



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA CELULAR, EMBRIOLOGIA E GENÉTICA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Juliana Antonia da Silva

Título: Uso da técnica de DNA Barcode para a identificação de espécies em colisões com aeronaves no Brasil

Florianópolis

2024

Juliana Antonia da Silva

Título: Uso da técnica de DNA Barcode para a identificação de espécies em colisões com aeronaves no Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas

Orientador(a): Prof^ª. Dr^ª. Andrea Rita Marrero

Florianópolis

2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC. Dados inseridos pelo próprio autor.

da Silva, Juliana Antonia

Uso da técnica de DNA Barcode para a identificação de espécies em colisões com aeronaves no Brasil / Juliana Antonia da Silva; orientadora, Andrea Rita Marrero, 2024. 48 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. DNA Barcode, aeronaves, identificação espécies, Birdstrike. I. Marrero, Andrea Rita . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

Juliana Antonia da Silva

Título: Uso da técnica de DNA Barcode para a identificação de espécies em colisões com aeronaves no Brasil

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de “Licenciada em Ciências Biológicas” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Biológicas.

Florianópolis 11 de Dezembro de 2024.

Prof^a. Dr^a. Daniela Cristina de Toni
Coordenação do Curso

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Andrea Rita Marrero
Orientadora

Prof. Dr. Guilherme Renzo Rocha Brito
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Thiago Fossile
Universitat Autònoma de Barcelona

Florianópolis, 2024.

Dedico este trabalho à minha família, amigos e a todos que de alguma forma se fizeram importantes durante minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à minha família, que mesmo distante, sempre me apoiou e incentivou em todos os momentos, sendo uma base extremamente necessária para minha formação.

A banca avaliadora por disponibilizarem seu tempo e conhecimento para que eu pudesse me formar com maestria.

Aos meus amigos Beatriz e Guilherme, que estiveram presentes comigo desde o início da faculdade, me apoiando e fazendo com que este TCC fosse concluído. E que, para além disto, se tornaram minha família quando esta se encontrava longe.

Aos moradores e agregados do apartamento 402, por todos os momentos de diversão, jantares, brincadeiras, festas e conversas, momentos importantes para o dia a dia corrido e que me trazem sempre boas risadas;

Aos meus amigos que me incentivaram a vir para Florianópolis e começar esta graduação;

Às inúmeras pessoas que tive a oportunidade e o privilégio de conhecer ao longo do caminho, fazendo parte da minha história, me ajudando a adquirir experiências inesquecíveis e a compreender o mundo, me tornando, assim, quem sou, sempre em busca de novos horizontes e vivências;

À todos aqueles que, de alguma forma, se fizeram importantes para minha formação. Cada um de vocês deixou uma marca na minha jornada, seja por meio de conselhos, apoio ou simplesmente pela troca de ideias. Essas experiências foram valiosas e contribuíram para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

Também gostaria de agradecer a mim mesma, e para isso, utilizo as palavras de Snopp Dog: "I want to thank ME for believing in me, I want to thank me for doing all this hard work. I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for never quitting. I wanna thank me for always being a giver and trying to give more than I receive. I wanna thank me for trying to do more right than wrong. I wanna thank me for being me at all times, Snoop Dogg you a bad motherf**ker."

RESUMO

O número de acidentes aeroviários com fauna vem aumentando no Brasil, gerando grandes prejuízos e gastos para as companhias aéreas e também perdas irreversíveis para a biodiversidade local. Algumas soluções para este problema já são tomadas, porém, para que sejam mais eficientes, é de extrema necessidade a identificação correta das espécies envolvidas. A partir dessa identificação é possível entender a ecologia e as preferências das espécies afetadas, e, a partir dessas informações, gerir e criar planos de mitigação e de manejo adequados. A identificação da maioria das espécies ocorre, atualmente, pela análise das características morfológicas, entretanto esse método é limitado, visto que a maioria das amostras obtidas neste tipo de ocorrência são restos e vestígios, e também devido à ausência de coleções de referência robustas e formações específicas em anatomia. Nesse contexto, o presente trabalho de revisão integrativa analisou documentos variados sobre a atual conjuntura dos acidentes aeroviários envolvendo fauna no Brasil e outros países, a fim de propor a utilização em grande escala da técnica molecular de DNA Barcode (código de barras genético) para uma melhor identificação das espécies. Nesta técnica, o DNA das amostras é extraído, amplificado, sequenciado e comparado a um robusto banco de dados, em que a identificação de espécie é feita ao se obter uma similaridade igual ou superar a 97% com alguma das sequências das espécies cadastradas nesses bancos. Relatórios sobre os incidentes ocorridos no país no ano de 2022 apresentam que quase metade dos animais envolvidos nessas ocorrências não foram identificados, revelando uma defasagem nesse processo. A utilização do método de DNA Barcode, que possui alto nível de precisão e pode ser facilmente realizado, se mostrou eficiente na identificação de diferentes espécies a partir de variadas amostras, comprovando seu grande potencial para identificar as espécies envolvidas em acidentes aeroviários.

Palavras-chave: DNA Barcode; aeronaves; identificação de espécies, birdstrike.

ABSTRACT

The number of aviation accidents involving fauna has been increasing in Brazil, which in addition to generating large losses and expenses for airlines also generates irreversible losses for local biodiversity. Some solutions to this problem have already been taken, however, in order to be more efficient, it is extremely necessary to correctly identify the species involved. Thus, it becomes possible to understand their ecologies and preferences, and, based on this information, manage and create appropriate mitigation and wildlife management plans. The identification of most species currently occurs by the analysis of morphological characteristics, however this method becomes flawed when most of the samples obtained in this type of occurrence are traces and remains or due to the lack of technical knowledge for adequate recognition. With these questions in mind, this integrative review analyzed various documents about the current situation of aviation accidents involving fauna in Brazil and in the world in order to propose the large-scale use of the molecular technique of DNA Barcode (genetic barcode) for a better identification of species. In this technique, the DNA of the samples is extracted, amplified, sequenced and compared to a robust database, in which species identification is made by obtaining a similarity equal to or greater than 97% with any of the sequences of the species registered in these databases. Reports on incidents that occurred in the country in 2022 show that almost half of the animals involved in these occurrences were not identified, revealing a lag in this process. The use of the DNA Barcode method, which has a high level of precision and can be easily performed, is efficient in the identification of different species from various samples, thus proving its great potential to identify the species involved in these episodes.

Keywords: DNA Barcode; aircraft; species identification; birdstrike.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Categorias de classificação de risco das espécies da Lista Vermelha da <i>International Union for Conservation of Nature</i> - IUCN	15
Figura 2 – Hierarquia de controle integrado de fauna em aeródromos	18
Figura 3 – Morfologia externa em aves. Exemplos de características distintivas na estrutura física dos animais.....	19
Figura 4 – Processo de identificação de espécies através da técnica de <i>DNA Barcode</i>	21

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Combinação de palavras-chaves utilizadas nas buscas na literatura.....24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de reportes ocorridos no Brasil nos anos de 2021 e 2022...26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
BOLD	<i>Barcode of Life Data System</i>
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
COI	<i>Citocromo C Oxidase I</i>
CYTB	<i>Cytochrome b</i>
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>
IUCN	<i>Internacional Union for Conservation of Nature</i>
NCBI	<i>National Centre for Biotechnoly Information</i>
PCR	Reação em Cadeia Polimerase
RNA	Ácido Ribonucleico
WBA	<i>World Bird Strike Association</i>

