{M}_j) \leq n$, com a igualdade se verificando se inexistirem não respostas.

A partir da soma das matrizes \mathbf{M}_j obtém-se a matriz \mathbf{M}^* :

$$\mathbf{M}^* = \sum_{j=1}^m \mathbf{M}_j$$

4.2.3 SUPORTE COMPUTACIONAL PARA A ANÁLISE DA HOMOGENEIDADE

Para realização computacional de uma Análise de Homogeneidade (HOMALS) diversos aplicativos foram desenvolvidos por vários softwares, dentre eles, o SPSS (Statistical Package for Social Sciences).

Na construção de uma HOMALS, o SPSS utiliza o método de escalonamento ótimo para minimização de uma função de perda, a qual converge para a solução da quantificação das categorias das variáveis e dos objetos (unidades estatísticas). Para operacionalização dessa análise, o método utiliza um sistema denominado ALSOS (**A**lternating **L**east **S**quares with **O**ptimal **S**caling) que se insere na sigla HOMALS pelas três últimas letras (ALS), compondo com o escalonamento ótimo a possibilidade de solução, para a análise da homogeneidade, se valendo da técnica de mínimos quadrados alternados.

4.2.4 TRATAMENTO DE DADOS NA HOMALS

A análise da homogeneidade envolve o estudo de m variáveis de natureza nominal, cada uma delas constituída de k_j categorias ($1 \leq j \leq m$) observadas em um conjunto de n objetos (unidades estatísticas). Caso as variáveis sejam do nível de mensuração ordinal, suas categorias são consideradas como se fossem de uma variável nominal. O mesmo ocorre com as variáveis numéricas, as quais, os seus valores devem ser agrupados em classes para que as classes sejam tratadas como categorias nominais.

Os dados obtidos dos objetos (unidades estatísticas) são sintetizados na HOMALS por meio de três matrizes: uma matriz para G registrar a presença ou ausência dos objetos nas categorias e duas matrizes de frequências (matriz D para registrar as frequências marginais de todas as categorias e matriz M* para o registro de possíveis não respostas), da seguinte forma:

- a) a matriz G é uma matriz binária obtida pela concatenação horizontal das matrizes G_j , as quais são de ordem $n \times k_j$ e registram, em cada célula, o valor 1 se o objeto pertencer à respectiva categoria e 0 caso não pertença; a dimensão da matriz G é, assim, de ordem

$$n \times \sum_{j=1}^m k_j$$

- b) a matriz D é uma matriz diagonal formada concatenação de matrizes nulas com matrizes diagonais D_j de ordem k_j cujos elementos da diagonal registram as frequências marginais de cada categoria da j -ésima variável, isto é,

$$d_{ij} = \sum_{h=1}^n g_{ilh} \text{ , com } 1 \leq i \leq k_j \text{ e } g_{ilh} \in G_j \text{ , } 1 \leq j \leq m \text{ , } 1 \leq l \leq k_j$$

$$\text{Assim, } D = \begin{cases} D_r = D_1, \text{ se } r = 1 \\ D_r = [(D_{r-1} \parallel N_{r_h}) // (N_{r-1_v} \parallel D_r)], \text{ se } 2 \leq r \leq m, \end{cases}$$

com N_{r_h} de ordem $(k_{r-1} \times k_r)$ e N_{r_v} de ordem $(k_r \times k_{r-1})$.

Dessa forma, a matriz diagonal D tem dimensão $\sum_{j=1}^m k_j$.

- c) a matriz M^* é a matriz diagonal de ordem m cujos elementos m_{jj} ($1 \leq j \leq m$) são iguais ao traço das respectivas matrizes M_j :

$$m_{jj} = \text{tr } M_j, \quad 1 \leq j \leq m,$$

4.2.5 EXEMPLIFICAÇÃO DA FORMAÇÃO DAS MATRIZES

Das variáveis que serão tratadas neste estudo, foram selecionadas três para exemplificar a construção das matrizes envolvidas na estruturada de análise: tipo de reporte ou evento (variável V_1), período do dia em que o evento ocorreu (variável V_2) e indicador do evento ter ocorrido ou não dentro da ASA – Área de Segurança Aeroportuária (variável V_3).

O tipo de reporte é um dos eventos: “colisão”, “quase colisão” ou “avistamento”, codificados na base de dados pelos números 1, 2 e 3, respectivamente. Os períodos do dia considerados nos registros do GENIPA são “alvorada” (código 1), “dia” (código 2), “crepúsculo” (código 3) e “noite” (código 4). Os códigos 1 e 2 registram, respectivamente, a indicação positiva (“Sim”) e a negativa (“Não”) do evento ter ocorrido no âmbito da ASA.

Nessa exemplificação, temos uma base de dados composta de $m = 3$ variáveis. O número de categorias (k_j) de cada variável é $k_1 = 3$ categorias para a variável V_1 , $k_2 = 4$ categorias para a variável V_2 e $k_3 = 2$ categorias para a variável V_3 . Assim, em k_j , $1 \leq j \leq m$ corresponde a $1 \leq j \leq 3$, isto é, $j = 1, 2, 3$.

O Quadro 4 apresenta, para esta exemplificação, o banco de dados com o perfil fictício de $n = 10$ ocorrências, juntamente com as codificações das categorias das três variáveis.

Quadro 4. Perfis das ocorrências, matriz de entrada de dados e codificações das categorias das variáveis utilizadas na exemplificação da construção das matrizes para a Análise de Homogeneidade

PERFIS DOS EVENTOS				MATRIZ DE ENTRADA DE DADOS		
				V ₁	V ₂	V ₃
1	Colisão	Dia	Sim	1	2	1
2	Colisão	Noite	Sim	1	4	1
3	Avistamento	Dia	Sim	3	2	1
4	Quase-colisão	Dia	Não	2	2	2
5	Colisão	Dia	Sim	1	2	1
6	Colisão	Noite	Sim	1	4	1
7	Avistamento	Dia	Sim	3	2	1
8	Avistamento		Sim	3		1
9	Quase-colisão	Dia	Não	2	2	2
10	Avistamento	Dia	Não	3	2	2

Tipo de Reporte (V ₁)		Período do Dia (V ₂)		Ocorrência dentro da ASA (V ₃)	
Código	Categorias	Código	Categorias	Código	Categorias
1	Colisão	1	Alvorada	1	Sim
2	Quase colisão	2	Dia	2	Não
3	Avistamento	3	Crepúsculo		
		4	Noite		

Observe-se que o evento na oitava linha do banco de dados apresenta, propositalmente, uma não resposta para a variável “Período do Dia”, que será notado na construção da matriz D.

Para cada variável V_j ($1 \leq j \leq 3$), obtém-se uma matriz G_j de presenças e ausências dos casos (isto é, dos reportes) nas suas categorias. No exemplo em pauta, a matriz G_1 tem dimensão 10×3 , a matriz G_2 dimensão 10×4 e a matriz G_3

dimensão 10 x 2, uma vez que $k_1 = 3$ categorias, $k_2 = 4$ categorias e $k_3 = 2$ categorias, respectivamente. O Quadro 5 ilustra a transformação das três séries estatísticas nas matrizes G_j .

Quadro 5. Geração das matrizes de presença e ausência para as variáveis de exemplificação

Eventos	V ₁	V ₂	V ₃	Tipo de Reporte			Período do dia				Ocorrência na ASA	
				Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 1	Categoria 2
1	1	2	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
2	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
3	3	2	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
4	2	2	2	0	1	0	0	1	0	0	0	1
5	1	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
6	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
7	3	2	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
8	3		1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9	2	2	2	0	1	0	0	1	0	0	0	1
10	3	2	2	0	0	1	0	1	0	0	0	1
Dimensões das matrizes G_j				10 x 3			10 x 4				10 x 2	
Totais marginais das colunas				4	2	4	0	7	0	2	7	3

Observa-se no Quadro 5 que cada linha das matrizes G_j contém o registro do valor 1 apenas uma vez, indicando que o caso (evento) está enquadrado na categoria da respectiva variável V_j correspondente à coluna desse registro; em todas as outras colunas dessa matriz o registro é do valor 0.

Por concatenação das matrizes G_1 , G_2 e G_3 , constrói-se a matriz G , cujo número de colunas (9) é igual à soma do número de colunas das três matrizes (3 + 4 + 2). Assim, a matriz G , apresentada na Figura 1, tem dimensão 10 x 9.

Figura 1. Matriz binária G (de presenças e ausências)
para a exemplificação do método

Matriz G

1	0	0	0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	0	1

As matrizes diagonais D_j são obtidas com os totais marginais das colunas da matriz G . Cada uma dessas matrizes tem dimensão correspondente ao número de categorias da respectiva variável que as definem. O Quadro 6 ilustra as três matrizes D_1 , D_2 e D_3 .

Quadro 6. Matrizes diagonais formadas pelos totais marginais das categorias das variáveis do exemplo

Matriz D₁

$$\begin{bmatrix} 4 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 4 \end{bmatrix}$$

Matriz D₂

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

Matriz D₃

$$\begin{bmatrix} 7 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix}$$

Com essas matrizes constrói-se a matriz diagonal D (Figura 2), cuja dimensão corresponde à soma do número de categorias das três variáveis envolvidas: 3 + 4 + 2 = 9.

Figura 2. Matriz diagonal D dos totais marginais

Matriz D

$$\begin{bmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 7 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 \end{bmatrix}$$

Para formação da matriz M^* é necessário saber quantas não respostas se tem por variável.

Para cada variável V_j , obtém-se uma matriz diagonal M_j de ordem $k_j \times k_j$, indicando na célula da diagonal da j -ésima linha a quantidade de respostas válidas para a j -ésima variável dadas pelas n unidades estatísticas (objetos).

Os elementos a_{uu} da matriz M_j ($1 \leq u \leq k_j$) são iguais à soma dos valores das células a_{ui} da matriz G_j ($1 \leq i \leq k_j$), para todo u ($1 \leq u \leq k_j$).

A matriz M_1 tem seu elemento b_{11} igual à soma dos valores das a_{1i} da matriz G_1 , isto é, $b_{11} = \sum_{j=1}^{k_1} a_{1j}$, com $a_{1j} \in G_1$. Logo,

Matriz M_1

$$\begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Analogamente,

Matriz M_2

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

e

Matriz M_3

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{bmatrix}$$

As matrizes M_j ($j = 1, 2, 3$) satisfazem à condição $tr M_j \leq m$, com a igualdade se verificando se inexistirem não respostas.

A matriz M^* representa o número de variável sem valores perdidos e é obtida pela soma das matrizes M_j ($1 \leq j \leq m$), isto é, no exemplo, M_1 , M_2 e M_3 , da seguinte forma, $M^* = M_1 + M_2 + M_3$:

Figura 3. Matriz diagonal M^* com o número de respostas válidas por variável

$$\begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{bmatrix}$$

4.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

O estudo fez uso da Base de Dados “Reporte de Eventos de Interesse com Fauna” do SIPAER, sistema gerenciado pelo CENIPA para registro dos eventos referentes ao Perigo Aviário. A alimentação desse sistema é realizada por intermédio da Ficha CENIPA 15 (veja Anexo A), atualmente disponível on-line no endereço da Internet <http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/sigra/perigoAviarioExt>, na qual cada ocorrência é detalhada segundo diversas características que devem ser reportadas, principalmente, pelos pilotos ou auxiliares de voo na aeronave ou pelo pessoal de terra (particularmente os da manutenção das aeronaves).

A Base de Dados do SIPAER é uma base de dados pública disponível na Internet no endereço http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/sigra/pesquisa_dadosExt .

O presente estudo fixou-se nos eventos ocorridos no Estado do Rio de Janeiro nos anos de 2011 a 2013, uma vez que sua disponibilidade na rede informatizada foi iniciada em 2011. A escolha do território do Estado do Rio de Janeiro deve-se ao fato de avaliação semelhante para o âmbito nacional já ter sido realizada por Pinheiro (2013).

4.4 VARIÁVEIS ESTUDADAS

As variáveis qualitativas (naturalmente categóricas) selecionadas do Sistema SIPAER para o estudo foram as seguintes: tipo de ocorrência, período do dia, aeródromo, Área de Segurança Aeroportuária, fase do voo, condição do céu e espécie da ave. As variáveis quantitativas foram tamanho da ave, altura e quantidade de aves avistadas.

No Anexo B estão indicadas as categorias consideradas para as variáveis de interesse. A altura, indicada na Ficha CENIPA 15 por Altura (AGL), é medida em pés (ft) acima do nível de solo (na língua inglesa **Above Ground Level** significa “acima do nível do solo”), mas é utilizada como variável categórica e por esse motivo encontra-se na lista do Anexo B.

4.5 AVALIAÇÃO DO RISCO AVIÁRIO

A necessidade de estimar um risco para o presente trabalho, junto com a dificuldade de definir parâmetros que pudessem ser utilizados no risco aviário, fizeram com que conceitos estabelecidos em artigos anteriores dessem a diretriz para a montagem da matriz de risco operacional, com o intuito de avaliar o risco aviário. Como por exemplo, o MIL-STD-882D (ESTADOS UNIDOS, 2000) que estabeleceu o conceito de cálculo de gravidade (vide Tabela 4) e a categorização da probabilidade, subdividindo a probabilidade em níveis de “A” a “E” (vide Tabela 3).

Com o suporte e o embasamento nesses artigos, e inspirado na matriz de ameaça operacional presente no site do CENIPA, endereço da internet <http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/index.php/component/content/article/artigos-cenipa/122-matriz-de-risco-da-fauna>, foi criada a matriz de risco operacional, para avaliação do risco em que envolve o piloto e o risco que envolve a ave.

A matriz de risco operacional possui como variáveis de análises; tipo reporte (colisão, quase colisão e avistamento), abundância, o tamanho estimado da ave e a altura da ocorrência e tem dimensão $r_1 \times r_2 \times r_3 \times r_4$ onde r_i é a o número de categoria de cada uma dessas variáveis de análise, na respectiva ordem apresentada.

Levando em conta a gravidade relativa de cada variável, a matriz devolve um score que define o grau de periculosidade de cada ocorrência.

4.6 ANÁLISE DE DADOS

Os dados foram avaliados por meio de descrição frequencial e através de proporções. Variáveis numéricas foram descritas por meio de médias e desvios padrões.

A representação gráfica fez uso de gráficos em colunas, em barras, em linhas e em diagramas de dispersão.

A análise da homogeneidade necessita do estabelecimento a priori do nível de convergência do processo de otimização da função perda, de modo a interromper o processo de iteração. Para o presente foi escolhido o nível 0,01 em virtude do excessivo número de registros na base de dados. Esse nível determina a medida de qualidade do processo, a qual é denominada na literatura pelo termo “*fit*”, isto, ajuste. Dessa forma, no presente estudo a qualidade do processo está ajustada para o nível 0,01, isto é, 99%. (CARVALHO, 2000)

A variância total do processo é obtida da seguinte forma:

$$\text{variância total} = \frac{p - m}{m}$$

onde p é o número total de categorias de todas as variáveis e m é o número de variáveis consideradas no estudo. (CARVALHO, 2000)

A partir do nível de ajuste, obtém-se a quantidade de dimensões a ser considerada para o início do processo de homogeneização. Para cada dimensão deve-se obter o respectivo autovalor a ela associado, o qual permitirá que seja calculada a variância explicada pela respectiva dimensão (parte da variância total), da seguinte forma:

*Variância explicada pela dimensão =
autovalor da dimensão ÷ valor do ajuste
(expresso em percentual)*

As medidas de discriminação (η) das m variáveis são obtidas a partir da quantificação das categorias de cada uma delas em todas as dimensões consideradas, da seguinte forma:

$$\eta_{js}^2 = \frac{1}{n} Y_{js}' D_j Y_{js}$$

onde $s = 1, 2, \dots, r$ (total de dimensões determinadas pelo nível de convergência pré-estabelecido). Em outras palavras a medida de discriminação é a média do quadrado das quantificações ($Y_{js}' Y_{js}$) de todas as suas categorias, ponderadas pelas respectivas frequências (matriz D_j). (CARVALHO, 2000)

A partir das medidas de discriminação é possível calcular a importância relativa de cada variável para explicar a variância de cada dimensão. Para tanto, soma-se as medidas de discriminação da dimensão e calcula-se a proporção de cada medida em relação ao total. (CARVALHO, 2000)

As medidas de discriminação com valor superior ao respectivo autovalor da dimensão considerada são indicadores de que as respectivas variáveis são discriminantes dos casos nas dimensões a que se referem. Quanto maior a medida de discriminação, mais notória é a presença de traços daquela variável na caracterização do fenômeno representado naquela dimensão. (CARVALHO, 2000)

A análise de homogeneidade utiliza a forma gráfica para representar os seus resultados referentes às medidas de discriminação, às quantificações das categorias e aos escores das unidades observadas.

