

# Caracterização das colisões entre aves e aeronaves nos aeródromos brasileiros

Carlos Eduardo Alencar Carvalho<sup>1</sup>, Ludmilla Figueiredo<sup>2</sup>, Camila Palhares Teixeira<sup>3</sup>, José Eugênio Côrtes Figueira<sup>4</sup>, Luciana dos Anjos<sup>5</sup>

1 UFMG

2 Msc. Sciences

3 UNIFEMM - Centro Universitário de Sete Lagoas – MG

4 UFMG/ICB

5 Bacharel em Biologia UNIFEMM

**RESUMO:** A presença de aves em aeroportos e seus entornos tem contribuído para o aumento dos riscos de acidentes para aviação civil e militar em todo o mundo. Neste estudo, analisou-se como esses fatores estão associados à ocorrência de colisões entre aves e aeronaves e suas possíveis interações. Para isso, foram contrastados 4323 registros de acidentes e avistamentos em 166 aeroportos situados em diferentes biomas do Brasil entre 2011 e 2012. A partir de análise de correspondências múltiplas (ACM), identificou-se que os acidentes são mais frequentes que os avistamentos nas regiões Sul e Centro-Oeste do Brasil, não estão necessariamente associados a maiores densidades populacionais, geralmente ocorrem quando o tempo está encoberto, em meses chuvosos, entre o entardecer e a alvorada e envolvendo espécies sinantrópicas, insetívoras ou onívoras. Com base nessas conclusões, são propostas princípios de manejo que visam minimizar os dois tipos de resposta que devem ser consideradas para a customização de projetos específicos. Esses princípios são discutidos para as oito espécies mais frequentemente envolvidas nas colisões analisadas, identificadas através da análise de Pareto.

**Palavras chave:** Risco Aviário, Manejo de Fauna, Ecologia do Medo, Habituação.

## Characterization of Bird-Aircraft Collisions in Brazilian Aerodromes

**ABSTRACT:** The presence of birds in airports and their surroundings has contributed to the increase in the risk of accidents in civil and military aviation worldwide. This study analyzes the way these factors are associated with the occurrence of bird-strike events and the possible interactions between them. With this in mind, records of 4,323 accidents and sightings between 2011 and 2012 in 166 airports located in different biomes of Brazil were confronted. By means of a multiple-correspondence analysis, the study identified the following: accidents are more frequent than sightings in the Southern and Midwestern regions of the country; accidents are not necessarily associated with higher population density; accidents usually occur when in rainy months, the sky is overcast, between the sunset and dawn, and involving synanthropic, insectivorous, or omnivorous species. Based on these conclusions, handling principles are proposed which aim at minimizing the two types of response to be considered for the customization of specific projects. Such principles are discussed for the eight species more frequently involved in the collisions analyzed, which were identified through the Pareto's analysis.

**Key words:** Avian Hazard. Fauna Handling. Fear Echology. Habituation.

**Citação:** Carvalho, CEA, Figueiredo, L, Teixeira, CP, Figueira, JEC, Anjos, L. (2016) Caracterização das colisões entre aves e aeronaves nos aeródromos brasileiros. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 7, No. 1, pp. 89-96.

## 1 BIOGRAFIA

### Carlos Eduardo Alencar Carvalho

Doutorando em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre (ECMVS) em Eficiência de Falcoaria e manejo de fauna em Aeroportos do Brasil. Possui graduação em Ciências Biológicas e Mestrado em Zoologia pela PUC-MG (2000 e 2004). Fundador e Ex-presidente da S.O.S. Falconiformes Centro de Conservação de Rapinantes (1998 a 2005), Diretor do Instituto Pro-Raptor de Pesquisa e desenvolvimento (2015-Atual), Diretor Técnico da Biocev Projetos inteligentes (2013-Atual) e em 2014. Tem experiência em Zoologia e Ecologia Aplicada, atuando principalmente nos seguintes temas: Manejo e Conservação de Rapinantes, Falcoaria para Controle de Fauna, biologia reprodutiva de rapinantes in situ e ex situ.

### Ludmilla Figueiredo

Master of Sciences em Modelagem em Ecologia pela Université de Rennes 1, França. Bióloga graduada pela Universidade Federal de Minas Gerais. [ludmillafi@gmail.com](mailto:ludmillafi@gmail.com)

### Camila Palhares Teixeira

Doutora em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela UFMG. Possui graduação em Ciências Biológicas (1999) e mestrado em Zoologia de Vertebrados pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2004). Atualmente trabalha no Centro Universitário de Sete Lagoas - UNIFEMM como professora permanente do mestrado de Biotecnologia e Gestão da Inovação e na Graduação em Ciências Biológicas, coordenadora institucional ciência sem fronteiras e de pesquisa e iniciação científica. Na UFMG é professora colaboradora do

Programa de Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais do IGC-UFMG. Tem experiência em Escolas de Ensino médio e fundamental, e na área de Ecologia, com ênfase em Ecologia Urbana.

### **José Eugênio Côrtes Figueira**

Doutorado em Ecologia pela Universidade Estadual de Campinas (1998). Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais (1984), Mestre em Ecologia pela Universidade Estadual de Campinas (1989). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Minas Gerais. Tem experiência nas áreas de Ecologia de população e ecologia de comunidades, com ênfase em vegetação de campos rupestres, ecologia do fogo e comunidades animais.

