
Risco da Fauna na Aviação Brasileira: Aplicação da Análise de Correspondência para análise da relação entre Fase de Voo e Tipo de Reporte

Luis Carlos Batista Santos¹

Cleibson Almeida²

Jorge Luiz Farias³

Carla Susete Gonçalves Francisco⁴

Beatriz Macedo Coimbra dos Santos⁵

1 Pós-graduado em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada, Estatístico, Suboficial, Especialista em Controle de Tráfego Aéreo, da Força Aérea Brasileira. E-mail: luisarloslcbbs@fab.mil.br.

2 Doutorando(a) em Matemática Aplicada e Modelação na Universidade Aberta de Portugal, Lisboa.

3 Estatístico, Suboficial, Especialista em Comunicação Aeronáutica, da Força Aérea Brasileira.

4 Phd student, researcher, Quebec city, Canada.

5 Graduanda em Matemática Aplicada na Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.

RESUMO: Este trabalho apresenta uma aplicação de técnica estatística de Análise de Correspondência Simples para compreender a inter-relação de variáveis e interpretar os resultados de forma analítica para reportes de eventos de interesse com Fauna no Brasil e as diversas fases de voo que envolvem o posicionamento de aeronaves quando estão num mesmo espaço físico com a fauna. Os dados utilizados foram coletados no Sistema de Gerenciamento de Risco Aviário (SIGRA), também conhecida como Ficha CENIPA 15 (FC15). Foram considerados 13.437 eventos, datados entre janeiro de 2011 e dezembro de 2016, e para a análise de correspondência foi utilizado o *software* R. Os resultados mostraram que existe inter-relação entre tipo de evento e fase de voo.

Palavras Chave: Risco da Fauna. Análise de Correspondência Simples. Segurança de Voo.

Risk of Fauna in Brazilian Aviation: Application of Correspondence Analysis to Analyze the Relationship Between Flight Phase and Report Type

ABSTRACT: This work presents an application of statistical technique of Simple Correspondence Analysis to understand the interrelationship of variables and interpret the results analytically for reports of events of interest with Fauna in Brazil and the different phases of flight involving the positioning of the aircraft when they are in the same physical space with the fauna. The data used were collected in the Bird Risk Management System (SIGRA), also known as CENIPA 15 (FC15). A total of 13,437 events, dated between January 2011 and December 2016, were considered and the software R was used for the correspondence analysis. The results showed that there is an interrelationship between event type and flight phase.

Key words: Risk of Fauna. Simple Correspondence Analysis. Flight safety.

Citação: Santos, LCB, Almeida, C, Farias, JL, Francisco, CSG, Santos, BMC. (2017) Risco da Fauna na Aviação Brasileira: Aplicação da Análise de Correspondência para análise da relação entre Fase de Voo e Tipo de Reporte. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 3, pp. 58-65.

1 INTRODUÇÃO

Na área aeroportuária, aeronaves e aves disputam espaço físico a todo instante e esta disputa pode ocasionar incidentes, incidentes graves e acidentes aeronáuticos (MENDONÇA, 2008).

Diante disso, no Brasil, o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) dispõe de uma ferramenta para coleta de dados sobre eventos que envolvem aviação e fauna, conhecida como Ficha CENIPA 15 – FC15 (SIGRA, 2017).

Esta ficha se baseia em um formulário eletrônico disponibilizado na internet, por meio do SIGRA (Sistema de Gerenciamento do Risco Aviário) e os dados coletados servem para a elaboração de relatórios para prevenção de acidentes aeronáuticos, bem como a mitigação do risco da fauna na aviação brasileira. Estes relatórios são vistos como formas de prevenção proativa e preditiva dentro do contexto de segurança de voo, além de serem guias para tomar decisões no âmbito de evitar futuros acidentes aeronáuticos. Um exemplo de relatório é o Anuário de Risco da Fauna, elaborado pelo CENIPA.

De acordo com o Anuário de Risco da Fauna 2015, a Ficha CENIPA 15 (FC15) é imprescindível para orientar medidas de controle de fauna através das informações coletadas via formulário apropriado (CENIPA, 2016; CENIPA, 2017).

Desde sua implementação, no ano de 2011, o SIGRA vem coletando informações sobre eventos de interesse da fauna na aviação e atualmente possui mais de 27.000 registros (CENIPA, 2017).