A partir das maiores medidas absolutas de discriminação, busca-se as associações e oposições entre as categorias das variáveis envolvidas no estudo. Entende-se por associação entre categorias das variáveis incluídas no estudo da HOMALS o conjunto de categorias de mesma ou de diferentes variáveis cuja quantificação dessas categorias sejam positivas ou negativas, simultaneamente. Categorias cujas quantificações sejam tenha sinais contrários dizem-se estar em oposição.

Dessa forma, a HOMALS quantifica as categorias das variáveis através de valores no eixo real, não necessariamente no intervalo de -1 a +1.

5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

5.1 ANÁLISE UNIVARIADA

O banco de dados utilizado, extraído do sistema SIPAER, totalizou 1637 registros de ocorrência, sendo 295 no ano de 2011, 521 no ano de 2012 e 821 no ano de 2013.

5.1.1 Tipo de ocorrência

A Tabela 5 apresenta o total de ocorrências relativas ao perigo aviário no Estado do Rio de Janeiro, para cada tipo reportado, distribuído pelos anos do período estudado.

A ordem de apresentação dos reportes levou em conta a gravidade relativa da categoria em virtude da importância dos desfechos, hierarquizada da maior para a menor gravidade: a colisão é mais crítica do que a quase-colisão e esta do que o avistamento.

Tabela 5 – Número de ocorrências
no Estado do Rio de Janeiro – 2011 – 2013

Tipo de ocorrência	Anos						TOTAL	
	2011		2012		2013			
	n	%	n	%	n	%	n	%
Colisão	139	47,12	130	24,95	140	17,05	409	24,98
Quase Colisão	83	28,14	114	21,88	194	23,63	391	23,89
Avistamento	73	24,75	277	53,17	487	59,32	837	51,13
TOTAL	295	100	521	100	821	100	1637	100

Fonte: CENIPA

Obs: Bases percentuais: totais anuais

5.1.2 Ocorrências no âmbito das ASAs

A Tabela 6 sintetiza a quantidade de registros dentro e fora da Área de Segurança Aeroportuária (ASA), para aeródromos do Estado do Rio de Janeiro, no período de 2011 até 2013.

Tabela 6 – Número de ocorrências
dentro e fora do âmbito da ASA – 2011-2013

Ocorrência no âmbito da ASA	Anos						TOTAL	
	2011		2012		2013			
	N	%	n	%	n	%	n	%
Sim	285	96,61	490	94,05	798	97,20	1573	96,1
Não	9	3,05	16	3,07	22	2,68	47	2,9
Não informado	1	0,34	15	2,88	1	0,12	17	1,0
TOTAL	295	100	521	100	821	100	1637	100

Fonte: CENIPA

Obs: Bases percentuais: totais anuais

5.1.3 Série temporal mensal dos tipos de ocorrência

A Tabela 7 apresenta a distribuição anual das ocorrências registradas na base do SIPAER durante o período estudado.

Tabela 7 – Série mensal de registro do tipo de ocorrência, no período de 2011 a 2013, no Estado do Rio de Janeiro

Mês	Ano 2011				Ano 2012				Ano 2013			
	Tipo de Ocorrência			Total	Tipo de Ocorrência			Total	Tipo de Ocorrência			Total
	Avistamento	Colisão	Quase Colisão		Avistamento	Colisão	Quase Colisão		Avistamento	Colisão	Quase Colisão	
Jan	1	7	3	11	24	12	5	41	36	9	21	66
Fev	1	4	4	9	23	12	6	41	68	13	10	91
Mar	2	21	7	30	11	18	9	38	57	11	34	102
Abr	2	17	5	24	8	11	11	30	42	19	19	80
Mai	8	13	14	35	14	11	12	37	36	14	28	78
Jun	8	18	17	43	15	17	9	41	42	16	14	72
Jul	18	13	9	40	12	15	10	37	64	14	14	92
Ago	13	9	10	32	28	8	7	43	48	19	15	82
Set	12	8	3	23	43	5	15	63	57	8	25	90
Out	4	11	4	19	48	10	15	73	25	12	10	47
Nov	3	12	2	17	30	8	12	50	12	5	4	21
Dez	1	6	5	12	21	3	3	27	0	0	0	0
Total	73	139	83	295	277	130	114	521	487	140	194	821

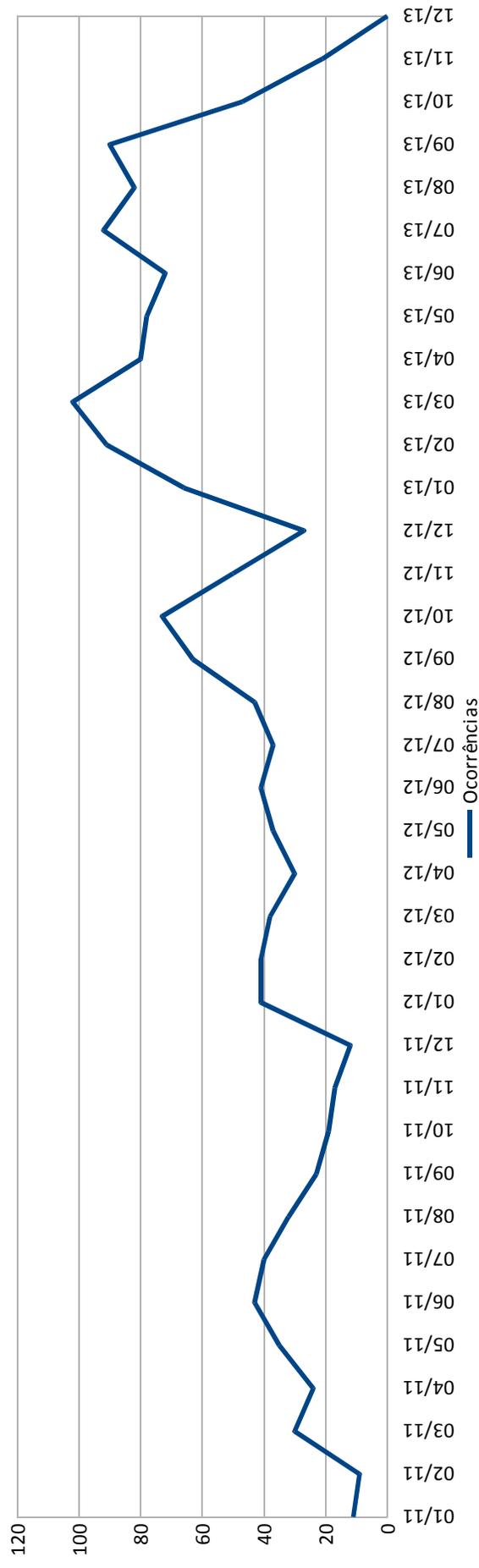
Fonte: CENIPA

A Tabela 7 e os Figura 4 a 7 referem-se às séries temporais, por tipo de ocorrência, registradas no período de estudo no Estado do Rio de Janeiro.

A Figura 4 ilustra a quantidade de ocorrências registradas no Estado do Rio de Janeiro, no período de 2011 até 2013, deixando perceber o aumento anual no número desses registros .

Figura 4 – Série temporal mensal para a quantidade de registros no período de 2011 a 2013.

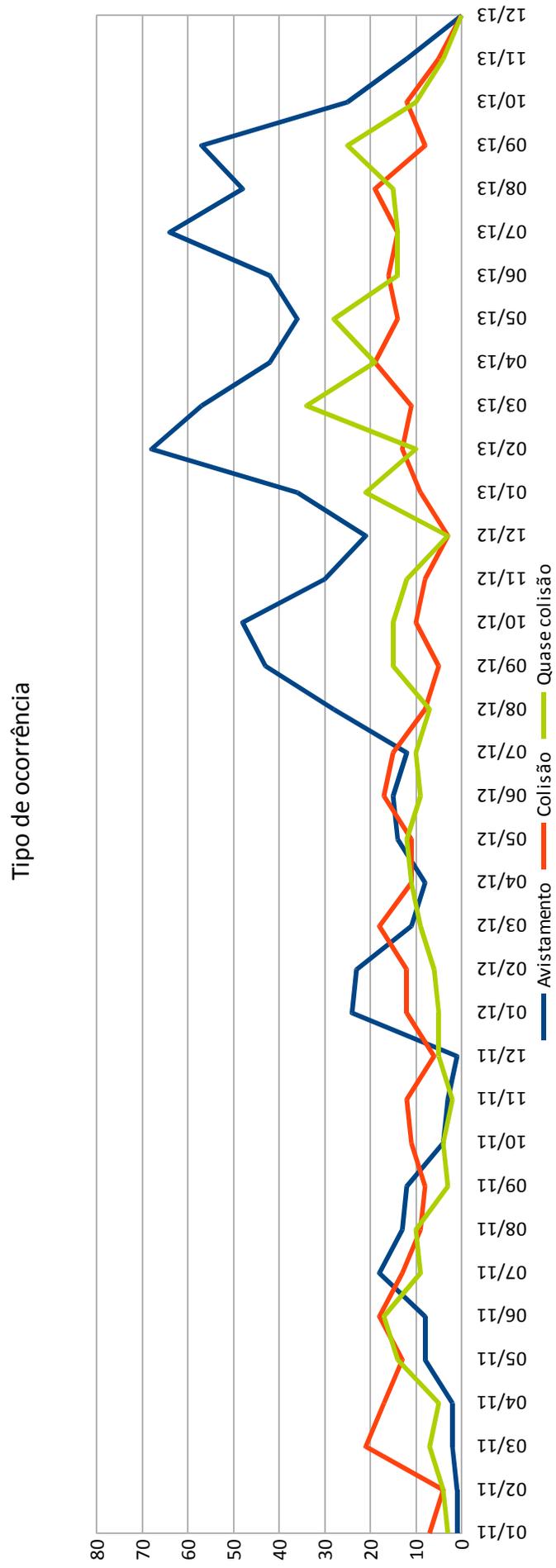
Ocorrências



Fonte: CENIPA

A Figura 5 ilustra a quantidade de registros, por tipo, no Estado do Rio de Janeiro, nos anos de 2011 a 2013.

Figura 5 – Série mensal de registros por tipo reportado nos anos de 2011 a 2013.



Fonte: GENIPA

O Figura 6, ilustra a quantidade de Avistamentos e de Colisões reportados por mês do período de estudo e devisa visível o crescimento do número de registros de avistamentos, enquanto que o número de colisões mensais manteve-se relativamente estável, com pouca variabilidade.

Figura 6 – Série mensal para a quantidade de colisões e de avistamentos nos anos de 2011 a 2013.

Tipo de Ocorrência Colisão - Avistamento



Fonte: CENIPA

5.1.4 Condição do céu

A Tabela 8 informa a condição do céu no momento da ocorrência dos eventos registrados na base do SIPAER, no período estudado.

Tabela 8 – Estado do Rio de Janeiro – Número de registros na base SIPAER, segundo a condição do céu – 2011 a 2013

Condição do céu	2011	2012	2013	TOTAL	
	n	n	n	n	%
Claro	178	275	491	944	57,67
Encoberto	31	36	76	143	8,74
Poucas nuvens	55	119	156	330	20,16
Não informado	31	91	98	220	13,44
TOTAL	295	521	821	1637	100

Fonte: CENIPA

5.1.5 Período do dia

A Tabela 9 apresenta a distribuição das ocorrências dos três anos estudados, por período do dia em que ocorreram, conforme classificação anotada na base SIPAER.

Tabela 9 – Estado do Rio de Janeiro – Ocorrências registradas na base SIPAER, segundo o período do dia – 2011 a 2013

Período do dia (*)	2011	2012	2013	n	Percentual
Alvorada	7	6	8	21	1,28%
Dia	245	442	736	1423	86,93%
Crepúsculo	4	13	17	34	2,08%
Noite	39	60	60	159	9,71%
TOTAL	295	521	821	1637	100

Fonte: CENIPA

(*) – Período do dia conforme anotações na base SIPAER

Para a variável Período do dia, o presente trabalho segmentou a variável em 5 categorias (madrugada, alvorada, manhã, tarde, crepúsculo e noite), com a finalidade de estabelecer uma distribuição consoante com as denominações do senso comum dos diversos períodos do dia. O Quadro 7 informa os períodos dos dia em termos linguísticos e em termos horários.

Quadro 7 – Períodos do dia e faixa horária dos mesmos

Período do dia	
Madrugada	de 0h a 3h59min
Alvorada	de 4h a 5h59min
Manhã	de 6h a 11h59min
Tarde	de 12h a 16h59min
Crepúsculo	de 17h a 18h59min
Noite	de 19h a 23h59min

Com base no Quadro 7, a distribuição das ocorrências de perigo aviário registradas no SIPAER estão apresentadas no Tabela 10.

Tabela 10 – Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrências, segundo o período do dia – 2011 a 2013

Período do dia	2011	2012	2013	n	Percentual
Madrugada	5	1	3	9	0,55
Alvorada	1	2	6	9	0,55
Manhã	140	252	404	796	48,63
Tarde	98	181	331	610	37,26
Crepúsculo	22	38	32	92	5,62
Noite	29	47	45	121	7,39
TOTAL	295	521	821	1637	100

Fonte: CENIPA

A consulta à Tabela 10 revela que os períodos Manhã e Tarde são responsáveis por 85,89% dos registros.

5.1.6 Hora da ocorrência

Essa variável foi criada para refinar o período do dia de modo a identificar o momento do dia em que as aeronaves estão mais propensas a sofrer algum tipo de ameaça aviária. A Tabela 11 e o Figura 7 ilustram a distribuição.

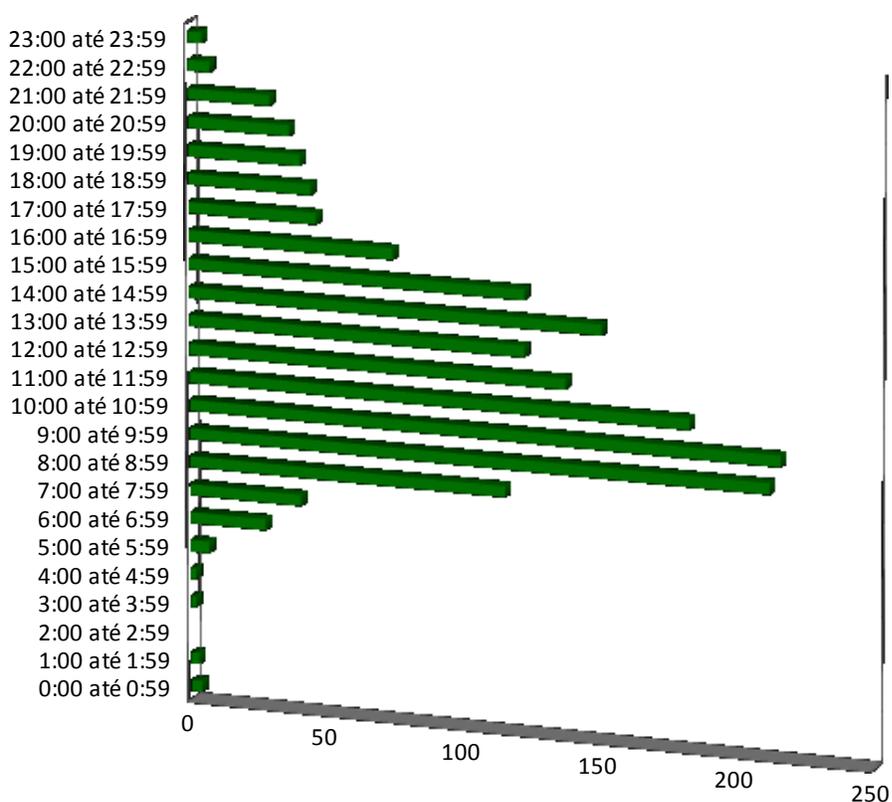
Tabela 11 – Estado do Rio de Janeiro – Distribuição das ocorrências, segundo as horas inteiras do dia – 2011 a 2013

Hora da ocorrência	n	%
0:00 até 0:59	4	0,24
1:00 até 1:59	3	0,18
2:00 até 2:59	0	0,00
3:00 até 3:59	2	0,12
4:00 até 4:59	2	0,12
5:00 até 5:59	7	0,43
6:00 até 6:59	28	1,71
7:00 até 7:59	41	2,50
8:00 até 8:59	116	7,09
9:00 até 9:59	212	12,95
10:00 até 10:59	216	13,19
11:00 até 11:59	183	11,18
12:00 até 12:59	138	8,43
13:00 até 13:59	123	7,51
14:00 até 14:59	151	9,22
15:00 até 15:59	123	7,51
16:00 até 16:59	75	4,58
17:00 até 17:59	47	2,87
18:00 até 18:59	45	2,75
19:00 até 19:59	41	2,50
20:00 até 20:59	37	2,26
21:00 até 21:59	30	1,83
22:00 até 22:59	8	0,49
23:00 até 23:59	5	0,31
TOTAL	1637	100

Fonte: CENIPA

A Tabela 11 revela um período de 8 horas (8:00 horas até as 15:59 horas) em que 77,09% dos registros então alocados. Esse é um período com alto risco de incidência e que precisa receber um monitoramento mais efetivo.