### **Luciana dos Anjos**

Bacharel em Biologia pela Centro Universitário de Sete Lagoas - UNIFEMM

## **2 INTRODUÇÃO**

Há décadas, a presença de aves, principalmente em grandes concentrações, em aeroportos e seu entorno tem contribuído para o aumento dos riscos para aviação civil e militar em todo o mundo (Dolbeer, 2006). O problema do perigo aviário não é historicamente recente, sendo o primeiro registro oficial de uma colisão ocorrido em 03 de abril de 1912, com a queda do avião do piloto americano Calbraith Perry Rogers. A partir da década de 1950, quando as aeronaves passaram a ser movidas por turbinas, tornando-se mais rápidas e com sucção de ar, aumentaram os acidentes entre aves e aeronaves (Allan, 2000, Mendonça, 2005). Desde então, diversos aviões, incluindo grandes jatos de transporte foram perdidos, e centenas de pessoas faleceram. De acordo com Mendonça (2009), os gastos anuais das principais empresas de transporte aéreo devido ao perigo aviário superam seis milhões de dólares. A despeito dos esforços de organizações públicas, civis e militares voltadas para o controle do perigo aviário, verifica-se que, ao longo dos anos, houve um aumento no número de colisões reportadas.

Os aeroportos representam muitas vezes locais atrativos com recursos disponíveis para algumas espécies de animais, principalmente aves adaptadas a áreas abertas e campestres (Marateo et al. 2011). Ampliando esses atrativos, as edificações e árvores ao redor de várias espécies e alturas, adicionam recursos alimentares, locais de nidificação e repouso (Froneman, 2000; Sodhi, 2002).

O risco imposto pelas aves à segurança das aeronaves vem sendo tratado em diversos eventos internacionais como os encontros anuais World Birdstrike Association Conference, Bird Strike Committee – USA Meeting. O Brasil, através do CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos) e da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), tem enviado representantes a estes encontros. Atualmente, a possibilidade de uma aeronave ser “abatida” por uma ave ou um bando de aves é de amplo conhecimento público, especialmente após a aterrissagem forçada de uma aeronave da

companhia US Airways, com 155 passageiros a bordo, no Rio Hudson, em 15 de janeiro de 2009 (CENIPA, 2011).

Entender os perigos das colisões entre a fauna e aeronaves é de fundamental importância para desenvolvimento de programas de manejo e controle eficientes (Devault, et al. 2011). Assim, o objetivo deste estudo é identificar os principais fatores associados à ocorrência de colisões entre aves e aeronaves no Brasil e propor princípios gerais de manejo visando reduzir os riscos de colisões.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Coleta e tratamento de dados**

O CENIPA disponibiliza em sua página eletrônica, [www.cenipa.aer.mil.br](http://www.cenipa.aer.mil.br), o “Reporte de Eventos de Interesse com Fauna” (Ficha CENIPA 15), onde profissionais da aviação podem registrar colisões, quase-colisões e avistamentos de aves como parte do Sistema de Gerenciamento de Risco Aviário (Sigra). Para este trabalho foram recuperados todos os reportes registrados em 166 aeroportos do Brasil, entre janeiro de 2011 e dezembro de 2012. Além do tipo de evento, a Ficha CENIPA 15 comporta informações da espécie animal envolvida, horário e condições climáticas, o tipo de aeronave e danos sofridos. Para complementar essas informações, recuperamos dados a respeito do aeródromo (movimento de aeronaves, região brasileira e densidade populacional do município onde ele se encontra, índice de desenvolvimento humano municipal e estadual, clima e bioma) e da espécie em questão, guilda alimentar (Root, 1967).

### **3.2 Análise dos dados**

A Análise de Correspondências Múltiplas (ACM) é uma extensão da análise de correspondências que permite a verificação de associações entre variáveis categóricas dependentes. Esta análise pode também ser entendida como uma generalização da Análise de Componentes Principais (ACP) para variáveis categóricas (Abdi & Valentin 2007, Borcard et al. 2011). No presente estudo, variáveis quantitativas foram recodificadas como variáveis qualitativas, e as associações entre estas variáveis e suas categorias são evidenciadas por suas proximidades no plano fatorial.

No presente estudo, cada evento de colisão ou avistamento de ave (equivalente a um indivíduo, nesse caso) foi caracterizado pelas informações registradas no reporte (variáveis). Como visamos realizar um diagnóstico do risco aviário nos aeroportos brasileiros e propor estratégias para diminuí-lo, focamos tais análises nos aeroportos onde as colisões são mais frequentes e nas espécies que mais se envolvem nesses acidentes. Como é comum a todas as análises multivariadas, o excesso de variáveis pode mascarar padrões e correlações, devido ao excesso de variância a ser explicada. Sendo assim, incluímos na ACM variáveis que simplificam e/ou eliminam outras informações contidas no formulário (por exemplo: “Período do dia” – uma variável qualitativa – categoriza a variável “Horas” – uma variável quantitativa em quatro categorias; a variável “Guilda” tem menos categorias, portanto, simplifica a variável “Espécie” ao mesmo tempo em

que a expande, ao permitir inferências sobre a ecologia das mesmas). As sete variáveis incluídas, e suas categorias, estão listadas na Tabela 1. Devido ao nível de detalhamento do relatório e ao caráter independente das submissões, vários relatórios recuperados estavam incompletos. Para a presente análise, imputamos a variável que descreve a condição do céu

no dia do acidente (Céu) em 585 registros onde esta não havia sido informada. Como sugerido pelos desenvolvedores do pacote de análises do software estatístico R “FactoMineR” (Husson et al. 2015), fizemos uma imputação múltipla de dados categóricos, anterior à realização da ACM.