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	14
	CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES	14
	COLISÕES ENTRE AERONAVES E FAUNA.....	16
	IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES NAS OCORRÊNCIAS	18
1	TÉCNICA DE IDENTIFICAÇÃO – DNA BARCODE.....	20
1.1		
1.2	JUSTIFICATIVA	22
1.3	OBJETIVOS	22
1.4		
1.5	OBJETIVO GERAL	22
2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
2.1	MATERIAIS E MÉTODOS	23
2.2		
3	TIPO DE ESTUDO.....	23
3.1	COLETA DE DADOS	23
3.2	ORGANIZAÇÃO, TRATAMENTO E SÍNTESE DOS DADOS.....	25
3.3		
4	RESULTADOS	25
4.1	RESULTADOS LITERATURA E DADOS DISPONÍVEIS.....	25
4.2	COLISÕES AERONAVE-FAUNA E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES	26
5	DISCUSSÃO	27
5.1		
5.2	HISTÓRICO E CARACTERÍSTICAS DAS COLISÕES.....	27
	AÇÕES PARA REDUÇÃO DE COLISÕES ENTRE AERONAVES E FAUNA	
5.3		
5.4	30	
	IDENTIFICAÇÃO E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES	31
6	DNA BARCODE COMO ALTERNATIVA NA IDENTIFICAÇÃO DAS	
	ESPÉCIES	32
	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	37
	APÊNDICE A – ARTIGOS ENCONTRADOS	45
	APÊNDICE B – DETALHAMENTO SOBRE AS ESPÉCIES ENVOLVIDAS	
	EM COLISÕES COM AERONAVES NO BRASIL EM 2022	47
	ANEXO A – TABELA DOS DIFERENTES GRUPOS ANIMAIS	
	IDENTIFICADOS EM DIFERENTES AEROPORTOS	50

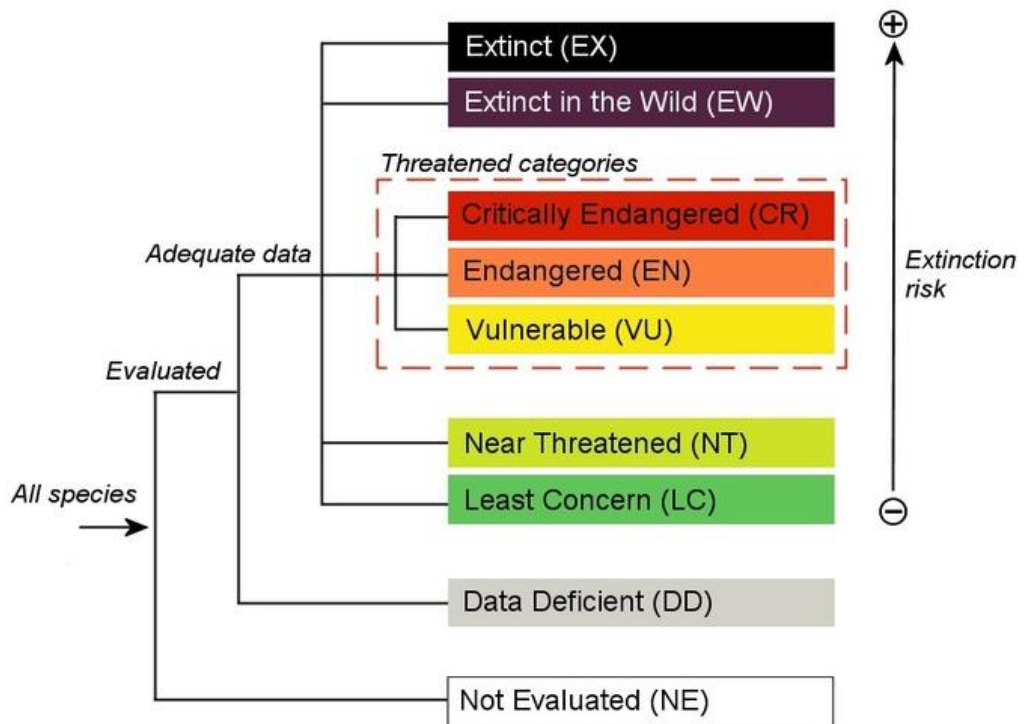
INTRODUÇÃO

CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES

A atividade humana é a principal causa da extinção contemporânea de espécies (BULL; MARON, 2016; CEBALLOS et al., 2015) e o crescimento das ações antropogênicas acarreta transformações significativas em todo o planeta, causando impactos profundos no clima, no meio ambiente e na diminuição da biodiversidade. Entre os principais fatores responsáveis por esta degradação e pela perda de espécies, estão a destruição de habitats, exploração excessiva, poluição, introdução de espécies exóticas, extinção de espécies, mudanças climáticas, tráfico ilícito e a perda e fragmentação de habitats devido ao uso indiscriminado de terras (HUDSON et al., 2014; NOVACEK; CLELAND, 2001). Ações de mitigação e conservação que envolvam estratégias eficazes de recuperação da biodiversidade global e que promovam colaborações intensivas entre a comunidade científica internacional são indispensáveis para reverter esse cenário (NOVACEK; CLELAND, 2001).

Um grande exemplo de colaboração entre os cientistas internacionais, visando a conservação da biodiversidade, foi a criação da Lista Vermelha de conservação de espécies, criada em 1964 pela Comissão para Sobrevivência de Espécies da *International Union for Conservation of Nature* - IUCN (União Internacional para Conservação da Natureza). A lista é publicada em forma de catálogo, em que há informações sobre o *status* de ameaça de extinção de espécies e subespécies de fauna, flora e fungo do planeta. Inicialmente, a lista continha 11 categorias de ameaça. Entretanto, durante a 51ª Reunião do Conselho da IUCN, ocorrida na Suíça em 2000, as categorias foram reorganizadas em nove categorias, das quais sete variam de “pouco preocupante” a “extinto” e duas são referentes à falta ou inadequação de informações acerca das espécies (Figura 1).

Figura 1 – Categorias de classificação de risco das espécies da Lista Vermelha da *International Union for Conservation of Nature - IUCN*



Fonte: <https://www.iucnredlist.org/about/faqs>

Legenda: Extinct (EX) - extinta; Extinct in the wild (EW) - extinta na natureza, Critically Endangered (CR) - em perigo crítico; Endangered (EN) - em perigo; Vulnerable (VU) - vulnerável; Near Threatened (NT) - quase ameaçada; Least Concern (LC) - pouco preocupante; Data Deficient (DD) - Dado insuficiente; Not Evaluated (NE) - Não avaliado.

O enquadramento das espécies em uma das categorias de ameaça leva em consideração informações sobre distribuição, tamanho da população, habitat e ecologia, uso, comércio, ameaças e ações de conservação (IUCN, 2024a, 2024b). Esta lista, que está em constante atualização, é utilizada como base para compreender o *status* de ameaça de diversas espécies e também para embasar políticas públicas no gerenciamento e na criação de planos de conservação biológica.

COLISÕES ENTRE AERONAVES E FAUNA

1.2 A colisão entre aeronaves e fauna é um dos exemplos de ações antropogênicas que impactam a biodiversidade em escala global. No Brasil, o número de voos vem crescendo a cada ano, mas a temática de colisões ainda está começando a ser discutido (BOVO *et al.*, 2024). Além de ser um problema significativo para a aviação civil e militar, com consequências potencialmente desastrosas para a segurança das operações aéreas, essa temática também é um fator que implica diretamente na biodiversidade e conservação de espécies.

Os eventos conhecidos como colisões com fauna (ou *birdstrikes*, termo em inglês quando envolvem aves) podem causar danos às aeronaves e, em casos extremos, representar riscos para a vida dos passageiros e da tripulação. Tais incidentes resultam em custos financeiros elevados, aproximadamente US\$2 bilhões por ano, devido a danos materiais, atrasos e interrupções no serviço aéreo (CENIPA, 2021). Além dos gastos e prejuízos monetários, as colisões se tornam um grande problema para a fauna silvestre devido a subnotificação de casos e a identificação não precisa das espécies envolvidas, que podem estar ameaçadas de extinção. O estudo desses acidentes com foco na conservação e bem-estar dos animais ainda é escasso, pois prevalece a ideia que as espécies mais envolvidas nos acidentes são consideradas “comuns”. Entretanto, se há falhas na identificação adequada das espécies não há garantias de que essa fauna não esteja correndo nenhum risco de extinção (MARQUES, 2022). Além disso, as espécies que não possuem “relevante interesse ecológico”, ou que são ditas como “comuns”, também devem ter planos de conservação adequados, o que auxiliaria a resolver tanto os problemas relacionados à biodiversidade e conservação das espécies, quanto os altos investimentos e gastos gerados devido aos acidentes.