Figura 7 – Gráfico da hora de ocorrência



Fonte: GENIPA

5.1.7 Fase do voo

A variável Fase do Voo é das mais importantes no estudo do Perigo Aviário. A Tabela 12 apresenta a distribuição das ocorrências segundo suas categorias.

Tabela 12 – Estado do Rio de Janeiro – Ocorrências registradas,
segundo a fase do voo – 2011 a 2013

Fase do Voo	n	%
Aproximação	313	19,12
Decolagem	256	15,64
Pouso	180	11,00
Aproximação final	137	8,37
Circuito de tráfego	134	8,19
Cruzeiro	85	5,19
Reta final	67	4,09
À baixa altura	64	3,91
Subida	47	2,87
Corrida após pouso	30	1,83
Descida	29	1,77
Subida inicial	25	1,53
Táxi	23	1,41
Procedimento aprox. IFR	14	0,86
Arremetida solo	9	0,55
Arremetida ar	6	0,37
Espera/órbita IFR	3	0,18
Saída IFR	2	0,12
Não informada	4	0,24
Outra	209	12,77
TOTAL	1637	100

Fonte: CENIPA

5.1.8 Quantidade de aves avistadas e atingidas

As Tabelas 13 e 14 apresentam a quantidade de aves avistadas e quantidade de aves atingidas registradas na base SIPAER.

Tabela 13 – Estado do Rio de Janeiro – Número de registros,
segundo a quantidade de aves avistadas

Quantidade Avistada	2011	2012	2013	TOTAL	
				n	%
Uma ave	51	72	73	196	11,97
De 2 a 10 aves	82	124	255	461	28,16
De 11 a 50 aves	61	164	284	509	31,09
De 51 a 100 aves	25	70	89	184	11,24
Mais de 100 aves	7	33	15	55	3,36
Não informada	69	58	105	232	14,17
TOTAL	295	521	821	1637	100

Fonte: CENIPA

Tabela 14 – Estado do Rio de Janeiro – Número de registros,
segundo a quantidade de aves atingidas

Quantidade Atingida	2011	2012	2013	TOTAL	
				n	%
Uma ave	111	108	102	321	78,48
De 2 a 10 aves	17	5	9	31	7,58
De 11 a 50 aves	1	0	2	3	0,73
De 51 a 100 aves	0	1	1	2	0,49
Não informada	10	16	26	52	12,71
TOTAL	139	130	140	409	100

Fonte: CENIPA

5.1.9 Altura (AGL)

As ocorrências registradas segunda a altura acima do nível do solo em que ocorreram estão sumarizadas na Tabela 15.

Tabela 15 – Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrências, segundo a altura (expressa em pés) em que ocorreram – 2011 a 2013

Altura AGL	TOTAL	
	n	%
0 - 500	1369	83,63
501 - 1000	183	11,18
1001 - 1500	48	2,93
1501 - 2000	21	1,28
2001 - 2500	7	0,43
2501 - 3000	2	0,12
3001 - 3500	1	0,06
3501 - 4000	2	0,12
4001 - 4500	0	0,00
4501 - 5000	3	0,18
5001 - 5500	0	0,00
5501 - 6000	1	0,06
TOTAL	1637	100

Fonte: CENIPA

5.1.10 Espécies

A Tabela 16 apresenta as espécies de aves que participaram da ocorrência, dispostas em ordem decrescente de quantidade de registros.

Tabela 16 – Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrências registradas, segundo a espécie das aves – 2011 a 2013

Espécie	2011		2012		2013		TOTAL	
	n	%(*)	n	%(*)	n	%(*)	n	%(*)
Urubu de cabeça Preta	127	43,05	288	55,28	540	65,77	955	58,34
Gaivota	13	4,40	48	9,22	32	3,89	93	5,68
Quero-quero	33	11,19	26	4,99	33	4,02	92	5,62
Garça	8	2,71	15	2,88	14	1,71	37	2,26
Fragata	8	2,71	9	1,73	16	1,95	33	2,02
Carcará	18	6,10	3	0,58	12	1,46	33	2,02
Andorinha	3	1,02	11	2,11	14	1,71	28	1,76
Passeriformes pequenos	2	0,68	7	1,34	6	0,73	15	0,92
Gavião	5	1,69	2	0,38	2	0,24	9	0,55
Coruja	2	0,68	2	0,38	1	0,12	5	0,31
Albatroz	0	0,00	2	0,38	2	0,24	4	0,24
Biguá	0	0,00	2	0,38	1	0,12	3	0,18
Urubu da Mata	0	0,00	1	0,19	2	0,24	3	0,18
Pombo	2	0,68	0	0,00	1	0,12	3	0,18
Anú branco	0	0,00	1	0,19	1	0,12	2	0,12
Tuiuiú	1	0,34	1	0,19	0	0,00	2	0,12
Urubu de cabeça vermelha	0	0,00	0	0,00	2	0,24	2	0,12
Curicaca Tapicuru	0	0,00	1	0,19	0	0,00	1	0,06
Marreca parda	0	0,00	1	0,19	0	0,00	1	0,06
Mergulhão	1	0,34	0	0,00	0	0,00	1	0,06
Pardal	0	0,00	0	0,00	1	0,12	1	0,06
Pica pau	0	0,00	0	0,00	1	0,12	1	0,06
Não informada	90	30,51	99	19,00	123	14,98	312	19,06
Outros	2	0,68	27	5,18	28	3,41	57	3,48
Não identificada	0	0,00	0	0,00	9	1,10	9	0,55

Fonte: CENIPA

(*) Bases percentuais: 2011 – 295 ocorrências; 2012 – 521 ocorrências; 2013 – 821 ocorrências; Total – 1637 ocorrências.

5.2 ANÁLISE BIVARIADA

Todas as análises bivariadas tiveram como variável padrão de análise o tipo de reporte, tendo em vista que essa é a principal variável do banco de dados e, por isso, a principal variável de estudo.

5.2.1 Aeródromo por tipo reportado

As Tabelas 17, 18 e 19, detalham o tipo de ocorrência em cada aeródromo do Estado do Rio de Janeiro, no período 2011 até 2013 e estão dispostas pela quantidade de registros em cada aeródromo, do maior para o de menor quantidade, gerando assim, uma troca anual de posições de acordo com o melhoramento ou o maior vigor no gerenciamento de alguns aeródromos. Vale atentar para o Aeroporto São Pedro da Aldeia e para o Aeroporto de Cabo Frio que ganharam posições, e no ano de 2013, registrando a maior quantidade de ocorrências, superando aeródromos maiores, como o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Galeão) e o Aeroporto do Rio de Janeiro (Santos Dumont).

Tabela 17 – Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrências, segundo os aeródromos, por tipo reportado – 2011

ICAO (*) Aeródromo	Colisão		Quase Colisão		Avistamento		TOTAL	
	n	%	n	%	n	%	n	%
SBGL Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Galeão)	75	54,3	15	18,3	14	19,2	104	35,3
SBSC Aeroporto Bartolomeu de Gusmão	22	15,9	17	20,7	25	34,2	64	21,7
SBRJ Aeroporto do Rio de Janeiro (Santos Dumont)	21	15,2	10	12,2	3	4,1	34	11,5
SBES Aeroporto São Pedro da Aldeia	2	1,4	26	31,7	3	4,1	31	10,5
SBCP Aeroporto de Campos dos Goytacazes	1	0,7	2	2,4	18	24,7	21	7,1
SBME Aeroporto de Macaé	3	2,2	6	7,3	1	1,4	10	3,4
SBAF Aeroporto Campo dos Afonsos	3	2,2	2	2,4	5	6,8	10	3,4
SBJR Aeroporto de Jacarepaguá	5	3,6	1	1,2	3	4,1	9	3,1
SBCB Aeroporto de Cabo Frio	3	2,2	3	3,7	0	0,0	6	2,0
SDAG Aeroporto de Angra dos Reis	1	0,7	0	0,0	1	1,4	2	0,7
SDRS Aeroporto de Resende	1	0,7	0	0,0	0	0,0	1	0,3
SDTK Aeroporto de Paraty	1	0,7	0	0,0	0	0,0	1	0,3
SBFS Heliporto São Tomé	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
SDRJ Heliporto Prefeitura do Rio de Janeiro	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
SDHL Heliporto Lagoa	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Outro	1	0,7	1	1,2	0	0,0	2	0,7
TOTAL	138	100	82	100	73	100	295	100

Fonte: CENIPA

Obs: Bases percentuais: Totais anuais

Tabela 18 – Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrências, segundo os aeródromos, por tipo reportado – 2012

ICAO (*) Aeródromo	Colisão		Quase Colisão		Avistamento		TOTAL	
	n	%	n	%	n	%	n	%
SBCP Aeroporto de Campos dos Goytacazes	2	1,5	15	13,2	83	30,0	100	19,2
SBGL Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Galeão)	67	51,5	10	8,8	10	3,6	87	16,7
SBSC Aeroporto Bartolomeu de Gusmão	8	6,2	40	35,1	25	9,0	73	14,0
SBES Aeroporto São Pedro da Aldeia	5	3,8	31	27,2	32	11,6	68	13,1
SBFS Heliporto São Tomé	1	0,8	2	1,8	55	19,9	58	11,1
SBRJ Aeroporto do Rio de Janeiro (Santos Dumont)	23	17,7	3	2,6	9	3,2	35	6,7
SBME Aeroporto de Macaé	6	4,6	4	3,5	23	8,3	33	6,3
SBJR Aeroporto de Jacarepaguá	1	0,8	1	0,9	27	9,7	29	5,6
SBAF Aeroporto Campo Dos Afonsos	9	6,9	2	1,8	5	1,8	16	3,1
SBCB Aeroporto de Cabo Frio	5	3,8	4	3,5	3	1,1	12	2,3
SDAG Aeroporto de Angra dos Reis	0	0,0	1	0,9	3	1,1	4	0,8
SDRJ Heliporto Prefeitura do Rio de Janeiro	0	0,0	1	0,9	0	0,0	1	0,2
SDTK Aeroporto de Paraty	0	0,0	0	0,0	1	0,4	1	0,2
SDHL Heliporto Lagoa	1	0,8	0	0,0	0	0,0	1	0,2
SDRS Aeroporto de Resende	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Outro	2	1,5	0	0,0	1	0,4	3	0,6
TOTAL	130	100	114	100	277	100	521	100

Fonte: CENIPA

Obs: Bases percentuais: Totais anuais

Tabela 19 – Número de ocorrência para cada tipo reportado nos aeródromos do Estado do Rio de Janeiro no ano de 2013

ICAO (*)	Aeródromo	Colisão		Quase Colisão		Avistamento		TOTAL	
		n	%	n	%	n	%	n	%
SBES	Aeroporto São Pedro da Aldeia	5	3,6	96	49,5	117	24,0	218	26,6
SBCB	Aeroporto de Cabo Frio	3	2,1	2	1,0	187	38,4	192	23,4
SBCP	Aeroporto de Campos dos Goytacazes	4	2,9	40	20,6	63	12,9	107	13,0
SBGL	Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Galeão)	82	58,6	5	2,6	13	2,7	100	12,2
SBRJ	Aeroporto do Rio de Janeiro (Santos Dumont)	32	22,9	12	6,2	23	4,7	67	8,2
SBSC	Aeroporto Bartolomeu de Gusmão	7	5,0	29	14,9	9	1,8	45	5,5
SBFS	Heliporto São Tomé	0	0,0	2	1,0	39	8,0	41	5,0
SBJR	Aeroporto de Jacarepaguá	4	2,9	3	1,5	27	5,5	34	4,1
SBME	Aeroporto de Macaé	2	1,4	5	2,6	6	1,2	13	1,6
SBAF	Aeroporto Campo Dos Afonsos	0	0,0	0	0,0	2	0,4	2	0,2
SDRJ	Heliporto Prefeitura do Rio de Janeiro	1	0,7	0	0,0	0	0,0	1	0,1
SDRS	Aeroporto de Resende	0	0,0	0	0,0	1	0,2	1	0,1
SDAG	Aeroporto de Angra dos Reis	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
SDTK	Aeroporto de Paraty	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
SDHL	Heliporto Lagoa	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Outro	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
TOTAL		140	100	194	100	487	100	821	100

Fonte: CENIPA

Obs: Bases percentuais: Totais anuais

A Tabela 20 apresenta a quantidade de ocorrências do período estudado em cada aeródromo do Estado do Rio de Janeiro, resumindo as informações das ocorrências das Tabelas 3, 4 e 5.

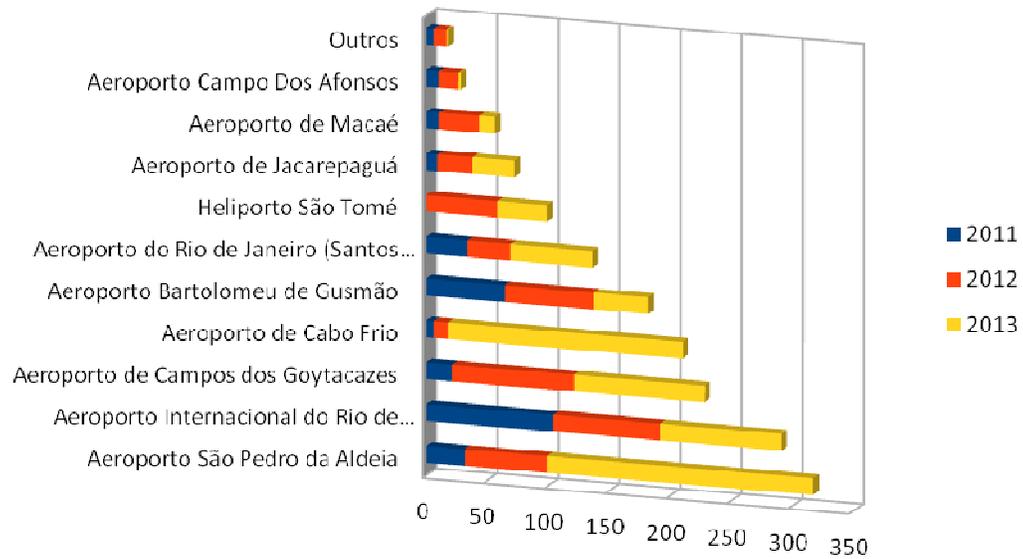
Tabela 20 – Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrências sem distinção de tipo, segundo o aeródromo – 2011 a 2013

ICAO (*)	Aeródromo	Ano			TOTAL	
		2011	2012	2013	n	%
SBES	Aeroporto São Pedro da Aldeia	31	68	218	317	19,4
SBGL	Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Galeão)	104	87	100	291	17,8
SBCP	Aeroporto de Campos dos Goytacazes	21	100	107	228	13,9
SBCB	Aeroporto de Cabo Frio	6	12	192	210	12,8
SBSC	Aeroporto Bartolomeu de Gusmão	64	73	45	182	11,1
SBRJ	Aeroporto do Rio de Janeiro (Santos Dumont)	34	35	67	136	8,3
SBFS	Heliporto São Tomé	0	58	41	99	6,0
SBJR	Aeroporto de Jacarepaguá	9	29	34	72	4,4
SBME	Aeroporto de Macaé	10	33	13	56	3,4
SBAF	Aeroporto Campo Dos Afonsos	10	16	2	28	1,7
SDAG	Aeroporto de Angra dos Reis	2	4	0	6	0,4
SDTK	Aeroporto de Paraty	1	1	0	2	0,1
SDRS	Aeroporto de Resende	1	0	1	2	0,1
SDRJ	Heliporto Prefeitura do Rio de Janeiro	0	1	1	2	0,1
SDHL	Heliporto Lagoa	0	1	0	1	0,1
	Outro	2	3	0	5	0,3
TOTAL		295	521	821	1637	100

Fonte: CENIPA

A Figura 8 ilustra as distribuições de frequências das ocorrências de perigo aviário no período de 2011 a 2013 apresentadas na Tabela 20. A Figura 8 ajuda a melhor percepção das quantidades de registros por aeródromo, no qual, estão dispostos em ordem crescente, do menor número de registros para o de maior número.