**Tabela 1** - Variáveis incluídas na Análise de Múltiplas Correspondências e suas respectivas categorias.

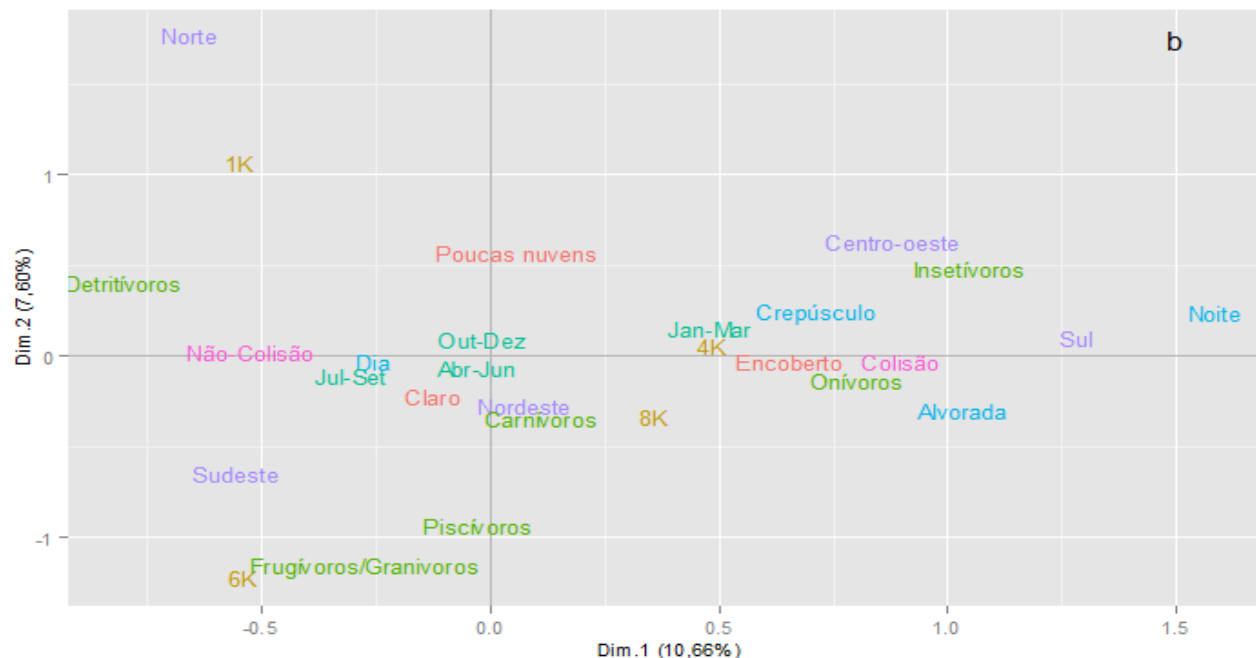
Variável	Categorias
Tipo de reporte	Colisão, não-colisão
Período do dia	Alvorada, dia, crepúsculo, noite
Região	Norte, nordeste, centro-oeste, sudeste, sul
Densidade da cidade	0.1 a 1000 (1K), 1001 a 4000 (4K), 4001 a 6000 (6K), > 6000 (8K) hab/km <sup>2</sup>
Céu	Claro, encoberto, poucas nuvens
Guilda	Carnívoros, detritívoros, frugívoros/granívoros, insetívoros, onívoros, piscívoros
Mês*	Janeiro-Março, Abril-Junho, Julho-Setembro, Outubro-Dezembro

As associações verificadas na ACM guiaram análises mais detalhadas de fatores relacionados a colisões. Além disso, para determinar quais seriam as espécies mais perigosas, foi utilizado o princípio de Pareto, segundo o qual, tipicamente, 20% das causas são responsáveis por 80% dos efeitos.

Além da ACM e da imputação, o software R (R Core Team, 2014) também foi utilizado para todas as análises (pacote básico R), para manipulação dos dados (pacotes “tidyr” (Wickham, 2014) e “plyr” (Wickham, 2011)) e para construção das figuras (pacote “ggplot2” (Wickham, 2009)).

## 4 RESULTADOS

De janeiro de 2011 a dezembro de 2012, 4323 reportes foram registrados em 166 aeroportos brasileiros. Destes, 1592 relatavam colisões. Neste estudo, analisamos os dois primeiros eixos de projeção, que juntos explicam 18,26% da inércia total dos dados e somente as relações entre categorias, uma vez que projeção dos indivíduos é homogênea, sem a formação de grupos distintos (Fig. 1).



**a** Tipo de evento **a** Período do dia **a** Região **a** Densidade da cidade **a** Céu **a** Guilda **a** Trimestre

**Figura 1:** Projecção das categorias das variáveis nos dois primeiros eixos. Categorias de uma mesma variável foram representadas com a mesma cor.

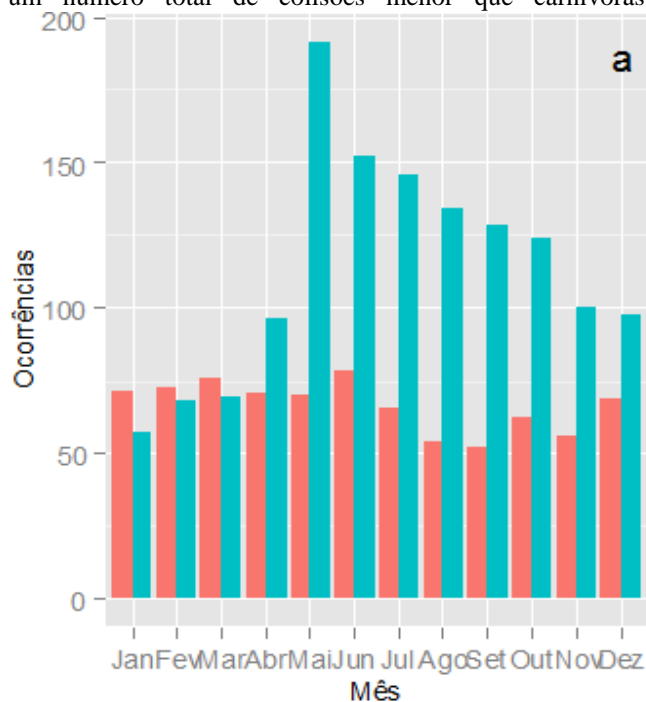
No primeiro eixo (Dim.1 na Figura 1-b), a oposição entre os tipos de evento, colisão e avistamentos simples (não-colisão) é o aspecto mais notável da ACM (Fig. 1-b), ainda que todas as variáveis tenham contribuído para sua construção. Já no

segundo eixo (Dim.2), “Tipo de evento” é a única variável que não foi bem representada. As colisões parecem ser mais frequentes nas regiões Centro-Oeste e Sul, durante o primeiro trimestre do ano (Janeiro-Março), em períodos mais escuros do

dia ou quando o céu está encoberto e em cidades com densidade mediana (4K), envolvendo espécies insetívoras e onívoras são as mais associadas aos acidentes. Eventos de avistamentos simples (não-colisão), por sua vez, seriam mais frequentes entre Julho e Setembro, durante o dia, envolvendo espécies carniceiras.