A *International Civil Aviation Organization* - ICAO (Organização da Aviação Civil Internacional) define como ‘Risco de Fauna’ a presença de fauna que pode causar danos à aeronave, podendo ser aves e outros animais, tanto selvagens como domésticos. Este risco depende de diferentes fatores, como tamanho e comportamento do animal, quantidade de indivíduos, proximidade com o avião e fase de voo (ICAO, 2020). No Brasil, os relatórios de Risco de Fauna são documentos operacionais com informações que visam contribuir e reduzir o risco de fauna. Entretanto, a criação e o gerenciamento desses relatórios são totalmente

dependentes de informações precisas sobre todas as ocorrências envolvendo fauna e em quantidades significativas, para então se entender as tendências e identificar as espécies-problemas em cada aeródromo. Essas ocorrências são divididas em: avistamentos, quase colisões e colisões. Avistamentos são ocorrências em que animais vivos são vistos em locais próximos da trajetória de aeronaves, sem que haja necessidade de desvio da tripulação ou do animal. Quase colisões são ocorrências em que houve um desvio pela tripulação ou pela fauna, mas sem efeitos significativos à operação. Por fim, colisões¹ são ocorrências em que pelo menos uma das situações aconteça: sejam testemunhadas por tripulação; ocorra a evidência de dano; que haja o encontro da carcaça de algum animal; a presença da fauna exercer algum efeito de aborto de voo ou pouso; lesão grave; perda de equipamento ou sistema em voo, entre outros (CENIPA, 2022). Um dos procedimentos utilizados no gerenciamento de risco de fauna, é o controle integrado da presença da fauna, que, segundo DeFusco e Unangst (2013) deve ser feito, primeiramente, de forma passiva (como a modificação de habitat, adesão de itens repelentes e exclusão física) associada a medidas ativas (como captura, manipulação de ovos e ninhos, controle químico e abate). A figura 2 representa a hierarquia de controle integrado, um dos principais fatores na diminuição de colisões nos aeródromos norte-americanos e na redução da presença de animais nesses espaços (CENIPA, 2022). Rey e Liechti (2015) afirmam que também é necessário criar um ambiente que dê a percepção de “medo” aos animais, que serão, assim, induzidos a procurar áreas “seguras” fora dos aeródromos.

¹ A classificação de colisão é abrangente e possui subcategorias. As situações aqui citadas são apenas alguns dos exemplos que podem ocorrer e que são caracterizadas como Colisão. Para maiores informações e lista completa de situações possíveis, consulte o Anuário de Risco de Fauna 2022.

Figura 2 – Hierarquia de controle integrado de fauna em aeródromos



Fonte: CENIPA, 2022

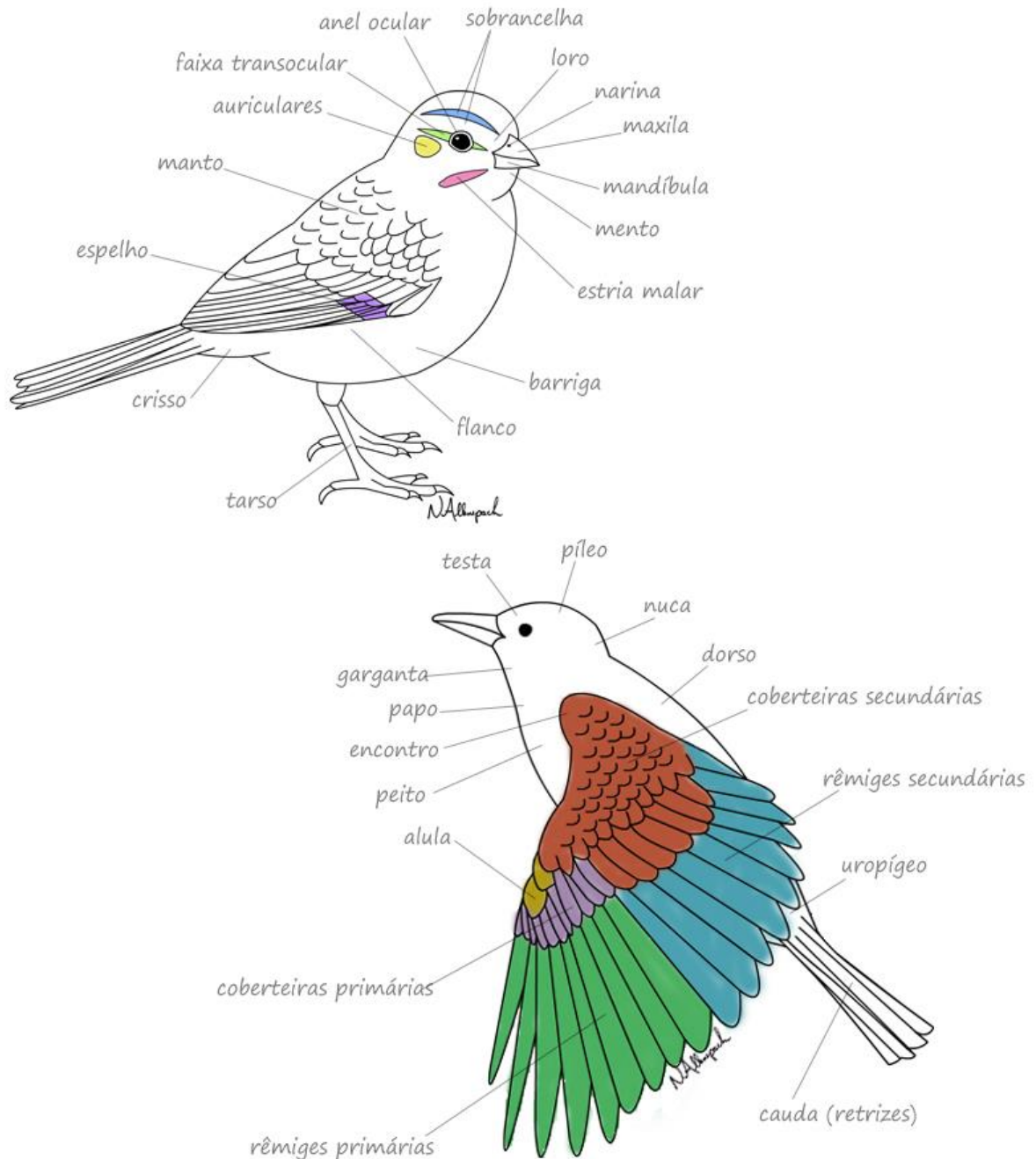
Entretanto, o reconhecimento dos agentes causadores das ocorrências, isto é, a identificação exata das espécies envolvidas em quaisquer tipos de ocorrência é sumário e de extrema importância para que a elaboração e execução deste tipo gerenciamento e outros procedimentos para mitigação e conservação das espécies ocorram de forma eficiente e surtam os efeitos esperados. Após a identificação dos animais, é possível compreender os hábitos, ecologia e as preferências específicas de cada espécie, como o tipo de alimento, abrigo e sazonalidade, e a partir disso criar planos de ação adequados para cada aeródromo, envolvendo também a localização de foco atrativo, a classificação de risco de cada espécie e o manejo adequado (CENIPA, 2022). Em razão dessas especificidades, o reconhecimento da fauna, e os planos a serem elaborados e utilizados devem ser realizados para cada aeródromo, pois as espécies envolvidas diferem em cada região.

IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES NAS OCORRÊNCIAS

A identificação de espécies, de forma geral, pode ser feita de diversas formas, sendo a mais comum por meio da análise das características morfológicas, principalmente externas, como formas corporais, estruturas esqueléticas, pelagem e penas, forma do crânio, dentes, formato do bico, padrão de coloração, estrutura das

asas, entre outros aspectos anatômicos (Figura 3) que variam entre as espécies e até dentro de populações.