Figura 8 - Distribuição de frequências nos aeródromos do Estado do Rio de Janeiro



Fonte: CENIPA

5.2.2 Espécie de ave por tipo reportado

As Tabelas 21 e 22 detalham para cada espécie o tipo de ocorrência no qual ela esteve envolvida. A ordem de apresentação dos reportes levou em conta a gravidade relativa da categoria (colisão, quase colisão, avistamento).

Tabela 21 – Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrências, segundo a espécie de ave por ano e por tipo de reporte – 2011 – 2013

Espécie	2011				2012				2013				TOTAL	
	Colisão (*)	Quase colisão (*)	Avistamento (*)	TOTAL (*)	Colisão (*)	Quase colisão (*)	Avistamento (*)	TOTAL (*)	Colisão (*)	Quase colisão (*)	Avistamento (*)	TOTAL (*)	n	%
Urubu de cabeça Preta	25	55	47	127	22	71	195	288	20	163	357	540	955	58,34
Gaivota	3	6	4	13	5	21	22	48	5	11	16	32	93	5,68
Quero-quero	18	6	9	33	14	7	5	26	21	1	11	33	92	6,62
Garça	3	3	2	8	4	2	9	15	9	0	5	14	37	2,26
Fragata	2	5	1	8	4	2	3	9	4	3	9	16	33	2,02
Carcará	11	3	4	18	3	0	0	3	10	0	2	12	33	2,02
Andorinha	3	0	0	3	9	1	1	11	3	3	8	14	28	1,71
Passeriformes pequenos	1	0	1	2	5	2	0	7	3	2	1	6	15	0,92
Gavião	4	1	0	5	2	0	0	2	1	0	0	1	8	0,49
Coruja	2	0	0	2	2	0	0	2	2	0	0	2	6	0,37
Albatroz	0	0	0	0	2	0	0	2	1	0	1	2	4	0,24
Biguá	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0	1	3	0,18
Urubu da Mata	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	2	3	0,18
Pombo doméstico	1	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0,18
Anú branco	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	2	0,12
Tuiuiú	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0,12
Urubu de cabeça vermelha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0,12
Curicaca Tapicuru	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0,06
Marreca parda	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0,06
Mergulhão	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,06
Pardal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0,06
Pica pau	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0,06
Não informada	68	11	11	90	56	14	29	99	56	14	53	123	312	19,06
Outras espécies	0	1	1	2	0	1	26	27	0	2	26	28	57	3,48
Não identificada	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	6	9	9	0,55

Fonte: CENIPA

(*) Bases percentuais: 2011 – 295 ocorrências; 2012 – 521 ocorrências; 2013 – 821 ocorrências; Total – 1637 ocorrências.

A Tabela 22 apresenta o número de colisões e o percentual destas no total de registros das espécies, conforme coluna do total da Tabela 21.

Tabela 22 – Estado do Rio de Janeiro – Número de colisões, segundo a espécie de ave e o percentual relativo ao total de registros da espécie – 2011 a 2013

Espécie	Número de Colisões	Total de registros da espécie	Percentual de colisões
Coruja	6	6	100
Anú branco	2	2	100
Curicaca Tapicuru	1	1	100
Marreca parda	1	1	100
Pica pau	1	1	100
Gavião	7	8	87,50
Albatroz	3	4	75,00
Carcará	24	33	72,73
Pombo doméstico	2	3	66,67
Passeriformes pequenos	9	15	60,00
Quero-quero	53	92	57,61
Andorinha	15	28	53,57
Tuiuiú	1	2	50,00
Garça	16	37	43,24
Biguá	1	3	33,33
Urubu da Mata	1	3	33,33
Fragata	10	33	30,30
Gaivota	13	93	13,98
Urubu de cabeça Preta	67	955	7,02
Urubu de cabeça vermelha	0	2	0
Mergulhão	0	1	0
Pardal	0	1	0
Não informada	180	312	57,69
Não identificada	3	9	33,33
Outras espécies	0	57	0

Fonte: CENIPA

5.2.3 Tipo de ocorrência em cada período do dia

A Tabela 23 mostra para cada período do dia, a quantidade de registro para a variável tipo reporte, utilizando os mesmos períodos já definidos no Quadro 7, que foi apresentado acima.

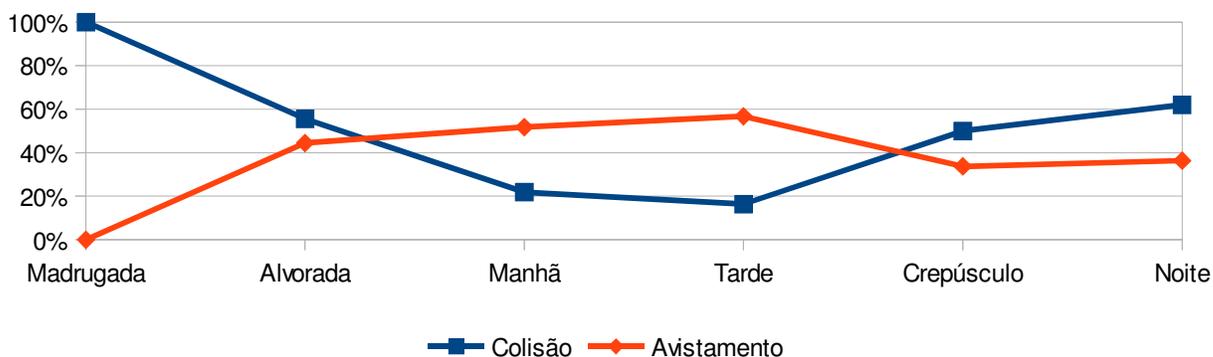
Tabela 23 – Estado do Rio de Janeiro – Número de ocorrência, segundo o tipo de reporte, pelo período do dia – 2011 a 2013

Tipo de reporte	Período do dia												TOTAL	
	Madrugada		Alvorada		Manhã		Tarde		Crepúsculo		Noite		n	%
Colisão	9	100%	5	55,56%	174	21,86%	100	16,39%	46	50,00%	75	61,98%	409	24,98
Quase colisão	0	0%	0	0%	210	26,38%	164	26,89%	15	16,30%	2	1,65%	391	23,89
Avistamento	0	0%	4	44,44%	412	51,76%	346	56,72%	31	33,70%	44	36,36%	837	51,13
TOTAL	9	100%	9	100%	796	100%	610	100%	92	100%	121	100%	1637	100

Fonte: CENIPA

A Tabela 23 mostra que, apesar do registro avistamento possuir mais da metade das ocorrências, no período do dia com pouca luminosidade, o percentual de colisão é o evento predominante.

Figura 9 – Percentual de colisões e avistamentos por período do dia



Fonte: CENIPA

O Figura 9 deixa visível a inversão percentual à medida que o dia avança e a

luminosidade se rarefaz. O percentual de colisões é menor do que o dos avistamentos quando o período do dia é mais claro.

5.3 Nova Proposta de Matriz de Risco Aviário

Inspirado na matriz de ameaça operacional dos aeroportos e nas definições do SIPAER incluídas na Ficha CENIPA 15 sobre tamanho e abundância das aves, além da altura da ocorrência do evento, foi gerado um Índice de Risco Aviário para identificar o perigo associado a cada evento reportado na base de dados do SIPAER.

A nova matriz de risco operacional (Quadro 8) se constrói segundo o tamanho estimado das aves ($r_1 = 5$ categorias), a abundância de aves ($r_2 = 5$ categorias), o tipo de ocorrência ($r_3 = 3$ categorias) e a altura em que o evento ocorreu ($r_4 = 3$ categorias). Dessa forma, a nova matriz de risco apresenta ordem $r_1 \times r_2 \times r_3 \times r_4 = 5 \times 5 \times 3 \times 3$, contendo 225 cruzamentos, os quais se constituem em condições diferenciadas de risco operacional que indicam o índice (score) de periculosidade do evento.

A Matriz de Risco (Quadro 8) classifica esse índice em categorias que expõem o grau do risco ao qual o aeródromo está sujeito. As categorias escalonam esses scores em quatro níveis: Alto risco, Médio risco, Baixo risco e Risco nulo.

Quadro 8 – Matriz de Risco

Tipo de Evento		Avistamento			Quase Colisão			Colisão		
Tamanho estimado	Abundância	Altura (metros)								
		< 31	31 a 150	>150	< 31	31 a 150	>150	< 31	31 a 150	>150
Muito pequeno (< 51g)	Muito pouca (1 indivíduo)	1	2	3	2	3	4	3	4	5
	Pouca (2 a 10 indivíduos)	2	3	4	3	4	5	4	5	6
	Média (11 a 50 indivíduos)	3	4	5	4	5	6	5	6	7
	Alta (51 a 100 indivíduos)	4	5	6	5	6	7	6	7	8
	Muito alta (Mais de 100 indivíduos)	5	6	7	6	7	8	7	8	9
Pequeno (51 a 250g)	Muito pouca (1 indivíduo)	2	3	4	3	4	5	4	5	6
	Pouca (2 a 10 indivíduos)	3	4	5	4	5	6	5	6	7
	Média (11 a 50 indivíduos)	4	5	6	5	6	7	6	7	8
	Alta (51 a 100 indivíduos)	5	6	7	6	7	8	7	8	9
	Muito alta (Mais de 100 indivíduos)	6	7	8	7	8	9	8	9	10
Médio (251 a 750g)	Muito pouca (1 indivíduo)	3	4	5	4	5	6	5	6	7
	Pouca (2 a 10 indivíduos)	4	5	6	5	6	7	6	7	8
	Média (11 a 50 indivíduos)	5	6	7	6	7	8	7	8	9
	Alta (51 a 100 indivíduos)	6	7	8	7	8	9	8	9	10
	Muito alta (Mais de 100 indivíduos)	7	8	9	8	9	10	9	10	11
Grande (751 a 1500g)	Muito pouca (1 indivíduo)	4	5	6	5	6	7	6	7	8
	Pouca (2 a 10 indivíduos)	5	6	7	6	7	8	7	8	9
	Média (11 a 50 indivíduos)	6	7	8	7	8	9	8	9	10
	Alta (51 a 100 indivíduos)	7	8	9	8	9	10	9	10	11
	Muito alta (Mais de 100 indivíduos)	8	9	10	9	10	11	10	11	12
Muito grande (> 1500g)	Muito pouca (1 indivíduo)	5	6	7	6	7	8	7	8	9
	Pouca (2 a 10 indivíduos)	6	7	8	7	8	9	8	9	10
	Média (11 a 50 indivíduos)	7	8	9	8	9	10	9	10	11
	Alta (51 a 100 indivíduos)	8	9	10	9	10	11	10	11	12
	Muito alta (Mais de 100 indivíduos)	9	10	11	10	11	12	11	12	13

Legenda:

ALTO RISCO	11	12	13	
MÉDIO RISCO	8	9	10	
BAIXO RISCO	5	6	7	
RISCO NULO	1	2	3	4

5.3.1 Nível de risco aviário da aeronave por ocorrência

A matriz de risco pode ser utilizada para avaliação do risco a que estiveram expostos o piloto e a aeronave em uma determinada ocorrência. Para tanto, basta classificar o evento simultaneamente nas quatro variáveis que a constituem e observar na matriz qual o valor do escore indicado no respectivo cruzamento das categorias dessas variáveis e, a partir desse escore, obter na legenda da tabela a classificação do risco correspondente. Por exemplo, a ocorrência registrada em 03/11/2011 no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Galeão) indicou o envolvimento da espécie Urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*), anotada no registro como espécie de tamanho Muito Grande e abundância de mais de 100 aves, tendo ocorrido colisão à altura de 396,24m registrada em pés, permite identificar na matriz de risco o escore 13 pontos, para o qual a legenda indica ser um evento de Alto Risco.

No Aeroporto de Campos dos Goytacazes, no dia 16/07/2011 ocorreu um evento considerado de médio risco, com um escore de 9 pontos. Foram avistadas de 51 a 100 urubus (espécie de tamanho grande) a uma altura de 152,4 metros.

Ocorreu no dia 27/08/2011 no Aeroporto Bartolomeu de Gusmão um registro de quase colisão com aves quero-quero (*Vanellus chilensis*) (abundância de 2 a 10 avistadas) a uma altura de 3,048 metros. Essa situação é avaliada como de baixo risco e recebe um escore de 5 pontos.

Um registro considerado de risco nulo se deu no Aeroporto do Rio de Janeiro (Santos Dumont) no dia 17/06/2013. Esse registro foi um avistamento com uma abundância de 2 a 10 pardais ao nível do solo e recebeu um escore de 3 pontos.

5.3.2 Nível de risco aviário do aeródromo

Para cada aeródromo do Estado do Rio de Janeiro, foi avaliado o risco de todas as ocorrências nos anos de 2011 a 2013.

A Tabela 24 retorna a média desses escores por aeródromo e classifica como de alto risco, médio risco, baixo risco ou de risco nulo, possibilitando uma avaliação do risco aviário em que cada aeródromo está sujeito.

Tabela 24 – Estado do Rio de Janeiro – Avaliação do Perigo Aviário nos aeródromos – 2011 a 2013

ICAO (*)	Aeródromo	Escore médio	Nível de risco
SDRJ	Heliporto Prefeitura do Rio de Janeiro	9,00	Médio
SBCP	Aeroporto de Campos dos Goytacazes	8,77	Médio
SBES	Aeroporto São Pedro da Aldeia	8,51	Médio
SBFS	Heliporto São Tomé	8,34	Médio
SDTK	Aeroporto de Paraty	8,00	Médio
SBME	Aeroporto de Macaé	7,87	Médio
SBAF	Aeroporto Campo Dos Afonsos	7,83	Médio
SDRS	Aeroporto de Resende	7,50	Médio
SDHL	Heliporto Lagoa	7,00	Baixo
SBRJ	Aeroporto do Rio de Janeiro (Santos Dumont)	6,96	Baixo
SBSC	Aeroporto Bartolomeu de Gusmão	6,94	Baixo
SDAG	Aeroporto de Angra dos Reis	6,80	Baixo
SBGL	Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Galeão)	6,56	Baixo
SBJR	Aeroporto de Jacarepaguá	6,47	Baixo
SBCB	Aeroporto de Cabo Frio	5,69	Baixo
	Outros	7,00	Baixo

5.3.3 Nível de risco aviário a que está submetida a espécie

Com a proposta de avaliar o risco aviário em que cada espécie está submetida, serão apresentadas a seguir, duas tabelas que avaliam dois diferentes tipos de risco. A Tabela 25 avalia o nível de risco da ocorrência em relação a cada

espécie, levando em consideração os três tipos de ocorrência (colisão, quase colisão e avistamento) e a Tabela 26 avalia o nível de risco que as espécies estão sofrendo, levando em consideração apenas os casos de colisão e de quase colisão.

Tabela 25 – Estado do Rio de Janeiro - Avaliação do risco de cada espécie considerando todos os eventos da base SIPAER – 2011 a 2013

Ave	Escore médio	Nível de risco
Urubu de cabeça preta	8,29	Médio
Fragata	8,22	Médio
Mergulhão	8,00	Médio
Tuiuiú	8,00	Médio
Urubu da mata	7,67	Médio
Gaivota	7,59	Médio
Garça	6,85	Baixo
Biguá	6,67	Baixo
Carcará	6,49	Baixo
Gavião	6,38	Baixo
Curicaca Tapicuru	6,00	Baixo
Urubu de cabeça vermelha	6,00	Baixo
Andorinha	5,43	Baixo
Quero-quero	5,16	Baixo
Passeriformes pequenos	5,07	Baixo
Albatroz	5,00	Baixo
Marreca	5,00	Baixo
Pomba asa branca	4,67	Baixo
Coruja	4,60	Baixo
Anú branco	4,50	Baixo
Pica pau	4,00	Nulo
Pardal	3,00	Nulo
Outros	6,39	Baixo

Tabela 26 – Estado do Rio de Janeiro - Avaliação do risco de cada espécie considerando os eventos colisão e quase colisão da base SIPAER – 2011 a 2013

Ave	Escore médio	Nível de risco
Urubu de cabeça Preta	9,24	Médio
Tuiuiú	9,00	Médio
Fragata	8,47	Médio
Urubu da Mata	8,00	Médio
Gaivota	7,80	Médio
Carcará	6,60	Baixo
Garça	6,50	Baixo
Biguá	6,00	Baixo
Curicaca Tapicuru	6,00	Baixo
Urubu de cabeça vermelha	6,00	Baixo
Andorinha	5,84	Baixo
Albatroz	5,67	Baixo
Gavião	5,57	Baixo
Quero-quero	5,34	Baixo
Passeriformes pequenos	5,08	Baixo
Marreca parda	5,00	Baixo
Pomba asa branca	5,00	Baixo
Coruja	4,60	Baixo
Anú branco	4,50	Baixo
Pica pau	4,00	Nulo
Outros	9,33	Médio

5.4 Análise de Homogeneidade

A análise da homogeneidade foi realizada sobre os 1637 registros da base de dados SIPAER referentes aos anos de 2011 a 2013.