A partir destes resultados, a análise detalhada da quantidade média de colisões e não-colisões ao longo do ano revela que colisões são ligeiramente mais frequentes durante o primeiro trimestre. Então, a maior associação entre ambos parece ser, na verdade, resultado do aumento do número médio de não-colisões nos segundo e terceiro trimestres, especialmente no terceiro, quando o número de colisões apresentou a maior baixa (Figura 2-a).

Similarmente, espécies insetívoras e onívoras aparecem mais associadas a colisões, mesmo tendo sido responsáveis por um número total de colisões menor que carnívoras e

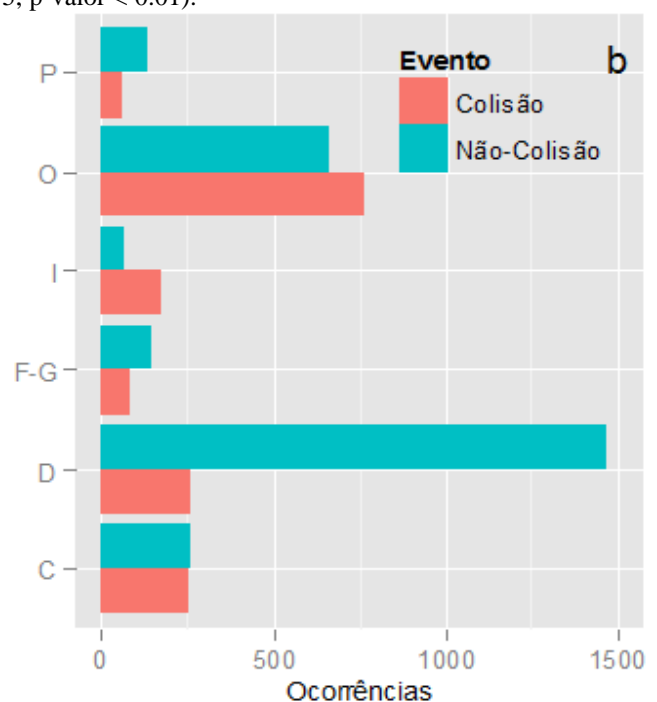


**Figura 2:** a) Número médio de colisões e não-colisões por mês em todo o Brasil. b) Quantidade total de ocorrências envolvendo espécies de diferentes guildas entre 2011 e 2012: piscívoros (P), onívoros (O), insetívoros (I), frugívoros/granívoros (F/G), detritívoros (D), carnívoros (C).

O movimento dos aeródromos não foi incluído na ACM, porém, dada a associação entre valores medianos de densidade das cidades e colisões, suas correlações foram investigadas posteriormente. O porte da cidade (densidade demográfica) e de seu aeródromo (movimento médio anual) são positivamente correlacionados à probabilidade de colisões, calculada como a proporção do total de avistamentos que resulta em colisões ( $\rho = 0.34$ , p-valor  $< 0.01$  para densidade e  $\rho = 0.47$ , p-valor  $< 0.001$  para movimento anual). Por sua vez, o movimento médio é correlacionado negativamente à quantidade média anual de colisões ( $\rho = -0.38$ , p-valor  $< 0.005$ ).

Em virtude da relação verificada entre o número de colisões, a densidade do município e, especialmente, o movimento do aeródromo, analisamos em detalhes aqueles onde ocorreram mais de dez ou mais colisões a cada 10.000 movimentos de aeronaves (Tabela 2- Seção A). É interessante observar que as características associadas a esses aeroportos não refletem

detritívoras, que seriam pouco associadas, segundo a projeção da ACM (Fig. 2-b). Isso parece resultar da quantidade absoluta de colisões ter sido consideravelmente maior que o de avistamentos simples para insetívoras (172 colisões e 68 não-colisões) e onívoras (766 colisões e 658 não-colisões), enquanto que para carniceiros, aconteceu o inverso (257 colisões e 1470 não-colisões), e para carnívoras, a quantidade de ambas é similar (252 colisões e 255 não-colisões - Fig. 2-b). Porém, a análise parece ter falhado em detectar a diferença da distribuição de frequências das guildas em eventos de colisão e não-colisão: a quantidade de não-colisões é maior que a de colisões, fazendo com que comparações de frequências absolutas possam ser enganosas. Assim, através de teste do qui-quadrado, foi possível verificar que, além de insetívoros e onívoros, o número de carnívoros e detritívoros envolvidos em colisões é significativamente maior ( $X^2 = 698.12$ ,  $df = 5$ , p-valor  $< 0.01$ ).