Figura 3 – Morfologia externa em aves. Exemplos de características distintivas na estrutura física dos animais



Fonte: <https://www.wikiaves.com.br/wiki/morfologia>

Entretanto, a identificação pela morfologia só é possível quando há algum especialista nesta área, além de ser necessário se ter boa parte do animal intacta

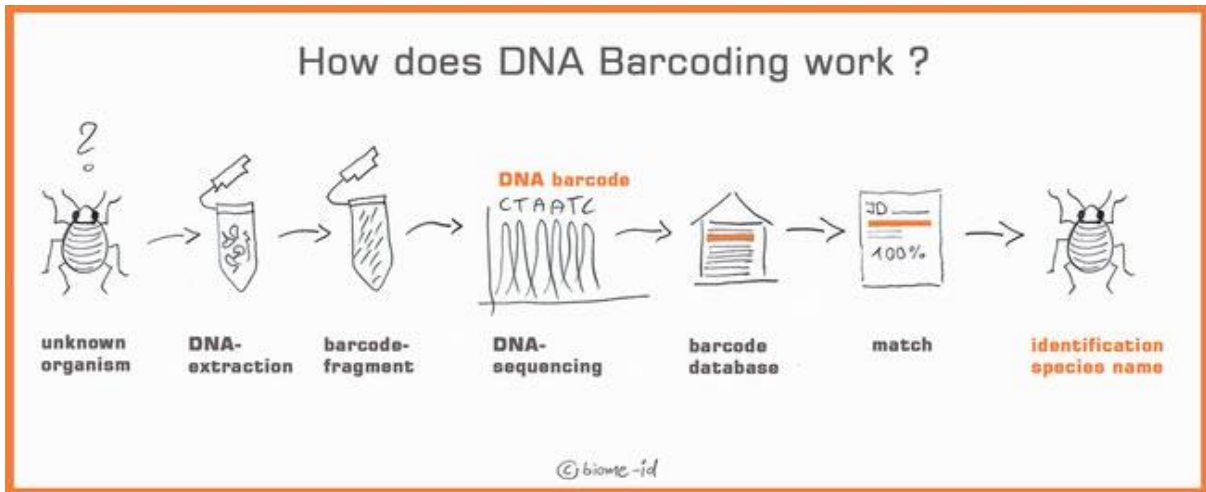
para a conferência dos caracteres morfológicos distintivos. Infelizmente, a preservação anatômica das espécies nem sempre é boa em ocorrências como colisões e avistamentos, sendo comumente encontrados apenas vestígios como penas, amostras de sangue, ovos e pequenos fragmentos dos animais que colidiram com a aeronave. A identificação a nível de espécie por meio da anatomia corporal também pode ser dificultada quando as espécies estão em estágios iniciais de desenvolvimento ou pelo fato de algumas espécies irmãs ou subespécies possuírem características similares (CHAC; THINH, 2023). Outro aspecto importante a se destacar é que os tripulantes, mecânicos, controladores de tráfego aéreo e operadores de aeródromos, conhecidos em geral como *stakeholders* aeronáuticos, são os responsáveis por notificarem as ocorrências (CENIPA, 2022, 2023). Estes, normalmente, não possuem o conhecimento técnico necessário para realizar a diferenciação entre as espécies e muitas vezes não têm tempo hábil para se atentar em pequenos detalhes dos animais, principalmente quando a ocorrência é em momento crucial do trajeto. Por esses e outros motivos, a identificação que considera apenas atributos morfológicos não é tão eficiente, fazendo com que seja necessário a utilização de outros meios de identificação, mais fáceis, rápidos e precisos.

1.4

TÉCNICA DE IDENTIFICAÇÃO – DNA BARCODE

Outra técnica bem conhecida para a identificação de espécies, que vem sendo cada vez mais utilizada, é a técnica de *DNA Barcode*, em que com pequenas amostras, que podem ser de diferentes origens e em diferentes estados, como sangue ou outros fluidos, vísceras ou restos de tecidos, é possível fazer a identificação a nível famílias e até mesmo espécies. A técnica de *DNA Barcode* (código de barras genético) é uma ferramenta molecular baseada no método de reação em cadeia da polimerase (PCR) e foi proposta em 2003 por Hebert e colaboradores (HEBERT *et al.*, 2003). A partir das amostras obtidas, fragmentos de DNA são extraídos, amplificados e sequenciados a fim de se obter uma sequência gênica que é comparada com sequências depositadas em um grande e sensível banco de dados (Figura 4). A partir dessa técnica é possível identificar a taxonomia da amostra analisada (ANKOLA *et al.*, 2021; WILSON; SING; JATURAS, 2019).

Figura 4 – Processo de identificação de espécies através da técnica de *DNA Barcode*



Fonte: <https://www.biome-id.com/english-1/molecular-services-1/dna-barcoding/>

Nesta técnica, geralmente, se utiliza uma região padronizada como marcador para a amplificação e identificação das espécies. A primeira porção do gene *Citocromo C Oxidase I* (COI) do DNA mitocondrial é a mais utilizada nos estudos, apesar de, recentemente, outras regiões como *cytb*, 12S rRNA e 16S rRNA também estarem sendo bastante utilizadas para o sequenciamento (FERNANDES; AMARAL; MAFRA, 2021). O COI possui em média 655 pares de base e se mostra eficiente na identificação de grande parte dos metazoários (ex. aranhas, insetos, peixes, ser humano), pois apresenta pouca variação entre indivíduos intraespecíficos e grande variação entre indivíduos de espécies distintas (HEBERT *et al.*, 2003, NAZ; CHATHA; KHAN, 2023).

Devido a sensibilidade e confiabilidade da técnica de *DNA Barcode*, esta se mostra extremamente eficiente e pode ser utilizada em uma diversa gama de estudos, tais como: trabalhos taxonômicos com espécies em extinção; levantamento de amostras ambientais; comparações regionais de variação genética entre populações; estudos e aplicações forenses e de conservação e revisões taxonômicas (DESALLE; GOLDSTEIN, 2019). Dentre estas, as aplicações em pesquisas forenses e de conservação vêm mostrando um grande potencial, principalmente, porque permite a identificação de grande número de exemplares a partir de pequenas amostras, que podem estar em diferentes estados de preservação. Além disso, também permite a identificação de amostras em que as características morfológicas não estão presentes, por exemplo, pedaços de tecido muscular, ovos, fezes, pena, pele, sangue, embriões ou fragmentos de tecido

(DALTON *et al.*, 2019; GONÇALVES *et al.*, 2015; LI *et al.*, 2017; MENDOZA *et al.*, 2016; ONYIA *et al.*, 2019; YOHANNA *et al.*, 2023). Neste contexto, a utilização do *DNA Barcode* vem sendo cada vez maior, principalmente em situações em que a identificação utilizando somente critérios morfológicos não pode ser realizada.

JUSTIFICATIVA

1.5 Ao considerar que “O fator que mais limita o gerenciamento eficiente de risco de fauna é a imprecisão na identificação de espécies envolvidas em cada evento” (CENIPA, 2023) e os impactos que colisões entre aeronaves e fauna causam, tanto para os seres humanos quanto para a natureza, é imprescindível a adoção de técnicas precisas e eficazes para a identificação das espécies envolvidas e, a partir dessa caracterização correta e precisa da fauna, gerir a criação e adoção de planos adequados para mitigação dos acidentes e conservação das espécies.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

2.2 Realizar o levantamento sobre acidentes aeroviários no Brasil envolvendo fauna e propor a utilização da técnica de *DNA Barcode* para a identificação precisa das espécies.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar os dados mais recentes sobre acidentes aeroviários envolvendo fauna no Brasil;
- Compreender como ocorre a identificação de espécies em acidentes aeroviários no Brasil e outros países;
- Caracterizar a utilização da técnica de *DNA Barcode* para a identificação de espécies;
- Identificar os *status* de ameaça das espécies envolvidas e reportadas nas ocorrências no território brasileiro, de acordo com a Lista Vermelha da IUCN.

MATERIAIS E MÉTODOS

TIPO DE ESTUDO

3
3.1 A revisão integrativa tem como propósito principal apresentar a síntese de diferentes conhecimentos sobre um determinado tema, a partir da incorporação de informações de naturezas diversas. Esta metodologia também permite a utilização e integralização de evidências teóricas e empíricas para compreensão geral de um tema (GALVÃO; PEREIRA, 2022). Russel (2005) destaca alguns dos benefícios que a utilização da técnica traz, como a identificação das lacunas na pesquisa atual; o reconhecimento da necessidade de pesquisas futuras; o estabelecimento de pontes entre diferentes tipos de trabalhos; a definição de questões centrais; a diferenciação dos métodos de pesquisa que mais foram utilizados, entre outros.

Sendo assim, a metodologia de revisão integrativa foi adotada neste trabalho pois sua capacidade de proporcionar conhecimento mais abrangente sobre determinado assunto científico, utilizando diferentes abordagens metodológicas, tanto teóricas como práticas, e fontes de referência são essenciais quando um assunto tão amplo e que envolve diversas áreas é estudado e descrito, como ocorre com o tema aqui escolhido. Além disso, também é possível identificar as lacunas nas pesquisas e nos dados atuais e assim propor novas alternativas e métodos com o intuito de melhorar os estudos e metodologias utilizadas atualmente.