Com o nível de ajuste do processo iterativo igual a 0,01, alcançou a convergência na 12ª. iteração, conforme indicado no Quadro 9, no qual verifica-se que o valor de ajuste é igual a 2,0091561

Quadro 9 – Evolução das iterações do processo
de otimização da função de perda

Número de iterações	Ajuste Total	Diferença entre duas iterações consecutivas
1	0,081774	0,0817738
2	2,364252	2,2824777
3	2,557762	0,1935109
4	2,675482	0,1177196
5	2,746888	0,0714059
6	2,793712	0,0468241
7	2,826712	0,0329995
8	2,851038	0,0243268
9	2,869503	0,0184643
10	2,883836	0,0143335
11	2,895186	0,0113501
12	2,904342	0,0091561 (< 0,01)

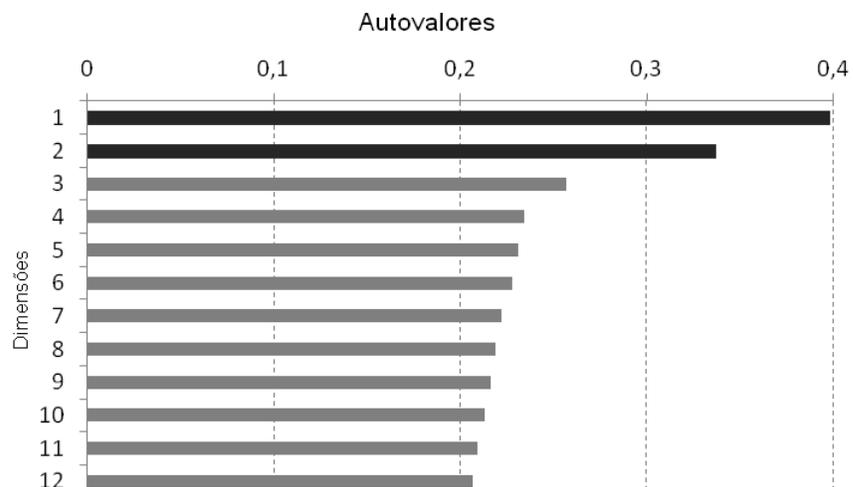
Assim, o número de dimensões inicialmente adequado ao estudo é de 12 dimensões, das quais devem ser obtidos os respectivos autovalores de modo a avaliar a variância a ser considerada no processo de homogeneização.

Os autovalores das 12 dimensões estão indicados no Quadro 10 e ilustrados no Figura 10.

Quadro 10 – Distribuição dos valores próprios das 12 dimensões

Dimensões	Autovalores
1	0,3977
2	0,3361
3	0,2561
4	0,2325
5	0,2278
6	0,2265
7	0,2150
8	0,2129
9	0,2099
10	0,2014
11	0,1978
12	0,1908

Figura 10 – Representação gráfica dos autovalores das 12 dimensões



Destacam-se no conjunto de dimensões consideradas, as duas primeiras as quais são responsáveis pela maior parte da explicação da variância total do processo.

A variância total do processo é

$$\text{variância total} = \frac{p - m}{m} = \frac{69 - 6}{6} = 10,5.$$

A parte da variância total explicada pela duas primeiras dimensões corresponde a 25,26%, calculados da seguinte forma:

Dimensão 1: autovalor ÷ ajuste = 0,3977 ÷ 2,904342 = 0,1369 (ou 13,69%)

Dimensão 2: autovalor ÷ ajuste = 0,3361 ÷ 2,904342 = 0,1157 (ou 11,57%)

As medidas de discriminação das variáveis em estudo nas dimensões seleccionadas estão relacionadas no Quadro 11, cujas células sombreadas referem-se aos valores discriminação maiores do que os respectivos valores próprios (autovalores) das respectivas dimensões:

Quadro 11 – Medidas de discriminação das variáveis por dimensão

Variável	Dimensão	
	1	2
Tipo de reporte	0,395	0,584
ASA	0,020	0,003
Fase de voo	0,493	0,625
Condições do céu	0,043	0,024
Espécie	0,686	0,702
Período do dia	0,750	0,162

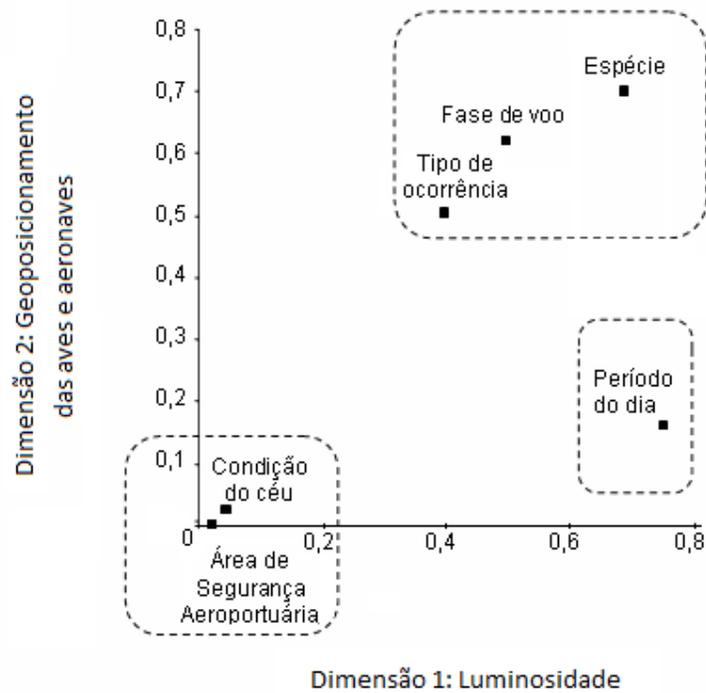
O Quadro 12 apresenta o percentual de participação de cada variável nas respectivas dimensões referindo-se à importância relativa das seis variáveis nas dimensões 1 e 2.

Quadro 12 – Percentual de participação de cada variável

Variáveis	Dimensão 1		Dimensão 2	
	Medidas de discriminação	Importância relativa (%)	Medidas de discriminação	Importância relativa (%)
Tipo de reporte	0,395	16,55	0,584	27,81
ASA	0,020	0,84	0,003	0,14
Fase de vôo	0,493	20,65	0,625	29,76
Condições do céu	0,043	1,80	0,024	1,14
Espécie	0,686	28,74	0,702	33,43
Período do dia	0,750	31,42	0,162	7,71
Total	2,387	100,00	2,100	100,00

A Figura 11 ilustra a discriminação das variáveis em estudo nas dimensões selecionadas.

Figura11 – Caracterização do Espaço do Perigo Aviário



A quantificação das categorias das variáveis estão apresentadas no Quadro

13.

Quadro 13 – Frequências absolutas e medidas de discriminação por categoria

Variável	Categorias	Frequências	Dimensões	
			Luminosidade	Geoposicionamento de aves e aeronaves
Tipo de reporte	Colisão	409	1,07	1,13
	Quase colisão	391	-0,66	0,14
	Avistamento	837	-0,10	-0,59
ASA	Sim	1573	0,08	0,00
	Não	4	-0,69	0,37
Fase de Voo	À baixa altura	64	-0,70	0,27
	Aproximação	313	-0,59	-0,29
	aproximação final	137	-0,16	0,22
	arremetida ar	6	-0,23	0,14
	arremetida solo	9	0,61	0,65
	circuito de tráfego	134	-0,63	-0,26
	corrida após pouso	3	1,63	2,25
	cruzeiro	0	-0,86	-0,12
	decolagem	85	0,50	0,74
	descida	256	-0,44	-0,19
	espera/órbita IFR	29	0,24	1,20
	outra	3	1,24	-1,58
	pouso	209	0,57	0,83
	procedimento aprox. IFR	180	0,11	0,59
	reta final	14	-0,25	0,08
	saída IFR	67	-0,36	-0,07
	subida	2	-0,44	0,01
	subida inicial	47	-0,18	0,53
	táxi	2	0,97	-1,63
	Condições do Céu	Claro	944	-0,17
Poucas nuvens		330	-0,33	0,11
Encoberto		43	0,19	0,50

(continua)

(continuação)

Variável	Categorias	Frequências	Dimensões	
			Luminosidade	Geoposicionamento de aves e aeronaves
Espécie	Albatroz	4	1,64	0,80
	Andorinha	27	-0,08	0,56
	Andorinha + Quero-quero	1	-0,05	1,24
	Anú branco	2	1,18	0,92
	Biguá	3	-0,7	-0,56
	Carcará	23	1,35	1,65
	Carcará + Coruja	1	0,86	1,76
	Carcará + Gavião	1	1,44	2,98
	Carcará + Quero-quero	5	0,91	0,51
	Carcará + Urubu	3	-0,80	0,31
	Coruja	5	3,27	1,81
	Curicaca Tapicuru	1	1,89	2,55
	Fragata	29	-0,09	0,44
	Fragata + urubu	4	-0,31	-0,02
	Gaivota	66	-0,37	0,14
	Gaivota + Urubu	27	-0,84	-0,12
	Garça	22	1,59	0,82
	Garça + Urubu	15	-0,34	-0,56
	Gavião	6	0,96	2,11
	Gavião + Urubu	1	-1,10	0,20
	Marreca parda	1	3,32	1,57
	Mergulhão	1	-0,51	-0,53
	Não identificada	9	0,19	-0,19
	Outros	57	3,18	-3,59
	Pardal	1	0,01	0,06
	Passeriformes pequenos	15	0,40	1,26
	Pica pau	1	2,19	-0,43
	Pombo	2	2,48	2,38
	Pombo + Quero-quero	1	0,06	0,27
	Quero-quero	79	1,09	1,40
	Quero-quero + Urubu	6	-0,34	0,57
	Tuiuiú	2	-0,06	0,74
	Urubu da Mata	3	-0,82	-0,06
Urubu de cabeça Preta	126	-0,59	-0,16	
Urubu de cabeça vermelha	2	-0,69	0,00	
Urubus	773	-0,45	-0,25	

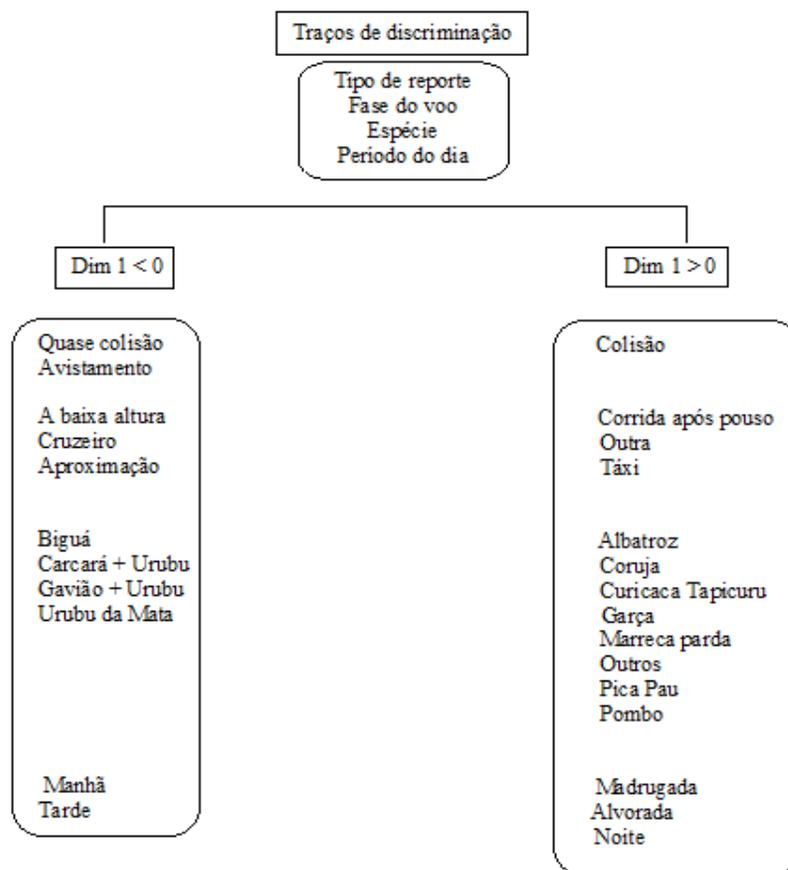
(continua)

(continuação)

Variável	Categorias	Frequências	Dimensões	
			Luminosidade	Geoposicionamento de aves e aeronaves
Período do dia	Madrugada	9	1,74	3,12
	Alvorada	9	2,42	-1,71
	Manhã	796	-0,22	0,15
	Tarde	610	-0,35	-0,13
	Crepúsculo	92	1,08	0,68
	Noite	121	2,77	-0,79

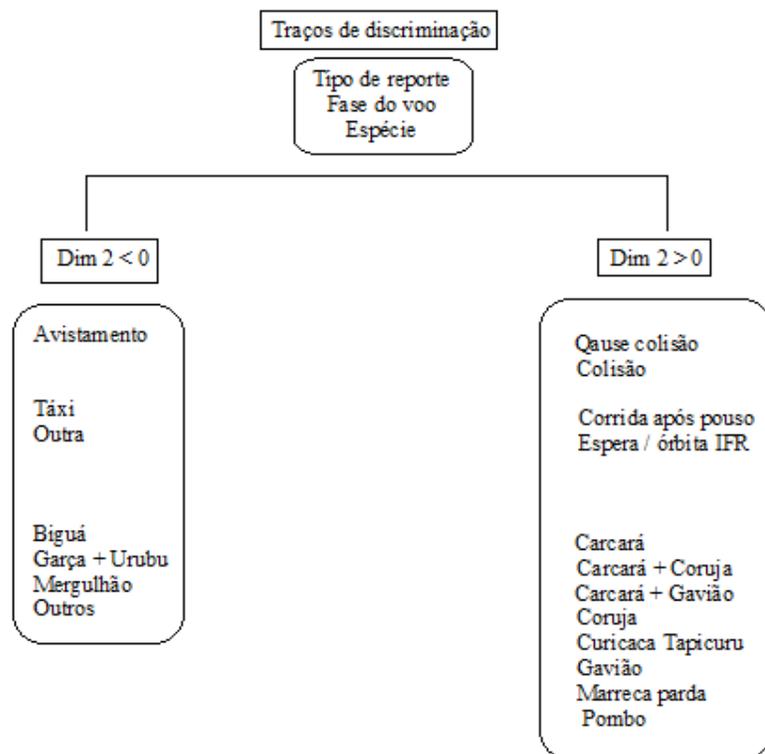
As Figuras 12 e 13 apresentam a descrição das dimensões 1 e 2 por intermédio de seus traços discriminantes.

Figura 12 – Descrição da dimensão Luminosidade



A Dimensão 1 (Figura 12) reflete uma associação entre categorias que apontam no sentido do período do dia, na qual a luminosidade interfere no tipo de ocorrência. No período de maior luminosidade (manhã e tarde), os registros de quase colisão e de avistamento são predominantes. Em oposição, aparecem as categorias que apontam para períodos de baixa luminosidade (madrugada, alvorada e noite), onde podemos encontrar os casos de colisão.