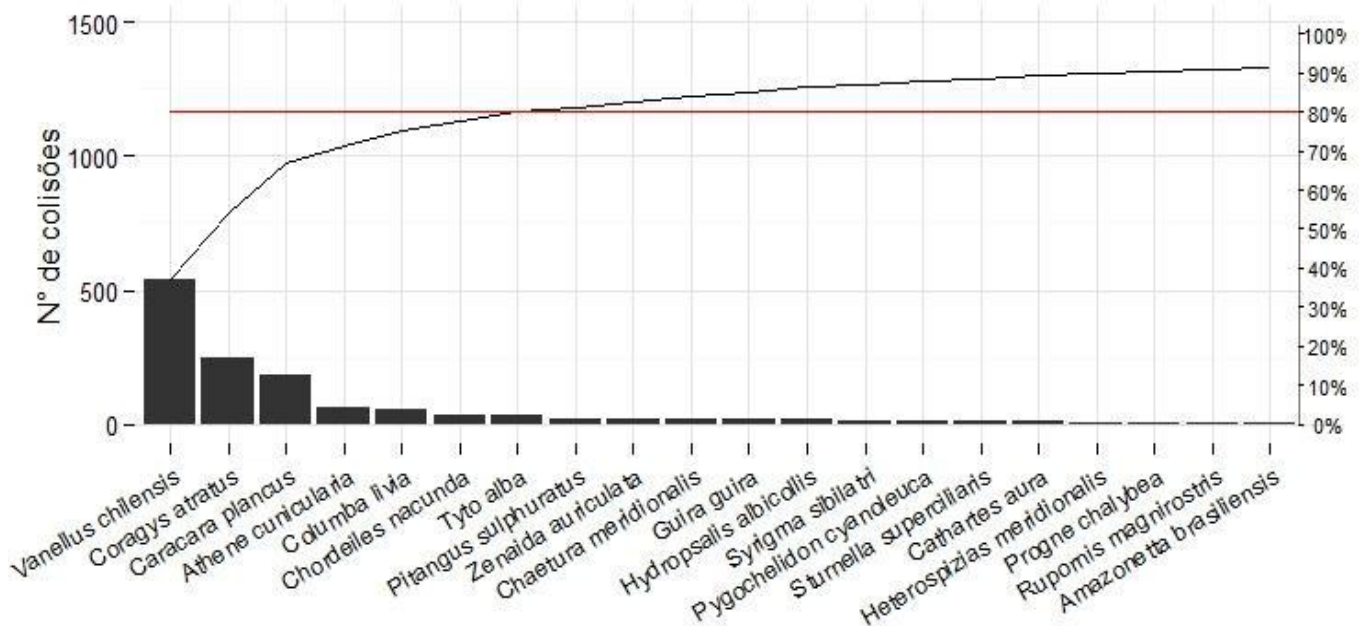
exatamente as associações observadas na ACM: das oito cidades, quatro estão no Nordeste, e todas apresentam densidade próximas ou menores que 1000 hab/km<sup>2</sup>. Por isso, analisamos também os oito aeroportos com maior quantidade absoluta de colisões entre 2011 e 2012 (Tabela 2- Seção B). Essa lista apresenta resultados mais condizentes com as associações indicadas pela ACM: centros urbanos de tamanho médio (dos oito, seis são capitais de estados) e quatro cidades pertencentes à região Sul do Brasil. Joinville e Navegantes aparecem nas duas listas, mas em posições diferentes: em 1° e 4° lugares na primeira lista, e em 5° e 4°, respectivamente, na segunda. Bioma e zona climática foram incluídos nessa tabela por serem relevantes para a interpretação do comportamento das aves no entorno dos aeroportos em questão. As colisões se mostram mais comuns em aeroportos localizados em regiões de transição entre o Cerrado e outros biomas, nos Pampas gaúchos, e na Mata Atlântica que correspondem aos climas tropical sazonal, temperado úmido e tropical úmido.

**Tabela 2:** Aeroportos com maiores frequências de colisões. *Seção (A):* Aeroportos com frequência relativa de colisões maior que 10 colisões a cada 10<sup>4</sup> movimentos. *Seção (B):* Oito aeroportos com o maior número absoluto de colisões entre 2011 e 2012. Siglas de ICAO em negrito são dos aeroportos que aparecem em ambas listas.

Registro OACI	Movimento anual médio	Colisões	Cidade, Região	Densidade (hab/km <sup>2</sup> )	Bioma	Zona climática
<b>Seção A</b>						
<b>SBJV</b>	10667,75	33,27	Joinville, Sul	449,3	Mata Atlântica	Cfb
SBUG	535,25	28,02	Uruguaiana, Sul	21,95	Pampa	Cfa
SBCR	1969,25	17,77	Corumbá, Centro-oeste	1,6	Cerrado e Pantanal	Aw
<b>SBNF</b>	22525,25	16,42	Navegantes, Sul	543,29	Mata Atlântica	Cfa
SBJU	7706	16,22	Juazeiro do Norte, Nordeste	1006,91	Caatinga	As
SBTE	17475,5	12,87	Teresina, Nordeste	584,95	Cerrado e Caatinga	Aw
SBPL	6752,25	12,58	Petrolina, Nordeste	64,49	Caatinga	BSh
SBPB	1722,25	11,61	Parnaíba, Nordeste	334,52	Cerrado e Caatinga	As
<b>Seção B</b>						
SBBR	188528 *	109	Brasília, Centro-oeste	444,07	Cerrado	Aw
SBPA	93085,25	87	Porto Alegre, Sul	2837,52	Pampa	Cfa
SBSV	108490,8	79	Salvador, Nordeste	3859,35	Mata Atlântica	Af
<b>SBNF</b>	22525,25	74	Navegantes, Sul	543,29	Mata Atlântica	Cfa
<b>SBJV</b>	10667,75	71	Joinville, Sul	449,3	Mata Atlântica	Cfb
SBCT	81469,25	64	Curitiba, Sul	4024,84	Mata Atlântica	Cfb
SBGL	148781,5 *	63	Rio de Janeiro, Sudeste	5265,81	Mata Atlântica	Aw
SBSP	210555,5	58	São Paulo, Sudeste	7388	Mata Atlântica	Cfb

(\*) Movimento de 2011(SBBR) e valor médio de 2011-2012 (SBGL).