Porém, não faz sentido apenas coletar esses dados. É preciso explorar para tentar entender as relações existentes entre as variáveis, buscar tendências, desenvolver facilidades na visualização das informações e realizar comparações com padrões já conhecidos na segurança de voo. A este contexto, dá-se o nome de Ciência dos Dados (DAVENPORT, 2014; GRUS, 2016).

Diante do exposto, este trabalho procura explorar sob o ponto de vista da ciência dos dados, com foco na aplicação da análise de correspondência, nas informações sobre os eventos aeronáuticos coletados pelo sistema SIGRA e na busca por um melhor entendimento sobre a relação entre as variáveis Fase de Voo e o Tipo do Reporte. Espera-se que o melhor entendimento desta relação contribua com a melhoria da segurança de voo na aviação brasileira.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA

Um dos trabalhos mais citados na literatura brasileira, sobre o método estatístico da análise de correspondência, foi desenvolvido por Carvalho e Struchiner (1992). Em sua pesquisa, os autores identificaram a necessidade de estudar simultaneamente as relações entre um conjunto de variáveis e para isso aplicaram a análise de correspondência para avaliar os serviços de vacinação, do Programa Nacional de Imunização (PNI) no Brasil. Após o detalhamento técnico sobre o método empregado, os autores concluíram que este tipo de abordagem permite maximizar o entendimento na relação de variáveis e também evita interpretações equivocadas provenientes do empirismo e métodos estatísticos mais simples.

Pamplona et al. (2007), adotaram a análise de correspondência para estudar os crimes registrados na região metropolitana de Belém (Brasil), em 2006. O principal resultado obtido pelos pesquisadores foi um melhor entendimento sobre o relacionamento das variáveis, por exemplo, a associação do município de “Belém” com os “crimes contra a pessoa” e que cidade de “Ananindeua” tinha relação com “crimes contra o patrimônio”. Portanto, percebe-se, neste caso, que a análise de correspondência serviu para estudar a relação entre as variáveis “local” e “tipo de crime”, no nível de suas categorias.

Na dissertação de mestrado, defendida por Cabrita (2012), foi apresentado, no idioma português, o desenvolvimento teórico sobre a análise de correspondência. Diante disso, foi apresentado todo o detalhamento sobre a tabela de contingência, matriz inicial dos dados, massas, perfis de linha e de coluna, nuvem de perfis, centroide, distância, inércia e o algoritmo do método. Nas conclusões, a autora ressalta que a Análise de Correspondência é uma técnica útil para disponibilizar a associação entre variáveis qualitativas (categóricas).

Em trabalhos mais recentes, como os de Oliveira (2015), Camelo et al. (2016) e Pereira et al. (2016), a análise de correspondência foi utilizada para analisar a eficiência em compras públicas, classificar a velocidade do vento no nordeste brasileiro e analisar os serviços de saúde primários oferecidos aos usuários de álcool no Brasil. Estes três trabalhos mostram a abrangência para aplicação da análise de correspondência, além de serem bons exemplos para ilustrar o atual interesse dos pesquisadores de distintas áreas do conhecimento na aplicação deste método estatístico.

Sendo assim, com o referencial apresentado é possível perceber que a utilização da análise de correspondência não é recente e tem sido utilizada em diversas áreas com o objetivo de compreender a relação entre variáveis qualitativas (categóricas).

Uma questão teórica importante sobre o assunto, é que a relação entre variáveis na análise de correspondência é mais profunda do que na análise de correlação. Enquanto a primeira permite compreender o relacionamento entre as distintas categorias das variáveis estudadas, a segunda permite apenas medir o relacionamento entre as variáveis, sem aprofundamento nas relações entre os itens (categorias) que compõe as variáveis (HAIR et al, 2009).

2.2 ÁVIAÇÃO E FAUNA

No Brasil, eventos envolvendo aeronaves e fauna não são raros. Somente no ano de 2016 houve 6.023 eventos, considerando colisões, quase colisões e avistamento de fauna (CENIPA, 2017).

Esses eventos são reportados por diversas fontes, como os pilotos das aeronaves, controladores de tráfego aéreo, administradores de aeródromos ou qualquer outra pessoa que visualize um cenário de risco para a aviação envolvendo fauna.

De acordo com Li & Li (2010) e Varga et al. (2014), eventos que envolvem aeronaves e fauna podem ser divididos em “*birdstrike*” e “*wildlife strike*”. Enquanto a primeira refere-se a eventos com aves, a segunda abrange eventos com as demais espécies de fauna.

Embora o fator comportamental da fauna e o fator operacional da aeronave estejam quase sempre presentes em eventos desta natureza, o maior foco dessa área de estudo são as características de infraestrutura dos aeródromos (ABREU et al., 2017).