3.2 As etapas utilizadas nesta revisão integrativa incluíram: identificação da questão e proposta central; busca de referência na literatura e em outras fontes confiáveis; avaliação e análise dos materiais obtidos; tratamento dos dados; análise crítica e minuciosa das informações obtidas e compilação dos resultados para posterior apresentação.

COLETA DE DADOS

Os dados disponíveis do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) e da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) foram acessados para compreender o panorama geral sobre as colisões envolvendo avifauna e aeronaves no Brasil. Esses dados proporcionam informações importantes e relevantes relacionadas ao tema, como a quantidade de ocorrências, a quantidade

de animais envolvidos, os processos e planos de mitigação, as estatísticas acerca dos voos, entre outros.

Após esse levantamento inicial, ocorreu a etapa de revisão bibliográfica, com o intuito de compilar, de forma sistemática e organizada, os dados e resultados obtidos acerca do tema central. O levantamento da bibliografia (artigos publicados) foi realizado a partir do Google Acadêmico, utilizando diferentes combinações de palavras-chave (quadro 1) e operadores booleanos. O site Google Acadêmico foi escolhido por ser amplo e retornar estudos de diferentes revistas e fontes. O critério inicial de busca foram os eventos que ocorreram no Brasil e, posteriormente, adicionados eventos globais, abrangendo publicações entre 2016 e 2024, data em que as pesquisas nessa área começaram a ser mais frequentes. Nesta etapa da pesquisa, foram considerados somente artigos com texto completo disponível e em língua inglesa ou portuguesa. Após a análise dos títulos e resumos, os artigos que se enquadraram no escopo deste trabalho foram mantidos e analisados minuciosamente, enquanto os demais foram desconsiderados, juntamente com os artigos em duplicidade ou aqueles que, apesar de se enquadrarem nos critérios de seleção já citados, não abordaram a temática proposta.

Quadro 1 – Combinação de palavras-chaves utilizadas nas buscas na literatura

Palavras-chaves
DNA barcodes identify strikes airport AND brazil
DNA identify wildlife strikes airport AND brazil
wildlife strikes to civil aircraft AND brazil
aircraft strikes commercial airports AND brazil
DNA identify strike airport AND brazil
airport bird strike AND Brazil
airport bird strike AND Brazil AND dna
wildlife strikes to civil aircraft AND brazil
DNA barcodes identify strikes AND airport
DNA identify wildlife strikes airport
wildlife strikes to civil aircraft
aircraft strikes commercial airports
DNA identify strike AND airport
airport bird strike
airport bird strike AND dna
wildlife strikes to civil aircraft

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Por fim, sites como Wiki Aves e IUCN também foram utilizados para complementar os dados obtidos e elaborar este estudo com maior embasamento.

ORGANIZAÇÃO, TRATAMENTO E SÍNTESE DOS DADOS

3.3 O CENIPA disponibiliza anuários de Risco de Fauna desde 2009 e, neste estudo foram utilizados os dados dos anuários mais recentes, de 2021 e 2022. Uma nova tabela foi elaborada a partir da tabela “Espécies envolvidas em colisões em 2022” do anuário de Risco de Fauna 2022, acrescentando informações relevantes, como nome científico das espécies quando essa informação não estava presente, e o *status* de ameaça, utilizando as informações da Lista Vermelha da IUCN (Apêndice A).

Os anuários do Transporte Aéreo, os boletins informativos e as estatísticas disponíveis no site da ANAC também foram analisados e compilados de forma sistemática.

O software Zotero® foi utilizado para o armazenamento e gestão dos artigos e anuários analisados. Após a triagem inicial, os artigos foram categorizados por local de estudo, ano de publicação e temática, como panorama geral sobre o problema, tipo de dados, identificação de espécies e outros. Posteriormente, os artigos foram criticamente lidos e analisados.

4
4.1

RESULTADOS

RESULTADOS LITERATURA E DADOS DISPONÍVEIS

O CENIPA disponibiliza anuários de risco de fauna, que trazem informações gerais sobre acidentes envolvendo aviões e fauna no território brasileiro. Estes anuários focam, principalmente, em estatísticas sobre as ocorrências, agrupando-as por regiões, meses, fases do voo, entre outros. Os anuários do CENIPA também trazem um breve relato das espécies que foram identificadas nos acidentes durante o ano. A ANAC fornece os Anuários do Transporte Aéreo, que apresentam dados sobre a evolução do setor aéreo no Brasil. Nestes anuários, é possível encontrar informações sobre a estrutura das empresas, demandas e ofertas, tarifas e desempenho econômico-financeiro das companhias. Estes dados também estão disponíveis, de forma mais resumida e ilustrativa, nos Painéis de Indicadores do

Transporte Aéreo. A ANAC também disponibiliza diversas informações sobre diferentes assuntos pertinentes, como a lista de aeródromos públicos e privados do país, dados e estatísticas sobre mercado aeronáutico, passageiros, aeronaves, entre outros.

Em relação às pesquisas bibliográficas, poucos artigos foram encontrados com dados relacionados ao Brasil. Por isto, fez-se necessário ampliar a busca e utilizar dados de artigos relacionados a outros países. Ao total, foram analisados 67 artigos estritamente relacionados à colisão entre aeronaves e fauna. Destes, 27 são estudos analisando as ocorrências no Brasil e os demais eram relacionados à outros países, como China, Estados Unidos, África do Sul, entre outros. Ao analisar esses estudos, é possível perceber um aumento na quantidade de artigos sobre essa temática a partir de 2017. Também nota-se que um dos países que mais publica sobre o tema é o Estados Unidos e que pouco conteúdo é encontrado sobre outros países da América Latina (Apêndice A). Em geral, a maioria dos artigos trazem informações gerais sobre os acidentes, sendo poucos os que contêm informações sobre identificação das espécies. Quando apresentam tais informações, a maioria dos artigos não as relacionam com questões de conservação, focando apenas nos riscos e prejuízos que essas ocorrências geram para a aviação.

4.2

COLISÕES AERONAVE-FAUNA E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES

De acordo com a ICAO (2023), ocorreram um total de 273.343 reportes de colisões ao redor do planeta entre os anos de 2016 e 2021. Considerando apenas o Brasil, foram reportadas 11.148 e 12.628 em 2021 e 2022, respectivamente (CENIPA 2022, 2023) (Tabela 1).

Tabela 1 – Quantidade de reportes ocorridos no Brasil nos anos de 2021 e 2022

Tipo de Ocorrência	2022	2021
Colisão - Aves	3.263	2.731
Colisão - Outros animais	221	151
Quase colisão	816	980
Avistamentos	8.328	7.286
TOTAL	12.628	11.148

Fonte: Desenvolvida pela autora com base nos anuários de Risco de Fauna 2022 e 2021 (2024)

Um total de 79 taxa estiveram envolvidas em colisões com aeronaves e foram identificadas, das quais 91% (n = 72) correspondem a aves. Entre os taxa identificados, destacam-se *Vanellus chilensis* (quero-quero/Tetéu), *Caracara Plancus* (carcará/carancho), Cathartidae (urubu), *Athene cunicularia* (coruja-buraqueira) e *Coragyps atratus* (urubu-de-cabeça-preta), que juntos representam aproximadamente 34% das colisões registradas (Apêndice B).