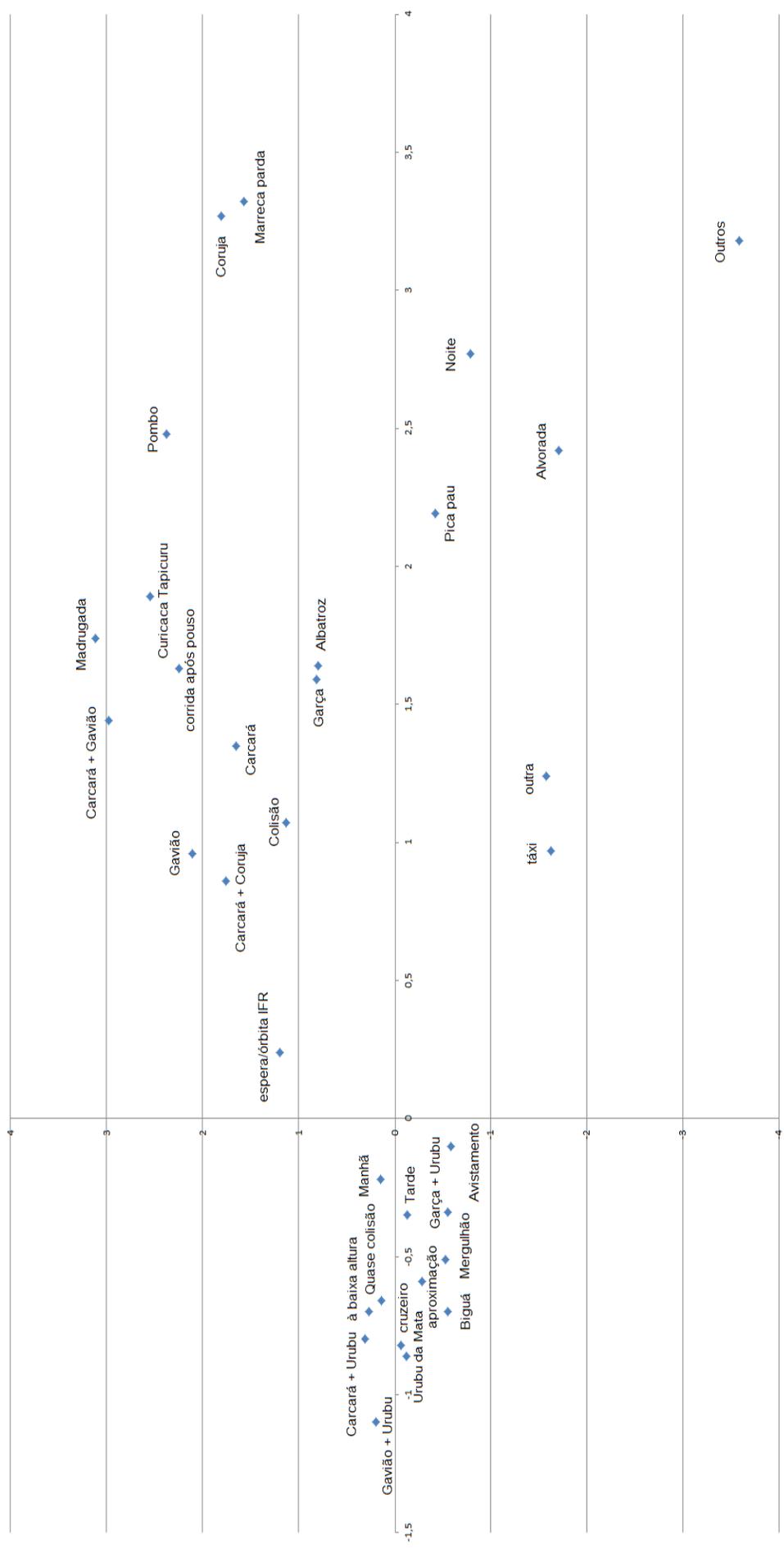
Figura 13 – Descrição da dimensão Geoposicionamento das aves e aeronaves



A dimensão 2 (Figura 13) reflete uma associação entre categorias que apontam para a posição da aeronave e da ave no momento da ocorrência, indicando um grupo com registro de avistamentos em baixa altura e outro grupo para registros de quase colisão e colisão a uma altura mais elevada.

A figura 14 explicita as categorias das variáveis que mais discriminavam as dimensões 1 e 2. E permite observar os grupos homogêneos das categorias.

Figura 14 – Configuração do espaço aéreo do Estado do Rio de Janeiro



Dimensão 1: Luminosidade

6 RESULTADOS/DISCUSSÃO

Perigo aviário e risco aviário são dois termos que costumam ser de entendimento controverso. Alguns textos trazem dubiedade aos significados de ambos fazendo com que possam ser entendidos como sinônimos. Essa confusão muitas das vezes é ressaltada pela tradução de termos da língua inglesa que, na origem, são utilizados como sinônimos (como por exemplo, os termos chance, possibilidade e probabilidade) e que se envolvem com os conceitos de perigo e risco aviários quando na língua portuguesa. A utilização inadequada dos termos, probabilidade, chance e possibilidade que buscam explicar os dois conceitos dão visibilidade à confusão. O presente texto procura de início estabelecer a diferença semântica entre ambos ressaltando o perigo como a capacidade, latente ou potencial, de uma ave causar danos a uma aeronave em uma possível colisão e o risco como a medida da possibilidade (isto é, a probabilidade) desse perigo se realizar.

É notável a variação da quantidade de registros no período de três anos (a Tabela 5 mostra um crescimento de 76,6% de 2011 para 2012 e de 57,6% de 2012 para 2013). No entanto, o número de registros de colisões durante os três anos do período é praticamente constante, deixando transparecer que as anotações de

quase colisões e de avistamentos não eram tratadas com o mesmo cuidado que a colisão. Possivelmente a edição da Lei nº 12.725, de 16 de outubro de 2012, tenha contribuído para uma tomada de consciência quanto à importância da comunicação dos eventos não fatais e, por isso, a partir desse ano, os registros desses tipos de ocorrência passam a ser mais expressivos. A análise das Tabelas 17, 18 e 19 revelam o crescimento de registros na Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia (SBES – Aeroporto de São Pedro da Aldeia) de tal modo que ela passou a ocupar a primeira posição em quantidade de registros em 2013.

Por outro lado, a maior parte das ocorrências está registrada para o âmbito da ASA (96,1% conforme Tabela 6). A Ficha CENIPA 15 não deixa claro, no entanto, no caso dos aeródromos militares se todas as ocorrências com aeronaves das bases aéreas são registradas como sendo do aeródromo de origem da aeronave ou de outro aeródromo utilizado, se natureza não militar.

De acordo com a Tabela 5, o percentual de avistamento corresponde a mais da metade dos registros do período em estudo (51,13%), evidência essa que pode ser explicada pela associação com a informação de que 96,1% das ocorrências são registrados dentro da ASA (vide Tabela 6), uma vez que os aeródromos em geral se situam em áreas afastadas dos centros urbanos, com grandes áreas verdes no entorno das pistas dos aeródromos e em muitos casos próximas a lixões e aterros sanitários, o que propicia o fluxo de aves.

A FICHA CENIPA 15 foi alterada durante o período. A nova versão de dezembro de 2013 substituiu o conceito AGRA que era utilizado na FICHA CENIPA 15 versão de 2011 para o conceito ASA, os quais apresentam uma ligeira diferença. A Lei nº 12.725 fixa o conceito de ASA como sendo a “área circular do território de um ou mais municípios, definida a partir do centro geométrico da maior pista do aeródromo ou do aeródromo militar com 20 km (vinte quilômetros) de raio”. O conceito de AGRA em princípio era o mesmo. A ficha CENIPA 15 anterior orientava (no seu verso) que AGRA é o “círculo imaginário com 20 km de raio a partir do ponto médio da pista do aeródromo” e no seu anverso informava “círculo de 20 km / 11 nm de raio a partir do ponto médio da pista”. A referência a 11 nm (sigla possivelmente impressa com erro, talvez querendo dizer km) é causadora de estranheza. Pode, no

entanto, ser motivo de entendimentos dos técnicos aeronáuticos. Mendonça (2009) refere-se à Resolução nº 4 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 09 de outubro de 1995, que define ASA como “as áreas abrangidas por um determinado raio a partir do “centro geométrico do aeródromo”, de acordo com seu tipo de operação, divididas em 2 (duas) categorias: I - raio de 20 km para aeroportos que operam de acordo com as regras de voo por instrumento (IFR); e II - raio de 13 km para os demais aeródromos” (BRASIL, 1995). Essa discrepância de definições, embora de pequena monta, pode trazer inconsistências quanto à interpretações dos registros quando a transição se incorpora ao período de estudo, como no presente caso. Deve notar que todos os reportes de 2011 até dezembro de 2013 foram anotados para a variável AGRA (pela ficha anterior), mas foram registrados no banco de dados do SIPAER como ASA. Essa inconsistência pode trazer incorreções em futuras análises.

O aumento gradativo no número de registros indica uma ação bem sucedida no gerenciamento do risco aviário e que possivelmente pode ser em função da Lei nº 12.725, de 16 de outubro de 2012. As Figuras 4, 5 e 6 mostram um crescimento no número de registros a partir desta data. Observa-se nas Figuras 5 e 6 que tanto o número colisões, quanto o de quase colisões permanecem relativamente estáveis e com baixa variabilidade, corroborando a atenção dada ao evento Avistamento, conforme já sinalizado acima.

As figuras 4, 5 e 6 revelam uma queda de registros nos dois últimos meses da série temporal. Como o banco de dados foi atualizado pela última vez no começo do ano de 2014, muitos registros dos meses de novembro e dezembro de 2013 não foram computados no presente estudo.

A Tabela 9 indica que quase a totalidade (86,93%) dos eventos registrados na base de dados do SIPAER ocorrem durante o dia. A classificação da ficha CENIPA 15 mostra-se inadequada para refinar o momento do dia em que os fatos acontecem. No entanto, a ficha possui campo para registro do horário de ocorrência do evento. Dessa forma, aproveitando o registro do horário, o presente estudo propôs uma nova classificação mais coerente com o hábito das aves. O Quadro 7 apresenta essa nova classificação em seis categorias. A Tabela 10 informa que, o

que na ficha CENIPA 15 leva a indicar “Dia”, os eventos concentram-se de modo mais intenso no período da manhã. A Tabela 11 e a Figura 7 indica que a parte da manhã mais propensa a essas ocorrências é o período que vai de 9 às 11 horas.

Vale a pena observar (vide Tabela 23 e Figura 9) há uma reversão quantitativa de registros de colisões e avistamentos nos períodos sem luminosidade (madrugada e noite) e naqueles com luminosidade expressiva (manhã e tarde). Os períodos da alvorada e do crepúsculo se equivalem. Esse fato parece contribuir para a explicação do grande número de avistamentos, superando o das colisões na manhã e na tarde

A Tabela 12 revela que as fases mais críticas do voo das aeronaves são a fase de aproximação (19,12% do registros referem-se a essa fase) e a fase de decolagem (15,64% dos registros), indicando que o entorno das pistas é realmente o ponto de concentração do perigo aviário. Esse fato apresenta-se relacionado à altura em que os eventos ocorrem. Na Tabela 15 observa-se que a grande maioria das ocorrência não supera 500 pés (152,4m) de altura.

Quanto às espécies de aves envolvidas nos eventos, o urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*) é a ave mais presente nos registros do período estudado: 58,34% (955 ocorrências), indicando que, do ponto de vista ecológico, é a espécie mais vulnerável do perigo aviário. Consultando a Tabela 16 observa-se que, em sequência a essa espécie, aparecem em segundo e terceiro lugares (praticamente empatadas) as espécies Gaivota (*Larus*) e Quero-quero (*Vanellus chilensis*), com 93 (5,68%) e 92 (5,62%) ocorrências, respectivamente. Essa presença nos registros não significa que as aves sejam responsáveis por colisões na mesma ordem citada. A Tabela 22 permite verificar que as ocorrências de colisões dos urubus-de-cabeça-preta atinge apenas 7,02% dos 955 registros, enquanto que a Gaivota atinge 13,98% dos registros e o Quero-quero 57,61%, o que pode indicar que esta última espécie é o principal problema do perigo aviário no Estado do Rio de Janeiro.

Dentre os tipos de ocorrências, a categoria avistamento não está bem definida, com relação ao perigo aviário. Possivelmente casos reportados de avistamento não estavam sujeitos a nenhum tipo de risco. O presente trabalho

sugere redefinir o conceito de avistamento para casos em que a ave estava próxima a aeronave a ponto de ameaçar o voo ou a segurança da tripulação, porém não foi necessário o desvio da aeronave nem da ave.

Com base em matriz de ameaça operacional por presença de aves constante do *site* do CENIPA (<http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/index.php/component/content/article/artigos-cenipa/122-matriz-de-risco-da-fauna>), o presente propôs um nova matriz de risco (Quadro 8) para estabelecer uma classificação semelhante àquela, porém mais refinada em termos de escores. Com essa matriz foi possível determinar o grau de risco e a gravidade de cada ocorrência da base de dados do SIPAER.

A matriz do Quadro 8 permite também avaliar o risco e a gravidade do perigo aviário dos aeroportos. A Tabela 24 indica três aeródromos com maior risco de perigo aviário (Heliporto da Prefeitura do Rio de Janeiro, Aeroporto de Campos dos Goytacazes e Aeroporto de São Pedro da Aldeia), sendo que o primeiro registrou apenas duas ocorrências no período, o que indica uma necessidade de refinamento no modelo da matriz de risco.

De modo semelhante, o risco ecológico envolvido no perigo aviário para as espécies pode ser observado nos resultados da matriz de risco do Quadro 8 expostos na Tabela 26. O urubu-de-cabeça-preta apresenta o maior risco (escore médio de 9,24 pontos) nos eventos de colisão e quase colisão. A Gaivota apresenta por essa Tabela também médio risco (em média 7,80 pontos) e o Quero-quero baixo risco (em média 5,34). Pode-se concluir que o Quero-quero é um forte ofensor no perigo aviário, porém uma espécie menos ofendida, de modo inverso ao urubu-de-cabeça-preta.

Na Tabela 26, aparece a espécie Tuiuiú com alto escore (9,00 pontos). Há controvérsias com relação à presença de tuiuiú nas regiões do Rio de Janeiro. Os dois eventos dessa espécie foram registrados nos Aeroportos de Campos dos Goytacazes e de Cabo Frio. Possivelmente houve equívoco na determinação da espécie, uma vez que ela não é nativa da região do Estado do Rio de Janeiro ou as aeronaves estavam em trânsito em áreas desses pássaros, porém a origem delas

eram aeródromos dos municípios citados.

Através da análise de homogeneidade, observou-se que a variável Período do Dia foi a que mais contribuiu para discriminar os eventos registrados na base de dados (Quadro 11 e Figura 11), se destacando como um dos fatores principais da análise, correspondendo a uma das dimensões do problema. Essa dimensão foi designada como Luminosidade.

Outras variáveis (Espécie, Fase de voo e Tipo de ocorrência) também se apresentaram como boa participação na discriminação dos eventos (vide Quadro 11 e Figura 11), formando um segundo fator que, relacionados, deu origem à denominação de Geoposicionamento de aves e aeronaves.

A variáveis Condição do céu e Área de Segurança Aeroportuária (ASA) mostraram-se quase nada diferenciadoras dos eventos da base de dados (vide Quadro 11 e Figura 11).

A Figura 12 mostra que na dimensão da Luminosidade a categoria Colisão do tipo de reporte é mais importante do que a Quase colisão e Avistamento, demonstrando que o perfil da base de dados focaliza a Colisão como categoria relevante. Da mesma forma a variável Período do dia tem as categorias Madrugada, Alvorada e Noite como relevantes para as colisões.

A Figura 13 mostra que a categoria de Avistamento tem pouca relevância e está associada a momentos de taxiamento na pista.

A Figura 14 mapeia o espaço aéreo do estado do Rio de Janeiro a partir das categorias das variáveis que mais discriminam no estudo, onde pode-se observar a importância da luminosidade nos eventos e a baixa expressividade de várias espécies quanto ao geoposicionamento das aves e dos tipos de reportes quanto ao geoposicionamento das aeronaves.

7 CONCLUSÕES

Conclui-se o estudo indicando que, para o objetivo “Identificar o nível de discriminação das variáveis estudadas e a quantificação de suas categorias à luz da Análise de Homogeneidade (HOMALS)”, as variáveis que mais discriminam a dimensão Luminosidade são o Período do Dia (com medida de discriminação de 0,750 e contribuição de 31,42% para a variância dessa dimensão) e Espécie (com medida de discriminação de 0,686 e contribuição de 28,74% para a variância dessa dimensão). As variáveis que mais discriminam a dimensão Geoposicionamento de aves e aeronaves são Fase de Voo (com medida de discriminação de 0,625 e contribuição de 29,76% para a variância dessa dimensão), Espécie (com medida de discriminação de 0,702 e contribuição de 33,43% para a variância dessa dimensão) e Tipo de reporte (com medida de discriminação 0,584 e contribuição de 27,81% para a variância da dimensão).

As espécies que mais participam positivamente da dimensão Luminosidade são Coruja e a Marreca Parda e as que mais participam negativamente são Gavião conjugado com Urubu e Urubu da Mata.

Quanto ao Período do Dia, as categorias Alvorada e Noite são as que mais participam positivamente da dimensão Luminosidade e as categorias Manhã e Tarde são as que mais participam negativamente dessa dimensão.

As categorias com maior participação positiva na dimensão Geoposicionamento de aves e aeronaves são Corrida após Pouso, Carcará conjugado com Gavião e Curicaca Tapicuru e as que mais participam negativamente são Táxi e Outras espécies.