De acordo com Abreu et al. (2017), as áreas aeroportuárias possuem os elementos que atraem os animais para a proximidade das operações aeronáuticas, como comida, abrigo e água.

Portanto, este é contexto principal sobre o risco da fauna para a aviação e os trabalhos acadêmicos que tratam este assunto estão voltados para os seguintes interesses:

- a) Na relação entre espécie de fauna envolvida e local do evento aeronáutico (geralmente aeródromos). Por exemplo, Novaes e Alvarez (2014), apresentam a relação entre resíduos sólidos urbanos próximo de um aeródromo com os urubus de cabeça-preta na cidade de Ilhéus, no Brasil.
- b) Na identificação das espécies que afetam a operação aérea. Por exemplo, no trabalho de Dove et al. são apresentado técnicas forenses para identificação de aves durante a investigação de acidentes.

- c) Na busca por modelos para gerenciamento do risco em aeródromos. Por exemplo, Patrick e Shaw (2012) apresentam uma coletânea de características dos modelos para gerenciar riscos em aeródromos e analisam a sua eficácia. Há também o trabalho de Ntampakis e Biermann (2014), que propõem o SMS (Safety Management System) como um modelo adequado para gerenciamento do risco da fauna em aeródromos.
- d) No desenvolvimento de técnicas para mitigação do risco de fauna na aviação. Por exemplo, Abreu et al. (2017) abordam a mitigação do risco por meio do manejo das espécies de fauna que habitam o ambiente aeroportuário. Para isso, os autores aplicaram diferentes alturas de cortes da grama de um aeródromo com a expectativa de desencorajar o interesse das aves naquele ambiente e depois compararam os efeitos de cada tipo de corte quanto a atratividade da fauna.

Portanto, percebe-se na literatura consultada o maior interesse dos trabalhos acadêmicos nesta área estão voltados para a identificação de espécies e a mitigação do risco da fauna em aeródromos.

3 METODOLOGIA

De todo o contexto de dados no sistema SIGRA, este estudo foca em duas variáveis: a) tipo de evento e b) fase de voo. Essas variáveis são categóricas, na condição de qualitativas nominais.

O tipo de evento, ou reporte, é categorizado da seguinte forma: colisão, quase colisão e avistamento (CENIPA, 2017).

A fase de voo é caracterizada da seguinte forma: estacionamento, táxi, decolagem, subida, cruzeiro, descida, navegação à baixa altura, aproximação e pouso (CENIPA, 2017).

No período de coleta de dados, entre 2011 e 2016, ocorreram diferentes eventos em 324 aeródromos brasileiros. Considerando que a quantidade de aeródromos com eventos neste período é excessiva e alguns deles tiveram baixo número de eventos, foi adotado o princípio de Pareto com foco na redução do número de aeródromos.

Basicamente, o princípio de Pareto considera que 20% causas são responsáveis por 80% dos efeitos. Dessa forma, a base de dados foi reduzida e considerou somente os aeródromos (20%) mais representativos quanto a quantidade de eventos envolvendo fauna e aeronaves (80%).

A aplicação do princípio de Pareto permitiu reduzir os iniciais 324 aeródromos, para 40. Com isso, os 40 aeródromos que restaram na base de dados a ser analisada representam 80% dos eventos no período (Figura 1).