Ao analisar o *status* de ameaça das espécies, foi detectado que a maioria das espécies citadas são consideradas como Pouco Preocupante (LC). Entretanto, dois casos merecem atenção: o papagaio-galego (*Alipiopsitta xanthops*), espécie exclusiva do Cerrado no centro-oeste brasileiro e que encontra-se quase ameaçada de extinção (NT); e os albatrozes (identificados pelo nome comum), que todas as seis espécies migratórias que sobrevoam o país estão classificadas como Vulnerável (VU), Em Perigo (EN) ou Criticamente em Perigo (CR) (Apêndice A). É importante ressaltar também que os taxa identificados de maneira ampla e genérica podem representar espécies ameaçadas de extinção. Por exemplo, em 40,30% das colisões registradas no Brasil não houve a identificação taxonômica da espécie envolvida. Além disso, ao analisar o anuário de 2022, é possível perceber a falta de identificação adequada de muitos exemplares, que foram identificados a nível de Família, em grupos maiores ou a partir do nome comum. Alguns exemplos são: 83 urubus da família Cathartidae; 29 corujas, sendo uma delas considerada espécie-problema para a aviação (coruja-buraqueira) - no Brasil existem 22 espécies de corujas, destas uma encontra-se no *status* de vulnerável (VU) e outra quase ameaça de extinção (NT); entre outros grupos como passeriformes pequenos (34); pombos/rolinhas (30); gavião (11); gaivota (9); albatroz (2); morcego (128); répteis 5 (20) e mamíferos (19). 5.1

DISCUSSÃO

HISTÓRICO E CARACTERÍSTICAS DAS COLISÕES

A utilização de voos para locomoção teve um grande aumento em todo o planeta devido à sua facilidade. A maioria das pessoas optam, atualmente, por este meio de transporte por ser mais rápido, principalmente para viagens de longas distâncias; conveniente; monetariamente acessível e um dos mais seguros meios de locomoção (IATA, 2024), gerando assim, um grande desenvolvimento na indústria

aeronáutica e a busca por voos em todo o país. Segundo a ANAC (2024b), em outubro de 2024, houve um aumento de 11,8% e 11,3% na demanda por voos internacionais e domésticos, respectivamente, quando comparados ao mesmo período do ano anterior, totalizando 10,4 milhões de passageiros transportados, o que representa o melhor número para o mês em 24 anos. Em 2023, foram realizados aproximadamente 912 mil voos, representando um aumento de 10,5% em relação à 2022 e atingindo 97% dos valores de 2019 (ANAC, 2024a). Também é possível perceber que tanto a demanda quanto a oferta de voos tiveram um aumento significativo, com números próximos aos observados em 2019 (ANAC, 2024a). Estes dados comprovam que o setor fechou o ano em trajetória de crescimento, com um aumento total de 10,5% nas decolagens e 15,3% no número de passageiros transportados em relação a 2022 (ANAC, 2024c).

Uma consideração importante a se fazer é que, ao analisar as tendências das colisões, do uso do transporte aéreo e de outras informações importantes ao longo dos últimos anos, algumas informações nessas tendências podem parecer confusas ou inadequadas. Entretanto, é preciso considerar que a pandemia, ocorrida entre os anos de 2020 e 2021, afetou divers, principalmente durante o primeiro ano. Com o *lockdown* muitas pessoas ficaram mais tempo em suas casas, ocasionando a diminuição na procura e utilização de voos, tanto domésticos como internacionais, e conseqüentemente, a menor quantidade de acidentes e de reporte das colisões e outros dados que seguiam uma tendência de aumento, como é retratado nas estatísticas dos anuários de risco de fauna, no anuário do transporte aéreo e em alguns estudos. (ALTRINGER et al., 2023; ANAC, 2024a; SUN *et al.*, 2024). Por isso, em alguns casos, as comparações são realizadas entre períodos pré e pós-pandêmicos, ou seja, antes de 2020 e após 2021, em que a normalidade das ações e rotinas humanas estavam mais estabilizadas.

Todos esses fatores de progressão do mercado aéreo contribuíram para o aumento de casos de acidentes envolvendo fauna e aviões (CENIPA, 2021). Além disso, fatores como aumento da população de aves de grande porte, adaptação das espécies à ambientes urbanos e aeronaves novas com motores mais silenciosos também podem ter contribuído para o aumento no número de acidentes (DOLBEER; BEGIER; WELLER, 2018).

De acordo com a *World Bird Strike Association* (WBA), apenas 30% das colisões ao redor do planeta são registradas de forma adequada (CENIPA, 2021).

Isto pode ocorrer devido às dificuldades de identificação das espécies e ao momento do voo em que a colisão ocorreu. No Brasil, de acordo com o CENIPA (2021, 2023), os reportes são realizados pelos *stakeholders* via Ficha CENIPA 15 (FC15) – um formulário apropriado para a coleta de informações sobre as ocorrências - que deve ser preenchido dentro de até 72h após o incidente e que orienta a posterior tomada de decisões. O preenchimento do formulário pode ser afetado de acordo com o tempo em que foi registrado, ou seja, quanto maior o tempo para registro, maiores as chances de imprecisões e equívocos no relato.

Apesar disso, o problema com o reporte dos acidentes envolvendo animais é uma questão que vem sendo resolvida ao longo dos anos. Mundialmente foram contabilizados 273.343 reportes entre os anos de 2016 a 2021, um aumento significativo quando comparado aos períodos de 2008-2015 (97.751) e 2001 a 2007 (42.508), mesmo que o período mais recente seja menor devido às interferências da pandemia (ICAO, 2023). No Brasil, houve o aumento no reporte de todos os tipos de ocorrências nos anos de 2021 e 2022, como foi detalhado na tabela 1. Com as diversas ações, como treinamentos e mudança cultural no ambiente aéreo, cada vez mais os *stakeholders* vêm reportando as ocorrências, demonstrando maior atenção e preocupação na geração correta de informações para o banco de dados nacional, importante ferramenta para o aperfeiçoamento das estratégias de controle e de mitigação de fauna (CENIPA, 2021).

Ao analisar os dados do Anuário de Risco de Fauna de 2021 e 2022, é possível perceber que ocorrem variações no número de colisões dependendo do período do dia e do ano, o que pode ser considerado o esperado. Entretanto, há uma enorme tendência no aumento de acidentes envolvendo fauna entre os meses de março e junho. Isto pode ocorrer por diversos motivos, mas o mais provável é que seja pela migração das aves ou devido às alterações no clima geradas pelas mudanças de estação do ano. Um exemplo desta premissa é um estudo realizado na China que utilizou, juntamente com a técnica de *DNA Barcode*, pesquisas de campo sobre as comunidades de aves em diferentes habitats próximos a aeroportos e observaram que, das 82 espécies identificadas nas colisões, 42 não estavam presentes na região. Isso pode demonstrar que as espécies que colidiram eram espécies migratórias naquela área (CHEN *et al.*, 2023). Outro exemplo desse tipo de ocorrência foi um estudo realizado na Eslováquia em que alguns indivíduos de Águia-Pomarina (*Clanga Pomarina*) possuíam rastreadores via satélite acoplados

em si. Certo momento, os pesquisadores perceberam que a transmissão de dados de uma fêmea, que vinha sendo acompanhada por mais de dois anos e que seguia caminho para se reproduzir, parou repentinamente e ela nunca chegou ao seu destino. Então, ao analisarem os dados obtidos pelo GPS juntamente com dados posteriores acerca de uma colisão ocorrida próxima a última localização da ave, obtida pelo GPS, perceberam que a fêmea que migrava colidiu com uma aeronave e morreu antes de chegar ao seu destino (MEYBURG et al., 2019). Ambos estudos corroboram que analisar os eventos por tempo, localização e espécies envolvidas também é importante para compreender questões de migração e de preferência climática, condições decisivas para o entendimento de determinadas espécies e assim criar planos de mitigação mais coerentes. Esses tópicos sobre migração e habitat das espécies são infimamente citados no anuário que traz informações compiladas dos anos de 2011 a 2020. Nos demais anuários estudados, não foram encontradas informações ou pressupostos sobre migração das aves, ecologia, preferências ou habitats. Detalhes adicionais sobre os períodos em que os acidentes ocorrem também não são descritos, nem que brevemente. Isto pode demonstrar falta de comprometimento ou de conhecimento acerca destes assuntos e suas relações com o gerenciamento de planos de mitigação e manejo.

5.2

AÇÕES PARA REDUÇÃO DE COLISÕES ENTRE AERONAVES E FAUNA

É possível identificar diversas ações que já são aplicadas nos aeródromos e seus arredores para remoção das populações de fauna a fim de evitar acidentes. Medidas como remover ou limitar os recursos indispensáveis como comida, água, abrigo e tipo de vegetação e medidas para afugentá-los, como cercas e, recentemente, o teste com aves robôs, tornando o ambiente menos atrativo, podem ajudar a amenizar a situação (BOVO *et al.*, 2024; CARVALHO; FASSIO; PARANAÍBA, 2019; CHEN *et al.*, 2023; DALTON *et al.*, 2019; FOLKERTSMA *et al.*, 2017). Entretanto, para uma eficácia maior no manejo de fauna e do ambiente e na diminuição de acidentes, é necessário compreender os hábitos, ecologia e preferências das espécies envolvidas. E para tanto, é necessário que o primeiro passo seja a identificação correta das espécies-problemas, pois não há como gerenciar adequadamente problemas que não são bem definidos nem mensurados.