Para o objetivo específico “Apresentar uma matriz de risco para as ameaças operacionais pela presença de aves nas situações de colisão, quase colisão e avistamento”, foi levado em consideração o tipo de ocorrência, o tamanho de espécie envolvida, a abundância e a altura em que ocorreu o evento, classificando esses índices em categorias que expõem o grau do risco. A matriz foi utilizada neste trabalho para avaliar três diferentes tipos de risco; o nível risco em que cada aeródromo do Estado do Rio de Janeiro, o nível de risco da ocorrência em relação a cada espécie e o nível risco em que cada espécie foi submetida.

Para o terceiro objetivo “Utilizar a matriz de risco para avaliar o risco das ameaças operacionais em cada aeródromo do Estado do Rio de Janeiro”, identificou-se que o Heliporto Prefeitura do Rio de Janeiro e o Aeroporto de Campos dos Goytacazes foram os que apresentaram maior grau de risco, com o score de 9 e 8, 77 pontos, consecutivamente. Observou-se também que após ser sancionada a Lei 12.750 em outubro de 2012, ocorreu um forte crescimento no número de reportes para o Aeroporto São Pedro da Aldeia, mostrando assim um melhor gerenciamento do risco aviário.

Para o último objetivo “Estudar um modelo de risco do ponto de vista ecológico que esteja centrado na espécie de ave, assim como nos aeródromos”, identificou-se que as espécies submetidas ao maior risco foram; Urubu de cabeça preta, com um score de 9,24 pontos, o Tuiuí com 9 pontos e a Fragata com um score de 8,47 pontos.

Conclui-se o estudo com a percepção de que, embora de prática relevante, há necessidade de refinamento do modelo envolvido na Matriz de Risco definida no

Quadro 8. Essa matriz, no entanto, permitiu uma visão renovada do perigo aviário quando foi capaz de incorporar, além da visão dos aeroportos, tanto o foco nas aeronaves, quanto nas espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, John; OROSZ, Alex; BADHAM, Andrew & BELL, Jennifer. The development of birdstrike risk assessment procedures, their use on airports, and the potential benefits to the aviation industry. In: INTERNATIONAL BIRD STRIKE COMMITTEE, *Proceedings of 26th Meeting International Bird Strike Committee*, Warsaw, 2003. Disponível em <http://worldstrike.com/IBSC/Warsaw/IBSC24%20WPOS7.pdf> Acesso em 20.06.2014

BRASIL. Lei nº 12.725, de 16.10.2012. Dispõe sobre o controle da fauna nas imediações dos aeródromos, 2012.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 4, de 9 de outubro de 1995. Estabelece as Áreas de Segurança Aeroportuária – ASAs, 1995.

CARVALHO, Helena. *Análise Multivariada de Dados Qualitativos – Utilização da HOMALS com o SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo, 2004

CARVALHO, Helena. Homogeneidade e Correspondências Múltiplas: Comparação de Dois Métodos de Análise. In: REIS, Elizabeth e FERREIRA, Manuel Alberto (Eds.) *Temas em Métodos Quantitativos 1*. Lisboa: Ed. Sílabo, 2000, p.239-269

CLEARY, Edward C.; DOLBEER, Richard A. Wildlife hazard management at airports: a manual for airport personnel. 2005. Disponível em: http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1127&content=icwdm_usda_nwrc Acesso em 20-06-2014.

DE LEEUW, Jan & MAIR, Patrick. Gifi Methods for Optimal Scaling in **R**: The Package homals. *Journal of Statistical Software*, vol. 31, no. 4. Disponível em <http://www.jstatsoft.org/v31/i04/paper> Acesso em 20.06.2014

DOLBEER, R. A. Bird Damage to Turbofan and Turbojet Engines in Relation to Phase of Flight – Why Speed Matters. *Bird and Aviation*, vol. 27, no. 2, 2007, p.1-9

ESCHENFELDER, P. Mandatory Strike Reporting: the time has come. In: Anais do International Bird Strike Committee Meeting, 26., 2003.Warsaw: IBSC, 2003.

ESTADOS UNIDOS. Department of Defense. Standard Practice for System Safety – MIL-STD-882D, 2000

ESTADOS UNIDOS. Federal Aviation Administration. System Safety Handbook, Chapter 1: Introduction. 2000a. Disponível em <http://www.atcvantage.com/docs/FAA_System_Safety_Handbook_2001.pdf> Acesso em 30.05.2014.

LU, Chien-tsung; WETMORE, Michael; PRZETAK, Robert. Another Approach to Enhance Airline Safety: Using Management Tools. *Journal of Air Transportation*, vol. 11, no. 1, p.113-139, 2006

MENDONÇA, Flávio A. C. A Ficha CENIPA 15 e as Atividades de Prevenção do Risco Aviário. *Revista Conexão SIPAER*, vol.2, nº. 3, 9-55, 2011.

_____. Gerenciamento do Perigo Aviário em Aeroportos. *Revista Conexão SIPAER*, vol.1, nº 1, 153-174, 2009.

PESSOA NETO, J. A.; TSCHÁ, E. R.; PEDROSA FILHO, M. X. Controle do Perigo Aviário Causado por Aves com Adoção de Medidas Mitigadoras. *Anais do XLIV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural*. Fortaleza: UFC, 2006

PINHEIRO, Victor Santos. *Análise de Homogeneidade Aplicada ao Risco Aviário*. 2013. 66f. Trabalho de Final de Curso (Curso de Graduação em Estatística), Instituto de Matemática e Estatística, Universidade Federal Fluminense, Niterói.

STEPHENSON, J. *System Safety 2000*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. (apud MORAIS, Francisco José. *Métodos de Avaliação do Risco Aviário em Aeroportos*. Dissertação de Mestrado (Curso de Mestrado Profissional em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada) Pós Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2012. 130f.

VERCESI, Ana Maria. Qual a altura máxima de voo já atingida por uma ave? *Mundo Estranho*; edição 138, maio de 2013. <<http://mundoestranho.abril.com.br/materia/qual-a-altura-maxima-de-voo-ja-atingida-por-uma-ave>>. Acesso em 20-06-2014.

ANEXO A

FICHA CENIPA 15



REPORTE DE EVENTOS DE INTERESSE COM A FAUNA

FICHA CENIPA 15 (*campos obrigatórios)



Tipo de Evento*: Colisão Quase colisão Avistamento

1 AERONAVE Matricula _____ Operador : _____ Fabricante : _____ Modelo : _____		10 EFEITO NO VOO* <input type="checkbox"/> Nenhum <input type="checkbox"/> Não reportado <input type="checkbox"/> Pouso de precaução <input type="checkbox"/> Decolagem abortada <input type="checkbox"/> Corte / apagamento de motor <input type="checkbox"/> Desestabilização na aproximação <input type="checkbox"/> Outros ()	
2 TIPO DE AVIAÇÃO* <input type="checkbox"/> Regular (RPT) <input type="checkbox"/> Marinha do Brasil <input type="checkbox"/> Geral (GA) <input type="checkbox"/> Exército Brasileiro <input type="checkbox"/> Desconhecido (UNK) <input type="checkbox"/> Força Aérea Brasileira		11 CONDIÇÕES DO CÉU* <input type="checkbox"/> Claro (SKC) <input type="checkbox"/> Poucas nuvens (SCT) <input type="checkbox"/> Encoberto (OVC) Precipitação <input type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> Nevoeiro <input type="checkbox"/> Chuva <input type="checkbox"/> Chuva recente	
3 MOTOR (SOMENTE SE HOUVE COLISÃO NO MOTOR) Fabricante : _____ Modelo : _____		12 ESPÉCIME (S) DE FAUNA ENVOLVIDA(S) Nome popular ou científico: _____ <input type="checkbox"/> Não identificada <input type="checkbox"/> coletada <input type="checkbox"/> fotografada Enviada: <input type="checkbox"/> Fotografia (s) / <input type="checkbox"/> Amostra (s) para identificação da espécie	
4 PERÍODO DO DIA Hora Local* : _____ Hora GMT – (Z) : _____ PARTE DO DIA* <input type="checkbox"/> alvoreada <input type="checkbox"/> dia <input type="checkbox"/> crepúsculo <input type="checkbox"/> noite		Avistada (s) Atingida (s) Tamanho Estimado Individual <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> muito pequeno (< 50 g) <input type="checkbox"/> 2 – 10 <input type="checkbox"/> pequeno (51 a 250 g) <input type="checkbox"/> 11 – 50 <input type="checkbox"/> médio (251 a 750 g) <input type="checkbox"/> 51 – 100 <input type="checkbox"/> grande (751 a 1500 g) <input type="checkbox"/> mais de 100 <input type="checkbox"/> muito grande (> 1500 g)	
5 AERÓDROMO* Indicativo OACI ou nome : _____ Pista em uso (direção de uso)*: _____		13 DANOS / PREJUÍZOS DANOS*: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> INDETERMINADO <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> NÃO INFORMADO Obs.: aeronave civil brasileira – se for necessário reparo, preencher 05C AERONAVE INDISPONÍVEL POR: _____ : (HORAS) CUSTO DIRETO (INSPEÇÃO/REPARO/TROCA DE COMPONENTE): (US\$) _____ CUSTO ESTIMADO INDIRETO (HOSPEDAGEM/LUCRO CESSANTE): (US\$) _____	
6 LOCAL NO AERÓDROMO / ENTORNO / ROTA Área de Segurança Aeroportuária (ASA)* <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO Coordenadas / Radial e Distância : _____		TRIPULAÇÃO ALERTADA P/ PRESENÇA DE FAUNA?* (ATIS, APP, TWR, NOTAM) SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>	
7 ALTURA (AGL) VELOCIDADE (IAS) _____ ft _____ kt		OBSERVAÇÕES ADICIONAIS DESCREVA SE HOUVE FERIMENTOS (PESSOAL), DANOS SOFRIDOS (AERONAVE), CONCENTRAÇÕES SIGNIFICATIVAS DE AVES, FOCOS ATRATIVOS NO SOLO, PERDA ESTIMADA DE POTÊNCIA, VIBRAÇÃO/FOGO NO MOTOR, MAIS DE UMA ESPÉCIE COLIDIDA OU QUALQUER OUTRA INFORMAÇÃO/OPÇÃO PERTINENTE.	
8 FASE DO VOO* <input type="checkbox"/> Táxi <input type="checkbox"/> Decolagem <input type="checkbox"/> Subida <input type="checkbox"/> Cruzeiro <input type="checkbox"/> Descida <input type="checkbox"/> Aproximação <input type="checkbox"/> Pouso <input type="checkbox"/> Revisão de pista <input type="checkbox"/> NBA <input type="checkbox"/> Inspeção de trânsito/intervoo <input type="checkbox"/> Estacionamento		_____	
9 PARTE(S) DA AERONAVE		_____	
Atingida Danificada <input type="checkbox"/> Radome <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Para-brisas <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Nariz (exceto anteriores) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Motor # 1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Motor # 2 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Motor # 3 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Motor # 4 <input type="checkbox"/> Ingestão pelo motor? SIM <input type="checkbox"/> Ingestão Múltipla? SIM <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Hélice (s) (Nº) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Asa / Rotor <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Fuselagem <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Trem de pouso <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Cauda <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Outras () <input type="checkbox"/>		_____	
16 Reportado por (nome): _____ Função/local de trabalho: _____		Telefones / fax: _____	
E-mail (s): _____		_____	

FONTES: Ranking the Hazard Level of Wildlife Species to Aviation (Dolbeer et. al. 2000), Doc 9137-AN/898 Part 3 – Wildlife Control and Reduction (2012), Lei 12.725/2012

Enviar para: CENIPA – SHIS – QI 5 – LAGO SUL – BRASÍLIA/DF - CEP 71.615-600 / FAX: 0XX61 3365-1004 / EMAIL: riscoaviario@cempa.aer.mil.br / riscoaviario@cempa.intraer

Ficha CENIPA 15 (versão DEZ2013) substitui a versão anterior (2011)

INSTRUÇÕES PARA PREENCHIMENTO DA FICHA CENIPA 15

As definições a seguir são exclusivamente direcionadas à padronização de informações para reporte e registro no SIGRA, a fim de aperfeiçoar sua precisão e completude. Por conseguinte, melhorando a eficiência do gerenciamento de risco de fauna e do ranking de espécies-problema para a aviação brasileira. Forneça seus contatos (em especial e-mail) para consulta sobre possíveis dúvidas. Para consultar dados registrados no SIGRA, clique [AQUÍ](#).