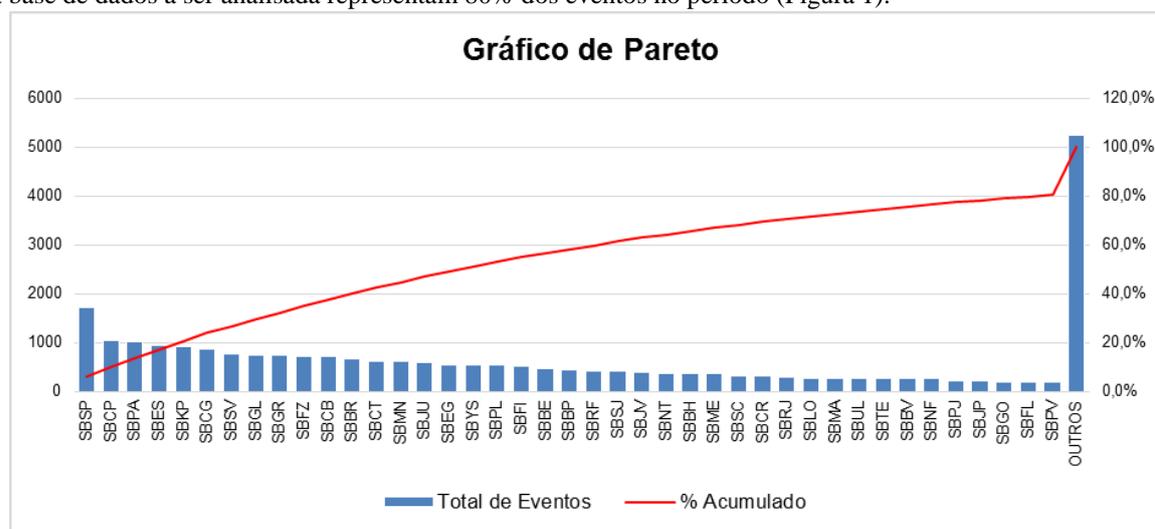


Figura 1: Distribuição de eventos versus princípio de Pareto.

Na tabela 1, são apresentados dados tabulados que foram utilizados.

	FASE DE VOO	TIPO DE REPORTE			Total
		COLISÃO	QUASE COLISÃO	AVISTAMENTO	
1	ESTA_TAX	114	44	639	797
2	DECOLAGEM	2024	539	957	3520
3	SUBIDA	182	178	166	526
4	CRUZEIRO	34	133	145	312
5	DESCIDA	82	79	172	333
6	NBA	71	119	139	329
7	APROXIMAÇÃO	702	1509	1877	4088
8	POUSO	2514	365	653	3532
	Total	5723	2966	4748	13437

Tabela 1: Eventos de risco da fauna entre 2011 e 2016.

A fase de voo “inspeção de trânsito/intervoo” não foi inserido por não haver conhecimento do “local/fase de voo” onde o evento ocorreu. E no caso da fase de voo “revisão de pista” só ocorrer em tipo de reporte “colisão e avistamento”, também não foi considerado.

3.1 SOBRE A APLICAÇÃO DO MÉTODO

Como proposta deste trabalho está na compreensão da inter-relação de tipo de evento com a fase de voo e essas duas variáveis são qualitativas nominais (categóricas), será aplicado um método estatístico para esta finalidade.

Uma forma de entender essa inter-relação é através da técnica multivariada de dados chamada análise de correspondência (ACS). Quando se tem o interesse na análise de apenas duas variáveis, o método é conhecido como análise de correspondência simples.

Segundo Hair et al. (2009), a análise de correspondência simples (ACS) é uma técnica multivariada de dados utilizado para verificar as relações entre categorias de dados nominais em uma tabela de contingência.

Neste sentido, a ACS propõe construir um mapa perceptual, que é uma representação visual de entendimentos de objetos de um indivíduo em duas ou mais dimensões (Hair et al. 2005).

De acordo com Fávero e Belfiore (2009), a ACS tem duas etapas fundamentais: cálculo da medida de associação e criação do mapa perceptual. Para ser formado a base para associação, um teste Qui-quadrado (χ^2) é feito com o objetivo de padronizar os valores das frequências. Com a medida padronizada da associação, é gerado uma medida de distância e projeções ortogonais para os quais as categorias podem ser alocadas para representar o grau de associação informados pelas distâncias χ^2 a ser demonstrado mediante um espaço dimensional.

Ainda conforme Fávero e Belfiore (2009), através da multiplicação de matrizes são encontrados os autovalores (*eigenvalue*), sendo que o quadrado de cada autovalor é entendido como a inércia das dimensões, que demonstra importância para cada dimensão. A divisão entre a inércia de cada dimensão e a inércia total é a proporção da variância explicada pela dimensão. O número máximo de dimensões é estimado por:

- $[\text{mínimo (linha, coluna)} - 1] = [\text{mínimo (8, 3)} - 1] = 2$

Com esse resultado, segue-se para o exame de representação gráfica (mapa perceptual). Neste sentido, faz-se necessário saber se há associação entre as variáveis e o grau de dependência entre as variáveis. Para isso, é aplicado o teste Qui-quadrado.

Nesse sentido, faz-se necessário a construção de teste de hipótese estatística para tomada de decisão. As hipóteses testadas são:

- H0: as duas variáveis categóricas se associam de forma aleatória.
- H1: a associação entre as duas variáveis categóricas não se dá de forma aleatória.