IDENTIFICAÇÃO E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES

5.3 Em geral, é possível perceber que a ausência de uma identificação correta é uma situação persistente em escala global, sendo emergente a necessidade de identificação mais precisa. De acordo com ICAO (2023), entre os anos de 2016 a 2021, cerca de 43% das espécies envolvidas em ocorrências foram classificadas como desconhecidas. No Brasil, um estudo realizado entre janeiro de 2011 e dezembro de 2022 identificou 25.128 colisões causadas por somente uma espécie de animal. Em 46% (11.650) dessas colisões não houve a identificação a nível de espécie (BOVO *et al.*, 2024). De acordo com o CENIPA (2023), de todas as colisões reportadas no ano de 2022, 1.404 (40,30%) espécies envolvidas não foram identificadas. Números alarmantes dado a importância e necessidade das identificações destes animais. Outro fato importante a se considerar é que, na listagem de espécies identificadas disponibilizadas pelo Anuário de Risco de Fauna 2022, alguns animais são classificados de forma genérica como “mamíferos” ou “répteis”, problema também encontrado em listas globais, o que pode interferir ainda mais na criação de planos de ação eficientes.

É sabido que a maioria dos acidentes ocorrem com espécies de pássaros, entretanto outros grupos também são preocupantes. Principalmente mamíferos, em que o risco de acidentes graves é maior pois, geralmente, as colisões ocorrem em momentos mais drásticos do trajeto e a massa corpórea desses animais também é maior, ambos fatores que aumentam as chances de gravidade nos acidentes (MARTOS; MADEIRA, 2013). Em determinados lugares, outros grupos de animais também podem apresentar maiores riscos por possuírem maior abundância: Por exemplo, no aeroporto Internacional de Nanjing Lukou, na China, morcegos são responsáveis por 20% dos acidentes (CHEN *et al.*, 2023), enquanto que no Brasil estes animais corresponderam a 3,67% no ano de 2022 (CENIPA, 2023). Estes dados ressaltam que as espécies envolvidas nos acidentes variam de acordo com as macro e microrregiões. Estas variações ocorrem pois, as características ambientais e urbanas das regiões aeroportuárias também mudam em escalas micro e macro, fazendo com que seja necessário estudos de fauna específicos para cada área (BOVO *et al.*, 2024; CARVALHO; FASSIO; PARANAÍBA, 2019; DALTON *et al.*, 2019), principalmente no Brasil que possui tamanhos continentais e uma das maiores biodiversidades de fauna do planeta, contabilizando 1.971 espécies de

pássaros, 856 de répteis e 778 de mamíferos. (ABREU *et al.*, 2023; GUEDES; ENTIAUSPE-NETO; COSTA, 2023; PACHECO *et al.*, 2021). Um estudo realizado por Novaes *et al* (2016) revelou que entre as 33 colisões ocorridas no Aeroporto Internacional de Manaus, foram encontradas espécies como jacarés (*Paleosuchus trigonatus* e *Caiman crocodilus*), cobras (*Boa constrictor* e *Eunectes murinus*), gambá (*Didelphis marsupialis*), preguiça (Ordem Pilosa) e tamanduá (*Tamandua tetradactyla*), animais que não são tão facilmente encontrados em outras regiões. Neste estudo, também foi relatado a divergência entre a quantidade de animais que colidem com aeronaves em diferentes aeroportos do país (Anexo A). Tais resultados, reforçam mais uma vez como o tamanho continental do Brasil e seus diferentes biomas, com suas características distintas, refletem nas espécies envolvidas nas ocorrências. Tal fato contribui também para a importância de se conhecer as espécies de acordo com a região em que se encontram e de se observar as características regionais das áreas em que os aeródromos estão localizados e seus entornos.

Geralmente a identificação das espécies envolvidas nas ocorrências acontece analisando-se a morfologia macro e microscópica dos animais ou as penas encontradas. Entretanto, levando em consideração o tipo de amostras comumente recebidas das colisões, o reconhecimento das espécies envolvidas seria dificilmente realizado de forma adequada sem o uso das técnicas moleculares de identificação. Outro ponto importante a se considerar é que, a identificação visual e morfológica é comumente realizada em avifauna, que são espécies mais facilmente reconhecidas pelos *stakeholders* por haver maior incidência, em outros grupos, principalmente répteis, dificilmente esse reconhecimento é feito.

5.4

DNA BARCODE COMO ALTERNATIVA NA IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES

A utilização da técnica de *DNA Barcode* contribui imensamente para a identificação correta e precisa das espécies, principalmente daquelas que não são vistas ou que deixam rastros que não podem ser analisados morfológicamente, como vísceras e sangue, comumente encontrados após colisões. A precisão da identificação ao utilizar esta técnica se dá, pois, a sequência genética obtida a partir das amostras é comparada à bancos de dados robustos e informatizados, como

Barcode of Life Data System (BOLD) e *National Centre for Biotechnology Information* (NCBI) *GenBank*, utilizando-se um valor de similaridade igual ou superior à 97% para caracterização de espécie. Sendo assim, é considerada uma técnica baseada na ciência e com experimentos que possuem alto rigor científico. Sua eficiência na identificação de espécies já foi comprovada em diversos estudos ao longo de muitos anos e a partir de amostras em diferentes estados (HEBERT *et al.*, 2003, 2004; POLLACK *et al.*, 2018). Recentemente, alguns artigos ao redor do planeta vêm sendo publicados a respeito da identificação de animais que colidiram com aeronaves, trazendo também resultados promissores. Nesses estudos, foram coletadas diferentes tipos de amostras, como penas, pedaços de tecido, sangue, vísceras e pele encontrados nas aeronaves pós colisão ou na pista, próximo aos acidentes (CARVALHO; FASSIO; PARANAÍBA, 2019; CHEN *et al.*, 2023; DALTON *et al.*, 2019; WAUGH *et al.*, 2011; YOHANNA *et al.*, 2023).

Além de identificar espécies de aves, esta técnica também serve para a identificação de outros animais, como mamíferos, répteis, peixes e insetos (KELLY *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2017; RUEDA-ISAZA *et al.*, 2024; WATANABE *et al.*, 2024), o que pode ser um dos fatores decisivos para diminuir tamanha imprecisão de dados que ainda existe acerca dos animais envolvidos em colisões. Tais fatos demonstram mais uma vez que a técnica é promissora nos estudos de risco de fauna e posteriormente para a criação de planos de manejo para diferentes espécies, auxiliando assim na preservação e conservação da vida nativa.

Após a identificação dos indivíduos, também é crucial analisar informações básicas sobre as espécies encontradas nas colisões. Por exemplo, é essencial entender se a espécie está em vulnerabilidade de extinção ou não. Não que as medidas de mitigação e manejo de fauna não sejam necessárias para aquelas que não estão em risco no momento. Mas é que, para aquelas que estão, são necessários maiores investimentos, estudos mais aprofundados e implementações mais rápidas e eficientes de planos de manejo e mitigação. Infelizmente, essa informação tão importante sobre o risco de extinção das espécies identificadas não está presente e nem é citada em nenhum momento nos Anuários de Risco de Fauna produzidos no CENIPA e estudados neste trabalho. Isso pode demonstrar falta de comprometimento ou de conhecimento sobre o tema, revelando a possível falta de pessoas com formação técnica na área para a produção desses anuários e dos planos de mitigação e manejo.

Além da baixa identificação das espécies e seus *status* de conservação, também não é citado se existem estudos mais aprofundados sobre o comportamento dessas espécies, seus habitats e preferências, outro ponto falho ao tentar se gerir planos de manejo, mitigação e de conservação relacionados às espécies.

Quanto mais precisos e abundantes os dados e conhecimentos sobre as espécies e grupos que podem gerar riscos para a aviação, melhor será o entendimento do problema e conseqüentemente a implementação de ações mitigatórias. Contudo, em geral, a maioria dos trabalhos encontrados no período de 2016 a 2024 em relação ao tema, referem-se mais a estatísticas e dados sobre as colisões. São poucos os que falam sobre identificação e menos ainda sobre o *status* da conservação das espécies envolvidas. Isto mostra uma necessidade de se aderir uma visão mais ecológica e conservacionista nesses estudos. Também é necessário a implementação de uma equipe especializada com profissionais de diferentes áreas para monitorar e identificar as espécies, analisar as circunstâncias das ocorrências, compreender mais profundamente quais são as principais espécies envolvidas e pessoas qualificadas para descrever e planejar o gerenciamento de risco de fauna, ações de mitigação de ocorrências e de conservação de espécies e que realmente funcionem para cada região. Com essas ações, será possível realmente identificar e compreender o comportamento das espécies envolvidas e criar planos de ação que realmente funcionem. E, assim, diminuir os acidentes envolvendo aviões e fauna, contribuindo tanto para a preservação das espécies, como para a diminuição dos prejuízos e gastos que esses acidentes causam.