Assinalar somente uma opção por ficha!	
Item	Descrição
<p>Colisão com fauna – evento em que ocorra pelo menos 1 das situações a seguir: tripulação testemunhar colisão, evidência ou dano decorrente de colisão é identificado em aeronave pelo pessoal de aeródromo ou de manutenção de aeronave; carcaça de animal for localizada em até 50 m das laterais de pista de pouso e de taxi ou 300 m das cabeceiras de pista de pouso ou a presença de fauna no aeródromo ou fora dele exercer efeito significativo sobre a operação de aeronaves (p.ex. abortiva de decolagem, etc). Quase colisão – colisão marginalmente evitada pelo desvio realizado pela tripulação ou pelo animal. Em termos de gerenciamento, esse evento equivale a uma colisão. Avistamento – 1 ou mais animais vivos são visualizados nas proximidades da trajetória da aeronave sem ter sido necessário o desvio pela tripulação ou pelo animal.</p>	
(1) Aeronave	<p>Data: Grupo de oito algarismos que define dia, mês e ano da ocorrência. (p.ex.: 02/05/2009). Matrícula: grupo de letras e números que identifica uma única aeronave. Não use número de voo! (p.ex.: PTABC, VHAUS, FAB1234, N7777, EB3333, etc). Operador: unidade aérea militar, órgão de segurança pública, empresa ou particular que explora a aeronave. (p.ex.: 1GAV10 Poker, PM-DF, Coles Supermercados, Aeroclube de São Pedro, American Airlines, Particular, etc). Fabricante: empresa que fabricou a aeronave. (p.ex.: Embraer, Neiva, Aerospaiale, Boeing, etc). Modelo: família da aeronave, de acordo com sua seção frontal. (p. ex: A320, B737, EMB170, etc).</p>
(2) Tipo de Aviação	<p align="center">Assinalar somente uma das opções a seguir, observando as definições!</p> <p>Regular: aeronave utilizada para transporte comercial de passageiros (RBAC 121 e 129). Geral: aeronave de menor porte utilizada pra fins diversos (RBAC 91, 135, 137, 140, 141). Marinha / Exército / Aeronáutica: assinalar conforme Força Armada a que pertença a aeronave. Desconhecido: caso a aeronave não seja identificada, o tipo de aviação será “desconhecido”.</p>
(3) Motor	<p align="center">Assinalar somente se houve colisão no motor!</p> <p>Fabricante: a empresa que fabricou o motor da aeronave. (p.ex.: Rolls Royce, Pratt & Whitney, Snecma, etc). Modelo: indicador que especifica o modelo de motor usado pela aeronave. (p.ex.: T700-701, AE3007A, PT6A-25C, JT-8D, etc).</p>
(4) Período do dia	<p>Hora local: grupo de quatro dígitos, de 00:00 a 23:59. (p.ex.: 22:02). Hora GMT - (Z): grupo de quatro dígitos, que expressa o horário em relação ao meridiano de Greenwich. (p.ex.: 01:02). Parte do dia: assinalar apenas uma das opções.</p>
(5) Aeródromo	<p>Indicativo ICAO ou nome: utilizar preferencialmente código ICAO ou o nome do aeroporto / aeródromo. Pista em uso: utilizar dois dígitos relativos à direção da pista em uso e a letra “L”, “C” ou “R”, se houver. (p.ex.: 10, 17L, 16R, etc).</p>
(6) Local no aeródromo/entorno / rota	<p>Área de Segurança Aeroportuária (ASA): área circular com 20 km de raio a partir do centro geométrico da maior pista do aeródromo. Coordenadas / radial e distância: coordenadas geográficas ou qualquer outro dado que permita determinar o local aproximado da ocorrência na ASA. (p. ex.: eventos no lado-ar=0/0, tripulantes podem ser mais específicos fornecendo RD/Dist= 270/8 ou coordenadas geográficas).</p>
(7) Altura e velocidade	<p>Inserir a altura sobre o terreno no momento em que ocorreu o evento (em pés) e a velocidade (em nós). Caso a aeronave use outro sistema de medida, informar em observações. (p.ex.: colisão ocorrida no solo ou identificada em revisão de pista tem altura “0”).</p>
(8) Fase do voo	<p align="center">Assinalar somente uma das opções a seguir, observando as definições!</p> <p>Táxi: movimento no solo, exceto decolagem e pouso. Inclui helicópteros taxiando com/sem contato com o solo. Decolagem: do início da corrida na pista até 500 pés acima do solo. Inclui a desaceleração em caso de abortiva, a decolagem direta e a decolagem corrida de helicópteros, e ainda a arremetida no ar ou no solo. Subida: após a decolagem (acima de 500 pés acima do solo) até nível F100 ou até o nivelamento da aeronave, se ocorrer abaixo daquele nível. Cruzeiro: quando voando acima do FL 100 (10.000 pés), ou nivelado abaixo desse nível, até os cheques de descida sem incluir a navegação abaixo de 1.500 pés acima do solo. Descida: ao cruzar o FL 100, ou do nível de cruzeiro, até 3.500 pés AGL. Aproximação: abaixo de 3.500 pés de altura até 200 pés acima do solo na trajetória de pouso. Pouso: abaixo de 200 pés acima do solo até o final da corrida após pouso, ou seja, até a aeronave atingir a velocidade de táxi para sair da pista. Para helicópteros dotados de rodas, até a aeronave tocar o solo para o táxi, ou até o nivelamento próximo ao solo ou o pouso corrido. Revisão de pista: quando uma colisão é detectada por meio de uma carcaça identificada, por pessoal de solo ou tripulante, no “lado-ar” de aeródromo, sem que outra fase de voo possa ser atribuída ao evento, ou seja, não se sabe a aeronave que colidiu com o animal. Caso se identifique a aeronave, só deverá ser classificada neste tipo se a tripulação não souber quando o evento ocorreu, tendo a aeronave executado mais de uma fase de voo no aeródromo. Navegação à Baixa Altura: do final da decolagem até 200 pés AGL para pouso, desde que abaixo de 1.500 pés de altura sobre o solo. Inspeção de trânsito / intervoo – colisão descoberta por pessoal de solo, durante o período entre um pouso e a decolagem subsequente, normalmente verificada por vestígios de material orgânico e/ou por dano na aeronave. A última tripulação deve ser consultada e, caso informe quando a colisão ocorreu, esse evento deve ser reclassificado em outra fase de voo. Estacionamento: desde o acionamento do primeiro (ou único) motor até o início do táxi, e desde o fim do táxi até o corte do último (ou único) motor. A probabilidade de colisão nessa fase é extremamente maior com helicóptero.</p>
(9) Parte (s) da aeronave	<p>Mais de uma parte da aeronave pode ser atingida em cada evento, já que colisão mesmo com 1 animal pode atingir e danificar mais de uma parte da aeronave. Assinalar todas as partes atingidas e/ou danificadas, utilizando a opção “OUTRAS” somente se a parte atingida não estiver contemplada na lista. Se uma parte foi danificada por motivo diferente da colisão, só deve ser assinalada a opção danificada. (p. ex. colisão com uma vaca no trem de pouso (trem de pouso - atingido e danificado) venha a provocar o capotamento da aeronave (asa - danificada). Selecionar as opções correspondentes em caso de ingestão pelo motor. Caso a aeronave não seja conhecida (revisão de pista), a parte atingida/danificada deve ser registrada como “Outras (DESCONHECIDA)”. Caso a aeronave seja conhecida (demais fases de voo, incluindo inspeção de trânsito) e a parte atingida que não tenha sido informada deve ser registrada como “Outras (NÃO REPORTADA)”.</p>
(10) Efeito no voo	<p>Mais de um efeito no voo pode ocorrer em cada evento. Use “observações adicionais” para registrar. (p. ex. fogo nos freios, estouro de pneu, runway excursion, recolhimento do trem de pouso, etc). Nenhum: voo continuou como planejado, embora atrasos e outros custos causados por inspeções ou reparos possam ter ocorrido após o pouso. Esses custos devem ser incluídos no reporte. Não reportado: quando não se conhece a existência de efeito no voo (revisão de pista) ou o mesmo não é informado (outras fases). Pouso de precaução: aeronave pousou em local ou em momento diferente do planejado, seja no aeródromo de decolagem, de destino ou no alternativo. Decolagem abortada: quando a tripulação aborta a corrida de decolagem, após de ter iniciado a mesma. Corte/apagamento de motor: pelo menos um motor teve seu funcionamento interrompido pela tripulação ou deixou de operar devido à colisão. Desestabilização na aproximação: quando a aproximação for desestabilizada, com ou sem a necessidade de circular para realizar o pouso. Outros: alguma consequência não descrita anteriormente, como redução de velocidade para evitar estilhaçar para-brisas trincado por colisão, pouso em emergência no aeródromo de destino, pouso duro, pane de sistemas devido à colisão com fauna, etc.</p>
(11) Condições do céu	<p>Assinalar uma opção para a cobertura de nuvens e outra quanto à precipitação. Chuva recente se refere à condição em que há água empoçada no aeródromo após o término recente da precipitação.</p>
(12) Espécime(s) de fauna envolvida(s)	<p>Nome popular ou científico: informar somente se conhecido. Caso haja carcaça, tomar fotografias conforme instruções disponíveis em: http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/Anexos/article/205/Fotografia_de_animais_colididos-INFRAERO.pdf. Caso não haja carcaça, coletar penas e/ou amostra(s), assinalando opções correspondentes e providenciando o envio de amostras para identificação da espécie. Identificar a(s) amostra(s) com: número do reporte, data, hora, aeródromo onde houve a colisão, matrícula da aeronave (se sabida), nome, telefone/email do tripulante e do coletor da amostra. Incluir cópia da FCI15. Estimar a quantidade de fauna por meio das colunas avistada e atingida e seu tamanho estimado individual. Caso haja mais de uma espécie, preencha as opções para a de maior porte, inserindo os dados das demais em “Observações Adicionais”.</p>
(13) Danos / Prejuízos	<p>Assinalar uma das opções, conforme o caso. Obviamente a indisponibilidade da aeronave, o custo direto (inspeção, reparo, substituição de componentes) e o custo estimado indireto não estarão disponíveis no momento da colisão. Entretanto, basta enviar tais dados, logo que conhecidos, para riscoaviario@cenipa.aer.mil.br identificando o evento por: matrícula, data e, se possível, a localidade onde ocorreu a colisão.</p>
(14) Trip. alertada	<p>Assinalar se o piloto foi alertado para a presença de fauna a fim de aumentar a eficiência das ferramentas disponíveis para veicular tal informação.</p>
(15) Observações	<p>Digitação livre, informar dados que não puderam ser assinalados anteriormente na ficha ou complementar dados de campo(s) marcado(s).</p>
(16) Reportado por	<p>Fornecer contatos para a possível retirada de qualquer dúvida a respeito da ficha recebida. O endereço de e-mail é a mais importante de todas as informações que podem ser fornecidas neste campo. As fichas preenchidas ON LINE serão enviadas automaticamente para este e-mail.</p>

Instruções de preenchimento para Ficha CENIPA 15 (versão DEZ2013), substitui a versão anterior (2011)

ANEXO B

Variáveis consideradas para análise e suas categorias

Variáveis categóricas	Categorias
Tipo de ocorrência	Avistamento Quase colisão Colisão
Período do dia	Madrugada Alvorada Manhã Tarde Crepúsculo Noite
Aeródromo	Aeroporto Campo Dos Afonsos Aeroporto de Cabo Frio Aeroporto de Campos dos Goytacazes Aeroporto São Pedro da Aldeia Heliporto São Tomé Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Galeão) Aeroporto de Jacarepaguá Aeroporto de Macaé Aeroporto do Rio de Janeiro (Santos Dumont) Aeroporto Bartolomeu de Gusmão Heliporto Prefeitura do Rio de Janeiro Aeroporto de Resende Aeroporto de Angra dos Reis Heliporto Lagoa Aeroporto de Paratí
Área de Segurança Aeroportuária	Sim Não
Altura (AGL)	Até 30 metros (< 31) De 31 a 150 metros (31 a 150) Mais de 150 metros (> 150)

(continua)

<i>Variáveis categóricas</i>	<i>Categorias</i>
Fase do voo	A baixa altura Aproximação Aproximação final Arremetida ar Arremetida solo Circuito de tráfego Corrida após pouso Cruzeiro Decolagem Descida Espera/órbita IFR Outra Pouso Procedimento aprox. IFR Reta final Saída IFR Subida Subida inicial Táxi
Condição do céu	Claro Poucas Nuvens Encoberto
Quantidade de aves (avistadas ou atingidas)	Uma ave De 2 a 10 aves De 11 a 50 aves De 51 a 100 aves Mais de 100 aves
Espécie	Andorinha Carcará Coruja buraqueira Fragata Gaivota Gavião Mergulhão Outra Pombo Quero-quero Urubu
Tamanho	Muito pequeno (MP) Pequeno (P) Médio (M) Grande (G) Muito grande (MG)

GLOSSÁRIO

1.DEFINIÇÕES.

1.1.AERÓDROMO.

Região definida sobre a terra ou água destinada à chegada, partida e movimentação de aeronaves.

1.2.ÁREA DE GERENCIAMENTO DO RISCO AVIÁRIO (AGRA).

Região circular com seu centro no ponto médio da pista do aeródromo e raio de 20km. A AGRA possui uma região interna de 9 Km de raio do seu núcleo, e uma região externa, entre o núcleo e o seu limite. Caso o aeródromo tenha mais de uma pista, a AGRA será aquela resultante da soma das áreas criadas a partir de cada uma das pistas.

1.3.ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA (ASA).

Foi criado em 1995, pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, com participação ativa do CENIPA , a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 04 (BRASIL, 1995), que estabelece que a Área de Segurança Aeroportuária – ASA, que compreende um círculo com raio de 20 Km para os aeródromos que operam IFR, e 13 Km, para aqueles que operam VFR, onde ficou proibida a implantação de qualquer atividade que atraia ou possa vir a atrair aves. (Mendonça,2009).

Com a Lei 12.725, de 16.10.2012 (BRASIL, 2012) o conceito foi revisto e fixado como “área circular do território de um ou mais municípios, definida a partir do centro geométrico da maior pista do aeródromo ou do aeródromo militar, com 20 km

(vinte quilômetros) de raio, cujo uso e ocupação estão sujeitos a restrições especiais em função da natureza atrativa de fauna”.

1.4. AVISTAMENTO DE AVE(S).

Acontecimento em que houve a visualização da ave nas proximidades da trajetória da aeronave, sem ter sido necessário o desvio da aeronave ou da ave.

A nova ficha CENIPA 15, nas instruções de preenchimento, define avistamento como sendo o evento onde um ou mais animais vivos são visualizados nas proximidades da trajetória da aeronave sem ter sido necessário o desvio pela tripulação ou pelo animal.

1.5. QUASE COLISÃO COM AVE(S).

Acontecimento em que uma colisão foi marginalmente evitada pelo desvio da aeronave ou da ave.

A nova ficha CENIPA 15, nas instruções de preenchimento, define quase colisão como sendo a colisão marginalmente evitada pelo desvio realizado pela tripulação ou pelo animal. Em termos de gerenciamento, esse evento equivale a uma colisão.

1.6. COLISÃO COM AVE(S).

Acontecimento em que é definido por uma das situações a seguir: piloto reportar ter colidido com uma ou mais aves; pessoal de manutenção identificar danos em aeronaves e houver restos de material orgânico; pessoal de solo reportar que visualizou impacto de aeronave com animal(is); carcaça(s) de animal(is) localizada(s) em até 20 metros das laterais de uma pista de pouso ou de táxi; ou em pontos situados até 50 metros das cabeceiras de uma pista de pouso; ou a presença de animal(is) na área de movimento do aeródromo exercer efeito significativo sobre

a operação das aeronaves, como, por exemplo, uma abortiva da decolagem ou a saída da aeronave pelas laterais ou cabeceiras da pista. Quando existir outro motivo aparente para a morte do(s) animal(is), a(s) carcaça(s) encontrada(s) na área de manobras não será(ão) considerada(s) oriunda(s) de colisão com aeronave (MENDONÇA, 2009).

A nova ficha CENIPA 15, nas instruções de preenchimento, define colisão com fauna como o evento em que ocorra pelo menos 1 das situações a seguir: tripulação testemunhar colisão, evidência ou dano decorrente de colisão é identificado em aeronave pelo pessoal de aeródromo ou de manutenção de aeronave; carcaça de animal for localizada em até 50 m das laterais de pista de pouso e de táxi ou 300 m das cabeceiras de pista de pouso ou a presença de fauna no aeródromo ou fora dele exercer efeito significativo sobre a operação de aeronaves (p.ex. abortiva de decolagem, etc).

1.7. ICAO (International Civil Aviation Organization).

O código aeroportuário ICAO é um código composto por quatro letras que designa aeroportos em todo o mundo. É definido pela Organização da Aviação Civil Internacional(em inglês, International Civil Aviation Organization – ICAO).

1.7.1 Siglas dos Aeródromos do Estado do Rio de Janeiro.

- SBGL – Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Galeão)
- SBSC – Aeroporto Bartolomeu de Gusmão
- SBRJ – Aeroporto do Rio de Janeiro (Santos Dumont)
- SBES – Aeroporto São Pedro da Aldeia
- SBCE – Aeroporto de Campos dos Goytacazes
- SBME – Aeroporto de Macaé
- SBAF – Aeroporto Campo dos Afonsos
- SBJR – Aeroporto de Jacarepaguá
- SBCB – Aeroporto de Cabo Frio
- SDAG – Aeroporto de Angra dos Reis

- SDRS – Aeroporto de Resende
- SDTK – Aeroporto de Paraty
- SBFS – Heliporto São Tomé
- SDRJ – Heliporto Prefeitura do Rio de Janeiro
- SDHL – Heliporto Lagoa

1.8. FASE DE VOO.

- Táxi – movimento no solo, exceto no pouso e na decolagem. Inclui helicópteros taxiando sem contato com o solo.
- Decolagem – da aplicação da potência até 50 ft AGL. Inclui a desaceleração, no caso de abortiva, e ainda a decolagem direta e corrida de helicópteros.
- Subida inicial – desde 50 ft sobre a pista até a 1ª redução prevista de potência, até 1.500 ft AGL, ou até atingir o circuito de tráfego. Não inclui saída IFR.
- Saída IFR – do término da decolagem até ponto pré-estabelecido em carta (rota ATS).
- Subida – do término da subida inicial ou da saída IFR até os cheques de nivelamento.
- Cruzeiro – dos cheques de nivelamento até os cheques de descida.
- À baixa altura – da saída do circuito de tráfego até a re-entrada, desde que a 1500 ft AGL ou abaixo.
- Descida – dos cheques de descida até o início das fases de manobra, emprego militar ou especial, fixo de aproximação, marcador externo, 1.500 ft AGL ou entrada no tráfego visual padrão.

- Espera/órbita IFR – a partir de um ponto fixo ou designado como referência da órbita até o procedimento IFR ou prosseguimento da descida.
- Procedimento de aproximação IFR – do início do procedimento IFR até a aproximação final. Inclui a curva base do procedimento, porém exclui a órbita.
- Circuito de tráfego – da entrada no circuito até a reta final.
- Aproximação final – após fixo de aproximação final (IFR) até ponto previsto de início de arremetida no ar ou obter condições visuais (reta final).
- Reta final – do fim da aproximação final (IFR) ou da perna base (VFR) até o pouso ou pairado.
- Arremetida no ar – do início dos procedimentos de aproximação perdida (IFR) ou aplicação de potência, antes do toque, até início de novo procedimento de espera IFR ou circuito de tráfego.
- Arremetida no solo – da aplicação de potência após o toque até a saída efetiva do solo (decolagem).
- Pouso – da entrada no efeito solo até o toque. Para helicópteros até o vôo pairado ou toque, no caso de aproximação direta para o estacionamento.
- Corrida após pouso – do toque no solo até a saída da pista ou parada, o que ocorrer primeiro. Inclui pouso corrido de helicóptero.
- Outra – situação não apresentada na ficha ou não classificada em qualquer das fases conhecidas, utilizar o espaço correspondente de forma clara e legível. (p. ex. inspeção de trânsito, revisão de pista, etc)

1.9. ALTURA DE OCORRÊNCIA EM AGL (*Above Ground Level*).

Se possível, estimar a altura em pés acima do nível do solo no momento da ocorrência.

1.10. CENIPA – Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos.

Organização militar da Força Aérea Brasileira, criada em 1971, por meio do Decreto nº 69.565, responsável por monitorar a ocorrência de acidentes com aeronaves vinculadas às Forças Armadas (Marinha, Exército e Força Aérea Brasileira), à ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), à INFRAERO (Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária) e às empresas aéreas. (BRASIL, 2013).

1.11. SIPAER - Serviço de Investigação e Prevenção Aeronáutica.

Em 1959, foi criado pela Aeronáutica (Decreto nº 45.975) o Serviço de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos no Brasil, com a denominação da sigla SIPAER. Esse serviço tem por finalidade atualizar o controle de acidentes aeronáuticos no país, investigar para apurar responsabilidades, analisar relatórios e propor recomendações de segurança na atividade aérea.