Por fim é criado um mapa perceptual. Segundo Fávero e Belfiore (2015), o mapa perceptual serve para localizar visualmente no gráfico objetos de um indivíduo em duas ou mais dimensões. No mapa perceptual cada objeto tem um posicionamento espacial que descreve sua similaridade em relação a outros objetos, conforme as dimensões expostas no mapa perceptual.

Para a realização de todos esses cálculos são utilizados softwares estatísticos. Neste trabalho foram utilizados o R e o Excel para tabulação e análise de dados, construção do gráfico de Pareto, aplicação do método, testes de hipóteses e a elaboração das tabelas.

4 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos com a aplicação da Análise de Correspondência. Os resultados estão apresentados da seguinte forma: a) análise descritiva e b) análise de correspondência.

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA

Observa-se, no gráfico 1, que a “colisão” com fauna ocorre com mais frequência nas fases de “decolagem” e “pouso”. De fato, nessas duas fases a aeronave está mais próxima ao solo da área aeroportuária. Com isso, a exposição da aeronave à fauna fica evidenciada, uma vez que este é um cenário perfeito para encontrar comida, abrigo e água, itens fundamentais de atração a aves e animais terrestres.

Na fase de voo “aproximação” ocorrem mais “avistamentos” e “quase colisões” com fauna. Nesta fase de voo, o piloto da aeronave cumpre uma trajetória ou circuito de tráfego próximo ao aeródromo, o que possibilita uma tomada de decisão imediata para desviar a aeronave antes do impacto com o animal.

O avistamento de aves e animais terrestres é mais frequente nas fases de voo “estacionamento”, “táxi”, “pouso” e “decolagem”. Na área de pátio, táxi e pista de pouso concentram-se gramados que atraem animais típicos e possibilita o avistamento de fauna pela equipe aeroportuária.

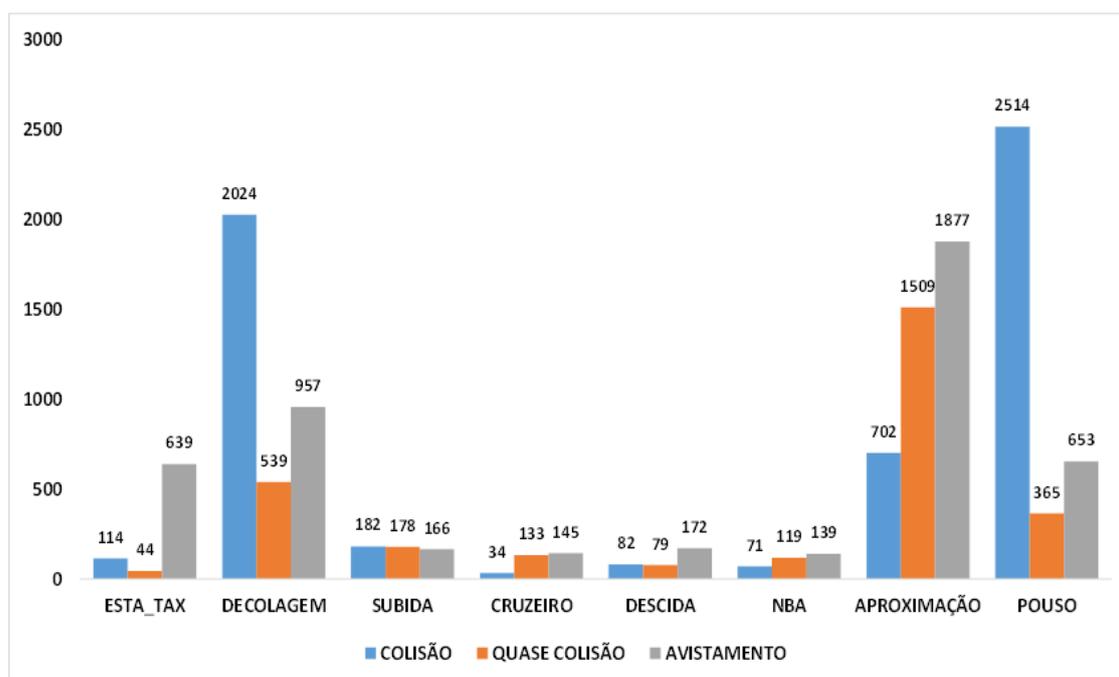


Gráfico 1: Eventos por fase de voo no risco da fauna entre 2011 e 2016.