Ao avaliar quantas e quais são as espécies responsáveis por 80% das colisões observadas entre 2011 e 2012, verifica-se que 61 espécies se envolveram em acidentes e em 136 reportes, as espécies não identificadas sendo, portanto, descartada da análise. *Vanellus chilensis*, *Coragyps atratus*, *Caracara plancus*, *Athene cucularia*, *Columba livia*, *Chordeiles nacunda*, *Tyto alba* e *Pitangus sulphuratus* (cerca de 13% do total de espécies) estiveram envolvidas em 81,25% acidentes.



**Figura 3:** Diagrama de Pareto das 20 espécies de aves mais frequentemente envolvidas em colisões. O segmento vermelho marca o limiar de 80% do total de colisões.

## 5 DISCUSSÃO

As colisões no Brasil resultam, principalmente, de dois padrões de habituação de espécies silvestres ao território do aeródromo: algumas espécies percebem a pista como uma extensão de seu habitat com farta oferta de alimento (Sodhi, 2002; Baxter, 2006), onde se habitam rapidamente tornando-se desatentas ao seu entorno (Baxter & Allan 2008); para outras, o forte contraste entre a pista e seu habitat natural dificulta a habituação.

As espécies mais frequentes em colisões pertencem ao primeiro grupo: espécies “sinantrópicas”, ou seja, se adaptam bem a ambientes antropizados e abertos, semelhantes às áreas operacionais aeroportuárias. É o caso de *V. chilensis*, *C. plancus*, *A. cunicularia*, *C. livia* e *P. sulphuratus*. Em aeroportos que foram construídos em ambientes savânicos ou campestres, onde estas espécies já estão presentes, como no Cerrado e nos Pampas, o custo da habituação com as peculiaridades de uma área operacional é menor, facilitando sua colonização. O ambiente externo ao aeroporto não parece determinar quais espécies irão colonizá-lo, mas podem apresentar importantes fatores que determinam a velocidade com que este processo acontece. A recolonização também é mais veloz: novos indivíduos se estabelecem em territórios deixados por indivíduos envolvidos em acidentes com aeronaves.

Em outros casos, é justamente o contraste entre o ambiente externo e as áreas aeroportuárias que atrai as espécies: as barreiras físicas da área operacional dificultam o acesso de animais terrestres e isto inclui predadores terrestres, concedendo uma vantagem quando comparado a outros locais. O corte de grama facilita o acesso ao alimento (sementes, insetos e carcaças) e também aumenta a conspicuidade. É o caso de aeroportos inseridos em ambientes florestados (ex: aeroportos do Norte do Brasil, em bioma amazônico). Vale notar, porém, que espécies adaptadas a ambientes florestados podem ter dificuldade de adaptação a ambientes aeroportuários justamente pelo fato destes serem ambientes abertos. Já para espécies de ambiente aberto, a detecção e a colonização são mais difíceis, porque os ambientes florestados constituem barreiras físicas para tais espécies. Além disso, elas devem percorrer grandes distâncias para detectá-los na matriz florestada.

Ao se planejar o manejo de fauna em aeroportos, deve-se combinar atividades de efeito a curto e longo prazo, e estas devem ser adaptadas às particularidades de cada aeroporto (Sodhi, 2002, Bellant & Martin). Além disso, a associação entre conhecimentos a respeito da ecologia das espécies locais e registros sobre sua ocorrência no aeródromo deve ser a base de qualquer estratégia de manejo (Blackwell et al 2013). Assim, a partir dos resultados obtidos neste estudo, é possível delinear duas estratégias gerais de manejo. Elas diferem de acordo com o ambiente em que o aeroporto está inserido.

Em aeródromos inseridos em matrizes de ambiente campestre, o manejo de fauna deve priorizar a utilização de

métodos dispersivos não letais continuamente, combinados com métodos letais, em menor frequência. Nestes casos, técnicas dispersivas não letais frequentes aumentam a percepção de risco de predação e o stress (Creswell 2008), o que dificulta a habituação de indivíduos já estabelecidos na área aeroportuária e a recolonização por novos indivíduos. Abate em excesso facilitaria a recolonização, pois abriria espaço para indivíduos que já ocorrem no perímetro do aeroporto. Estes novos indivíduos sempre tem maiores chances de ocasionar novos acidentes aéreos, uma vez que, apesar de reconhecerem a pista como extensão de seu habitat, desconhecem os perigos e as peculiaridades da área aeroportuária. Kitowski (2011) relata, inclusive, a possibilidade de jovens tomarem o lugar de machos de *Falco tinnunculus* abatidos e aumentarem a chance de colisão, devido à inexperiência. Na ausência de experiências letais ou quase-letais, porém, ocorre habituação de indivíduos menos sensíveis e a eficiência dispersiva diminuiria com o tempo, como acontece o uso de repelentes sonoros (Cleary & Dolbeer 2005, Baxter & Allan 2008). É importante então, que a frequência de métodos dispersivos seja planejada em paralelo com a frequência do turnover dos novos indivíduos que estejam tentando recolonizar espaços vazios.

Em aeroportos que foram construídos em uma matriz de ambiente florestado, a recolonização é mais lenta. As espécies devem detectar o ambiente aberto na matriz florestal e transpor o ambiente florestal para ocupá-lo. Uma vez dentro do aeroporto, porém, estes indivíduos encontram igual dificuldade para deixar a área aeroportuária. Assim, métodos de dispersão não letais, mesmo que contínuos, talvez não sejam suficientes para evitar a invasão de indivíduos, e métodos de captura ou abate seriam, então, mais eficazes. Sua utilização, porém, deve ser cautelosa e dependerá das especificidades de cada aeroporto e, principalmente, da espécie em questão. Ações para diminuir a atratividade da área portuária também podem ajudar a diminuir a quantidade de indivíduos que escolham se estabelecer ali.