A tabela 2 apresenta a distribuição conjunta das proporções (em porcentagem) em relação aos totais de cada linha e aos totais de cada coluna respectivamente (L,C) das variáveis. A análise em linha demonstra que há mais “avistamento” de fauna (80.2%) do que “colisão” e “quase colisão” na fase de voo estacionamento e táxi. O “avistamento” e “quase colisão” com fauna acontecem em 89.1% das vezes, enquanto a colisão com aves representa apenas 10.9% na fase de voo “cruzeiro”.

Na análise em coluna, percebe-se 50.9% das quase colisões com aves ocorre na fase de voo aproximação e a colisão com fauna ocorre 79.3% nos eventos envolvendo a fase de voo pouso e decolagem. Também é possível notar que 39.5% dos avistamentos ocorrem na fase de voo aproximação.

Observando a análise da distribuição conjunta das proporções para linhas e colunas, não é possível ter certeza da associação entre as variáveis.

Fase de voo \ Tipo de reporte	Colisão		Quase colisão	Avistamento
	Linha	Coluna		
Estacionamento e Táxi	Linha	14.3%	5.5%	80.2%
	Coluna	2.0%	1.5%	13.5%
Decolagem	Linha	57.5%	15.3%	27.2%
	Coluna	35.4%	18.2%	20.2%
Subida	Linha	34.6%	33.8%	31.6%
	Coluna	3.2%	6.0%	3.5%
Cruzeiro	Linha	10.9%	42.6%	46.5%
	Coluna	0.6%	4.5%	3.1%
Descida	Linha	24.6%	23.7%	51.7%
	Coluna	1.4%	2.7%	3.6%
NBA	Linha	21.6%	36.2%	42.2%
	Coluna	1.2%	4.0%	2.9%
Aproximação	Linha	17.2%	36.9%	45.9%
	Coluna	12.3%	50.9%	39.5%
Pouso	Linha	71.2%	10.3%	18.5%
	Coluna	43.9%	12.3%	13.8%

Tabela 2: Distribuição conjunta das proporções para linhas e colunas.

4.2 ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA

O teste Qui-quadrado (χ^2) foi calculado conforme a Tabela 2 e as hipóteses testadas foram apresentadas na metodologia.

Informações	Valores
Estatística χ^2	3670.455
Graus de Liberdade	14
P-Valor	0

Tabela 3: Teste Qui-quadrado.

Sendo assim, a estatística de teste foi significativa, apresentando p-valor < 0.05, com 95% de confiança, recomendando a rejeição da hipótese nula. Isso evidencia a associação entre as duas variáveis categóricas, que não puderam ser verificadas apenas com as informações da Tabela 2.

Dessa forma, os resíduos padronizados ajustados com valores positivos maiores que 1,96, em valor absoluto, indicam que há evidências de associação significativa entre as categorias. Resíduo alto significa maior dependência entre as variáveis, o que facilita a análise do mapa perceptual. Perceba que os valores acima de 1,96 foram realçados em amarelo.

Na Tabela 4, percebe-se que as fases de voo decolagem e pouso tem uma forte associação com tipo de reporte colisão. Em contrapartida, para as fases de voo “subida”, “cruzeiro” e “NBA” estão associados com quase colisão, sendo que a “aproximação” possui associação mais forte com este tipo de reporte (quase colisão). No tipo de reporte “avistamento”, as variáveis “estacionamento” e “táxi” apresentaram maior associação do que as fases “cruzeiro”, “descida” e “NBA”. Também é possível observar que na “aproximação” existe uma associação significativa com “quase colisão”.

FASE DE VOO		TIPO DE REPORTE		
		COLISÃO	QUASE COLISÃO	AVISTAMENTO
1	ESTA_TAX	-16,65	-11,61	27,3
2	DECOLAGEM	20,82	-11,25	-11,77
3	SUBIDA	-3,78	6,63	-1,84
4	CRUZEIRO	-11,45	8,85	4,16
5	DESCIDA	-6,71	0,73	6,3
6	NBA	-7,8	6,24	2,56
7	APROXIMAÇÃO	-39,4	27,42	16,96
8	POUSO	40,01	-19,6	-24,39

Tabela 4: Associação entre as categorias da fase de voo e tipo de reporte.

Tem-se abaixo o *output* (saída) da análise de decomposição inercial para as duas dimensões, feito com apoio *software* R com pacote *ca*.

Dimensão	Autovalor	%	% Acumulada
1	0.229972	84.2	84.2
2	0.043188	15.8	100.0
Total	0.273160	100.0	

Tabela 5: Contribuição inercial.