A associação entre a ocorrência de colisões em aeródromos localizados em cidade de densidade demográfica média também reforçam a influência do ambiente entorno do aeroporto. Em cidades muito grandes, há grande movimento de aeronaves, mas o próprio crescimento da cidade deixou poucos refúgios para a fauna local. Cidades muito pequenas, por outro lado, provavelmente tem maior quantidade de habitat natural preservado, mas a quantidade de voos é muito menor, o que diminui a chance de colisões. Já as cidades de porte médio teriam suficiente movimento para aumentar este risco e também áreas relativamente preservadas, de onde as aves poderiam sair e colonizar o aeroporto.

O aumento de colisões durante períodos mais escuros do dia (amanhecer, entardecer, e períodos chuvosos e nublados) pode estar associado a diversas situações. Períodos crepusculares (entardecer e amanhecer), são, normalmente, períodos de maior atividade das aves. Durante o amanhecer, acontece o pico de atividade de alimentação, reprodução e

defesa de território, enquanto que, no entardecer, há maior deslocamento em busca de um dormitório seguro para o período noturno (Sick, 1997). A estação reprodutiva das aves muitas vezes coincide com o início da estação chuvosa quando há aumento significativo da atividade e quantidade de insetos e invertebrados em resposta à maior disponibilidade de recursos (Silva et al., 2011). Nesse período as aves tornam-se muito ativas em busca de parceiros e locais de nidificação, já que, além de recursos alimentares, a umidade do solo facilita penetração, construção e fixação de novos ninhos (Torres & Madi-Ravazzi, 2006). Essas circunstâncias favorecem a cadeia trófica que se estabelece naquele ambiente: tanto insetívoros e onívoros, que se aproveitam da abundância e conspicuidade de insetos, quanto carnívoros, que prendam os primeiros, aproveitam para se alimentar fartamente. Nos dois casos, porém, os animais, ocupados com a alimentação e/ou reprodução, se tornam desatentos ao seu entorno, ficando mais vulneráveis a colisões. Assim, eventos que promovam o aumento da presença e dispersão de insetos (períodos chuvosos, espécie e tipos de corte de grama) podem estar associados ao aumento de colisões de aeronaves com espécies insetívoras e onívoras. Além disto, em relação a todos os grupos de aves, dias chuvosos e úmidos deixam as penas das aves molhadas. O efeito é observado no tempo de reação que fica mais lento, consequentemente podem promover colisões.

O Ranking Brasileiro de Severidade Relativa de Espécies de Fauna (CENIPA, 2016), lista as espécies de avifauna de mais risco para a aviação. O critério utilizado é o índice de severidade relativa, que quantifica os danos gerados aos voos e às aeronaves por colisões em que a espécie se envolveram. Quatro das oito espécies detectadas por este estudo como frequentemente envolvidas em acidentes de colisão estão neste ranking: *C. atratus*, com 94,1% de severidade relativa, *C. plancus* com 47,1% e *V. chilensis* e *C. livia* com 29,4%. Devido a potencialidade de efeitos danosos relacionados a este índice, espécies que apresentem alto percentual de severidade reativa e para as quais não haja técnicas de captura eficientes, seriam candidatas ao abate em áreas onde o aeroporto está inserido em matriz florestal que sua área perimetral seja floresta contínua. Apesar disso, o abate deve ser entendido como medida extrema, de solução a curto prazo. Colisões com *C. atratus* ilustram bem a questão: a presença desta espécie no entorno de aeroportos está frequentemente relacionada a problemas sanitários do município, neste contexto se encontra a maioria das cidades da região norte onde não há rede de esgoto satisfatória (ex.: Altamira, Santarém, Macapá, Manaus e Paritins), além de focos atrativos bem caracterizados como matadouros, lixões, aterros que também beneficiam e atraem estas espécies e colocam-nas em perímetros localizados dentro da área de risco de aeroportos. Eliminar as causas primordiais

deveriam ser o foco principal de um projeto de manejo eficiente a longo prazo.

De modo geral o comportamento territorialista e o alto cuidado parental podem estar associados a aumento de colisões. Em algumas espécies, ocorre um aumento hormonal no início do período reprodutivo, que é seguido por aumento de agressividade e atividade de defesa de território. Este território muitas vezes é localizado na área da pista de pouso e decolagem. Este comportamento pode se estender até o período de incubação. O ideal para o sucesso reprodutivo é sincronizar o nascimento dos filhotes com o período de maior abundância de alimentos, coincidindo com o período chuvoso, como nos referimos anteriormente. Jaatinen et al. (2011) verificou que sob alto risco de predação, o cuidado parental de grupo aumenta, com a formação de grupos maiores. Em espécies já estabelecidas no aeródromo, isso pode significar o aumento do risco de colisões durante o período reprodutivo, o que reforça a importância de técnicas de prevenção de colonização do território do aeroporto (Belant & Martin 2011).

## 6 CONCLUSÕES

A ligeira divergência de resultados entre a ACM e as análises mais detalhadas é mais um indicativo da natureza multifatorial da ocorrência de colisões. A grande extensão territorial brasileira comporta elevada diversidade de espécies, biomas e climas que, combinados à variedade de condições socioeconômicas das cidades brasileiras, são ingredientes da enorme complexidade refletida no baixo poder de explicação da MCA. Além disso, é possível que parte das variáveis dos relatórios, e mesmo as acrescentadas para a análise, sejam insuficientes para aumentar a compreensão das causas. As condições ambientais no entorno de cada aeroporto, sua similaridade com a área operacional do aeródromo ou se há disponibilidade de recursos alimentares que tornam o local atrativo para algumas espécies, parecem ser mais importantes. A identificação destes atrativos, juntamente com o mapeamento das características morfoclimáticas são de suma importância para a escolha da estratégia de manejo adequada para aumentar a segurança aeroportuária. É também importante ressaltar que uma análise mais robusta de tais fatores requer a disponibilização de dados associados aos voos sem avistamentos ou colisões - a falta dessas informações levou ao uso de avistamentos como "controle", o que, apesar de indicar algumas associações entre variáveis, não permite uma resposta clara.