Como observado na Tabela 5, a inércia total é de 0,273160. As proporções explicadas nas dimensões 1 e 2 correspondem respectivamente 84,2% (0,229972/0,273160), e a 15,8% da inércia total. É válido lembrar que quanto maior a inércia da primeira dimensão, maior será a associação entre as categorias dispostas em linha e em coluna.

No mapa perceptual (Gráfico 2), está graficamente ressaltado que a colisão com fauna acontece com maior frequência no pouso e decolagem, e a quase colisão ocorre nas fases de “subida”, “NBA”, “aproximação” e “cruzeiro”. O avistamento de fauna é mais frequente na descida e principalmente durante o estacionamento e o táxi.

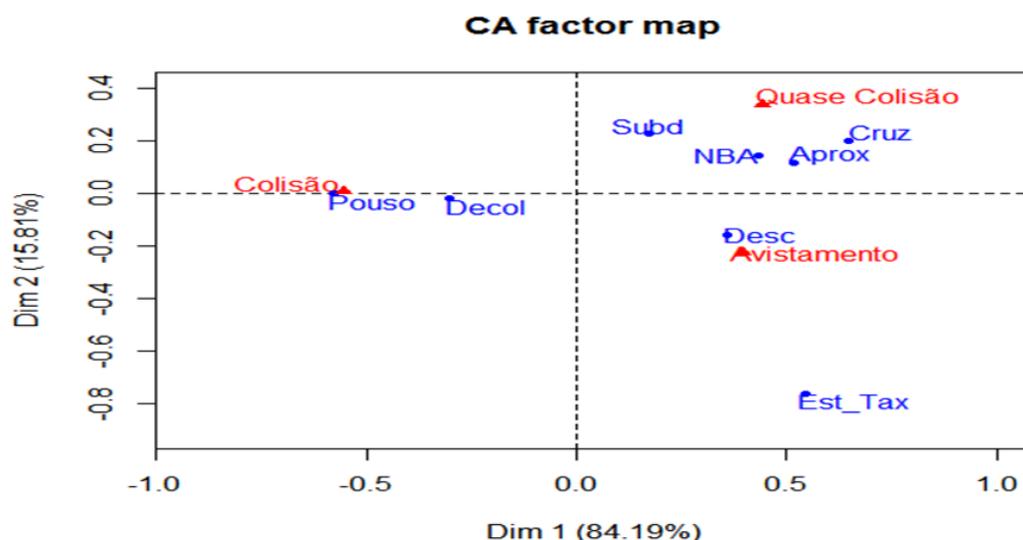


Gráfico 2: Mapa perceptual da associação entre fase de voo e tipo de reporte.

Após toda a validação metodológica dos resultados apresentados é possível corroborar com a comunidade da segurança de voo, da seguinte forma:

- a) que os aeronavegantes devam ter atenção:
 - no procedimento de decolagem e pouso, onde ocorrem colisões com fauna. Lembrando que a colisão, geralmente, é mais danosa do que os outros tipos de reporte;
 - no procedimento de aproximação, pois nesta fase de voo ocorrem as quase colisões.
 - no estacionamento/táxi da aeronave, porque é neste caso que há avistamento de fauna dentro da área aeroportuária e trata-se de uma oportunidade de identificação e mitigação do risco antes que os animais interfiram em fases de voo onde o evento seja mais danoso.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a aplicação do método estatístico da Análise de Correspondência para identificar a relação entre duas importantes variáveis no gerenciamento do risco da fauna na aviação brasileira.

Conforme revisão de literatura apresentada, foi possível identificar a necessidade de estudos com foco na verificação do comportamento das variáveis categóricas coletadas pela ficha CENIPA 15. Para tanto, foram estudadas as variáveis tipo de reporte e fase de voo, uma vez que são consideradas importantes dentro do tema.

Nos resultados foram apresentadas análises estatísticas exploratórias e a aplicação da Análise de correspondência aos dados.

Desta forma, a análise de correspondência serviu para comprovar a relação entre fase de voo e tipo de reporte. O entendimento desta relação resulta em informações valiosas para tomadas de decisões de tripulantes e administradores de aeródromos, servindo para disseminar como está o risco da fauna na relação dessas duas variáveis e assim evitar futuros acidentes aeronáuticos.

O presente estudo explorou e identificou padrões através de visualizações, dentro do contexto da ciência dos dados, já conhecido na segurança de voo, de forma analítica matemática. E assim um maior embasamento para entendimento e comportamento das variáveis em foco que fazem parte do cenário aeroportuário no Brasil.