Existem tendências gerais, como identificadas nesse trabalho, porém seu controle pode ser explorado priorizando ou ampliando o esforço em períodos do dia "escuros" com maior número de voos, com métodos específicos da "ecologia do Medo" para grupos e ou espécies problemas conhecidas localmente. Alguns métodos com interações bastante

específicas poderiam ser melhor utilizados como a falcoaria e o abate e possivelmente acidentes seriam evitados.

A sazonalidade é apontada como uma variável de grande significância, sendo assim, sugere-se o alinhamento do planejamento das técnicas e do esforço do manejo como os períodos de maiores picos de abundâncias e comportamentos de defesa de território de espécies problemáticas.

Portanto, o monitoramento de fauna periódico por profissionais qualificados é de extrema importância para um delineamento preciso das estratégias de manejo eficientes para cada aeroporto, e, a partir destas, identificar padrões amplos ligados talvez a regiões, ambientes ou até mesmo biomas.

## REFERÊNCIAS

- Abdi, H. & Valentin, D. 2007. Multiple Correspondence Analysis. Pp. 1-3 in Neil Salkind (Ed.) Encyclopedia of Measurement and Statistics. Thousand Oaks (CA), Sage.
- Allan, J.R. 2000. The cost of bird strikes and bird strike prevention. Proceedings of the Wildlife Research Center Symposium. United States Department of Agriculture, University of Nebraska, Lincoln, U.S.A. 147-153.
- Baxter, A. T., and J. R. Allan. 2006. The use of raptors to deter scavenging birds from landfill sites. *Wildlife Society Bulletin* 34:1162-1168.
- Baxter, A. T., and J. R. Allan. 2008. Use of Lethal Control to Reduce Habituation to Blank Rounds by Scavenging Birds. *Journal of Wildlife Management* 72(7):1653-1657.
- Bateson, P., 1991 Assessment of pain in animals. *Anim. Behav.* 42, 827-839.
- Belant, J. & Martin, J. 2011. Bird Harassment, Repellent, and Deterrent Techniques for Use on and Near Airports. Airport Cooperative Research Program. 44p.
- Blackwell B. F., Seamans T. W., Schmidt P. M., De Vault T. L., Belant, J. L., Whittingham M. J.
- Martin J. A., Fernandez-Juricic, E, 2013. A framework for managing airport grasslands and birds amidst conflicting priorities. *155(1): 189-193.*
- Borcard, D., Gillet, F. & Legendre, P., 2011. Principal Component Analysis. In R. Gentleman, G. G. Parmigiani, & K. Hornik, eds. *Numerical Ecology with R*. New York: Springer, p. 306.
- Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, 2016 - Ranking Brasileiro de Severidade Relativa de Espécies de Fauna Comando da Aeronáutica, Assessoria de Gerenciamento e Risco de Fauna. Disponível em: <http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/files/Ranking%20Risco%20da%20Fauna%20-%2031032016.pdf>
- Cleary E. & Dolbeer R., 2005. *Wildlife Hazard Management at Airports: A Manual for Airport Personnel*. USDA National Wildlife Research Center. 363p.
- Cresswell W., 2008. Non-lethal effects of predation in birds. *Ibis*. 150(1): 3-17.
- Devault, T. I., Belant, J. L., Blackwell, B. F. and T.W. Seamans 2011. Interspecific Variation in Wildlife Hazards to Aircraft: Implications for Airport Wildlife Management. *Wildlife Society Bulletin* 35(4):394-402.
- Dolbeer, R.A. 2006. Height distribution of birds as recorded by collisions with civil aircraft. *J. Wildlife Management*. 70: 1345-1350.
- Froneman, A. 2000. Towards the management of bird hazards on South African airports. Proceedings of the International Bird Strike Committee IBSC25/ WP-SA5. Amsterdam, Netherlands.
- Husson, F., Josse, J., Le, S. & Mazet, J., 2016. *Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining*. Available at: <http://factominer.free.fr>.
- Jaatinen K., Öst M., Lehikoinen A., 2011. Adult predation risk drives shifts in parental care strategies: A long-term study. *Journal of Animal Ecology*. 80(1): 49-56.
- Kitowski, I. 2014. The response of Eurasian kestrel *Falco tinnunculus* to falconry at Deblin Military Airfield, East Poland. *Turkish Journal of Zoology*. 38: 298-305
- Marateo, G., Grilli, P., Ferretti V., Bouzas, N. (2011): Diagnóstico de riesgo aviario en un aeródromo de un Área Megadiversa de Perú – Revista Conexão SIPAER 2: 203-227.
- Mendonça, F. A. C. Apostila de Perigo Aviário. Brasília: CENIPA, 2005.
- Mendonça, F. V. T. Nível de serviço nos terminais de passageiros dos aeroportos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2009.
- Sodhi, N. 2002. Competition in the air: birds versus aircraft. *Auk* 119: 587-595.
- Sick, H. (1997). *Ornitologia brasileira*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira. p. 862.
- Silva, N. A. P. da, Frizzas M. R. & Oliveira, C. M. (2011). Seasonality in insect abundance in the “Cerrado” of Goiás State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 55(1): 79-87.
- Torres, F. R. & L. Madi-Ravazzi. (2006). Seasonal variation in natural populations of *Drosophila* spp. (Diptera) in two woodlands in the State of São Paulo, Brazil. *Iheringia, Série Zoologia*, 96: 437-444.
- Wickham, H., 2009. *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*, Springer New York. Available at: <http://had.co.nz/ggplot2/book>.
- Wickham, H., 2011. The Split-Apply-Combine Strategy for Data Analysis. *Journal of Statistical Software*, 40(1), pp.1-29. Available at: <http://www.jstatsoft.org/v40/i01/>.
- Wickham, H., 2014. *tidyr: Easily Tidy Data with spread() and gather() Functions*. Available at: <https://cran.r-project.org/package=tidyr>.