Por fim, é proposto o uso desta metodologia para futuros estudos da associação de outras variáveis que afetam o risco da fauna na aviação brasileira.

REFERÊNCIAS

- ABREU, T. L. S. et al. Evaluation of different grass height management patterns for bird control in a tropical airport. **Revista Conexão SIPAER**, v. 8, n. 1, p. 68-79, 2017. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/363>>. Acesso em: 14 jun. 2017.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Plano do Comando da Aeronáutica (PCA) 3-3: Plano Básico de Gerenciamento de Risco de Fauna**. Brasília. 2017. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/pca-plano-do-comando-da-aeronautica>>. Acessado em: 17 jun. 2017.
- CABRITA, D. M. D. **Métodos multivariados para variáveis qualitativas: aplicação ao estudo de variáveis associadas com a avaliação na disciplina de Matemática de uma escola do Ensino Básico no Concelho de Vila Nova de Gaia**. Dissertação (mestrado), Mestrado em Estatística, Matemática e Computação, Universidade Aberta de Portugal. 2012.

- CAMELO, H. N. et al. Utilização de Análise de Correspondência para Classificação da Velocidade do Vento no Nordeste Brasileiro. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, [S.l.], n. 31, p. 22-28, dez. 2016. ISSN 2447-9187. Disponível em: <<http://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/642>>. Acesso em: 27 Nov. 2017.
- CARVALHO, M. S.; STRUCHINER, C. J. Análise de Correspondência: Uma aplicação do Método à Avaliação de Serviços de Vacinação. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 8, n. 3, p. 287-301, jul/set, Rio de Janeiro. 1992.
- CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS [CENIPA]. **Anuário de Risco de Fauna**, 2015. Brasília. 2016. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/estatisticas/risco-da-fauna?download=129:perigo-aviario-e-fauna>>. Acesso em: 14 jun. 2017.
- CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS [CENIPA]. **Sistema de Gerenciamento de Risco Aviário (SIGRA)**: banco de dados. 2017. Disponível em: <http://sistema.cenipa.aer.mil.br/cenipa/sigra/pesquisa_dadosExt>. Acesso em: 14 jun. 2017.
- DAVENPORT, T. H. **Dados Demais**: Como desenvolver habilidades analíticas para resolver problemas complexos, reduzir o risco e decidir melhor. Rio de Janeiro: Campus Elsevier. 2014.
- DOVE, C. J.; DAHLAN, N. F.; HEACKER, M. Forensic Bird-strike identification techniques used in an accident investigation at Wiley Post Airport. **Human-Wildlife Conflicts**, v. 3, p. 179-185. 2008.
- GRUS, J. **Data Science do Zero**: Primeiras regras com o Python. Rio de Janeiro: Alta Books. 2016.
- FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Análise de dados**: Técnicas multivariadas exploratórias com SPSS® e Stata®. Rio de Janeiro: Campus Elsevier. 2015.
- FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Análise de Dados**: Modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Campus Elsevier. 2009.
- HAIR J. J. et al. **Análise multivariada de dados**. 6a Ed. Porto Alegre: Bookman. 2009.
- MENDONÇA, F. A. C. SMS for bird hazard: Assessing airlines pilots perceptions. Master of Science in the Department of Aviation. University of Central Missouri. Master Thesis. 2008.
- NOVAES, W. G.; ALVAREZ, M. R. D. V. Relação entre o resíduo sólido urbano e urubus de cabeça-preta (*Coragyps atratus*): um perigo para as aeronaves no aeroporto de Ilhéus (SBIL). **Revista Conexão SIPAER**, v. 5, n. 1, p. 22-29, 2014. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/256>>. Acesso em: 14 jun. 2017.
- NTAMPAKIS, D.; BIERMANN, T. Applying SMS and sustainability principles to airport wildlife hazard management. **Revista Conexão SIPAER**, v. 5, n. 1, p. 8-21, 2014. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/.../255/278>>. Acesso em: 14 jun. 2017.
- PAMPLONA, V. M. S. et al. Análise de Correspondência dos crimes na região metropolitana de Belém (RMB) no 1º semestre de 2006. In: Simpósio de Pesquisa Operacional da Marinha do Brasil. **Anais...** Rio de Janeiro, 2007.
- PATRICK, K.; SHAW, P. Bird strike hazard management programs at airports: what Works? In: 5º Simpósio de Segurança de Voo do Instituto de Pesquisas e Ensaio em Voo. **Anais...** São José dos Campos, São Paulo, Brasil, 2012.