CONCLUSÃO

Os estudos sobre a temática de colisões entre aeronaves e fauna vem crescendo nos últimos anos, mas no país ainda é um assunto que precisa ser mais discutido e melhor estudado. Faltam informações técnicas e conhecimento específico sobre cada aeródromo e as espécies-problemas relacionadas à cada localidade.

Os anuários de Risco de Fauna produzidos pelo CENIPA fornecem um panorama geral sobre as colisões ocorridas no país, entretanto, não suprem totalmente a necessidade sobre as informações importantes e relevantes que

precisam ser utilizadas para a criação de planos de mitigação e manejo de animais adequados. É necessário que estes anuários sejam utilizados em conjunto com estudos mais aprofundados sobre as espécies de cada região.

Também é de extrema importância a identificação precisa das espécies envolvidas em cada ocorrência e em cada local para uma avaliação eficiente do risco de fauna e, posteriormente, a criação e estabelecimento de projetos e planos de ação de mitigação condizentes para cada aeródromo.

Utilizar a técnica de *DNA Barcode* para identificação das espécies é um recurso viável que pode auxiliar na solução do problema de identificação facilmente. Este fato se dá pois, já é comprovado que esta técnica é extremamente eficiente na identificação de espécies, sendo altamente confiável e podendo ser realizada de forma barata, rápida, eficaz e com diferentes tipos de amostras. Em casos como o de colisões entre aeronaves e fauna em geral, em que muitas vezes não é possível realizar a identificação por atributos morfológicos, esta técnica se mostra efetiva e facilmente aplicável.

A combinação das técnicas de identificação por morfologia, quando esta é possível, juntamente com a coleta de amostras para identificação por meio do DNA, também é algo promissor e que pode ajudar a conhecer melhor as espécies envolvidas nas ocorrências.

Para criação e gerenciamento de risco de fauna mais apropriados, além da identificação específica dos animais, também se faz necessário a criação de equipe técnica especializada atuando nos aeródromos. Equipe esta que deve contar com profissionais de diferentes áreas, como biólogos, geógrafos, *stakeholders*, entre outros, que consigam coletar adequadamente as amostras, identificar de forma precisa, entender a ecologia, conservação, hábitos, preferências e comportamento das espécies envolvidas. Então, será possível executar a criação de boletins de risco de fauna adequados, que irão basear a tomada de decisões nos processos de mitigação de ocorrências e de manejo de fauna.

Também é possível perceber que existem alguns problemas estruturais e organizacionais nos aeroportos quando se trata de ocorrências com fauna, principalmente em relação ao recolhimento do material e coleta de informações. Se algumas medidas básicas como padronizar a identificação dependendo do tipo de amostra encontrada, criar protocolos de como realizar a coleta correta e para onde encaminhar essas amostras e fazer parcerias com instituições aptas à trabalharem e

identificarem esses animais fossem tomadas, se tornaria mais fácil e rápida a identificação das espécies e assim, haveriam melhores formas de se solucionar a problemática.

REFERÊNCIAS

ABREU, E. F.; CASALI, D.; COSTA-ARAÚJO, R.; GARBINO, G. S. T.; LIBARDI, G. S.; LORETTO, D.; LOSS, A. C.; MARMONTEL, M.; MORAS, L. M.; NASCIMENTO, M. C.; OLIVEIRA, M. L.; PAVAN, S. E.; TIRELLI, F. P. **Lista de Mamíferos do Brasil**. [S. l.]: Zenodo, 23 dez. 2023. DOI 10.5281/zenodo.10428436. Disponível em: <https://zenodo.org/records/10428436>. Acesso em: 29 nov. 2024.

ALTRINGER, L.; MCKEE, S. C.; KOUGHER, J. D.; BEGIER, M. J.; SHWIFF, S. A. The impact of the COVID-19 pandemic on wildlife–aircraft collisions at US airports. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 11602, 18 jul. 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38451-9>.

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. **Anuário do Transporte Aéreo 2023**. Brasília, 13 de Jun de 2024a.

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. **Com 10,4 milhões de passageiros transportados, aviação brasileira tem melhor outubro da história**. 20 Nov 2024b. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2024/com-10-4-milhoes-de-passageiros-transportados-aviacao-brasileira-tem-melhor-outubro-da-historia>>. Acesso em: 25 nov 2024.

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. **Mercado de transporte aéreo fecha 2023 em trajetória de crescimento**. 25 Abr 2024c. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2024/mercado-de-transporte-aereo-fecha-2023-em-trajetoria-de-crescimento>>. Acesso em: 25 nov 2024.

ANKOLA, K.; MAHADEVEGOWDA, L.; MELICHAR, T.; BOREGOWDA, M. H. Chapter 18 - DNA barcoding: nucleotide signature for identification and authentication of livestock. *In*: MONDAL, S.; SINGH, R. L. (orgs.). **Advances in Animal Genomics**. [S. l.]: Academic Press, 2021. p. 299–308. DOI 10.1016/B978-0-12-820595-2.00018-7. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128205952000187>.

BOVO, A. A. A.; ABRA, F. D.; MEDOLAGO, C. A. B.; MUNHOES, L. P.; PRIST, P. R. Traffic in the sky: ranking the hazard bird species to aircraft-collision in Brazil. **Ornithology Research**, v. 32, n. 1, p. 11–22, 1 mar. 2024. <https://doi.org/10.1007/s43388-023-00165-x>.

BULL, J. W.; MARON, M. How humans drive speciation as well as extinction. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 283, n. 1833, p. 20160600, 29 jun. 2016. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0600>.

CARVALHO, C. B. V. de; FASSIO, L. H.; PARANAÍBA, R. T. F. de. INVESTIGAÇÃO DE COLISÕES ENTRE AVES E AERONAVES NO BRASIL COM O USO DO DNA BARCODING. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 21, n. 2, p. 71–79, 2019. <https://doi.org/10.7867/1983-1501.2019v21n2p71-79>.

CEBALLOS, G.; EHRLICH, P. R.; BARNOSKY, A. D.; GARCÍA, A.; PRINGLE, R. M.; PALMER, T. M. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. **Science Advances**, v. 1, n. 5, p. e1400253, 19 jun. 2015. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1400253>.

CENIPA, Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). **Anuário de Risco de Fauna 2022**. Brasília, 2023.

CENIPA, Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Anuário de Risco de Fauna 2021**. Brasília, 2022.

CENIPA, Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Anuário de Risco de Fauna 2011-2020**. Brasília, 2021.

CHAC, L. D.; THINH, B. B. Species Identification through DNA Barcoding and Its Applications: A Review. **Biology Bulletin**, v. 50, n. 6, p. 1143–1156, 1 dez. 2023. <https://doi.org/10.1134/S106235902360229X>.

CHEN, W.; MIAO, K.; LIU, Y.; ZHANG, J.; ZHAO, Y.; HU, D.; WANG, P.; LI, P.; CHANG, Q.; HU, C. Using DNA barcoding and field surveys to guide wildlife

management at Nanjing Lukou International Airport, China. **Ecology and Evolution**, v. 13, n. 4, p. e10005, 2023. <https://doi.org/10.1002/ece3.10005>.

DALTON, D. L.; DE BRUYN, M.; MWALE, M.; LABUSCHAGNE, K.; HOFMANN, M.; FRONEMAN, A.; SMIT-ROBINSON, H. A.; KOTZE, A. First record of white stork in a birdstrike in South Africa above 3,300 m AGL. **Human-Wildlife Interactions**, v. 13, n. 1, p. 150–157, 2019. .

DESALLE, R.; GOLDSTEIN, P. Review and Interpretation of Trends in DNA Barcoding. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 7, 2019. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2019.00302>. Acesso em: 25 set. 2022.

DOLBEER, R. A.; BEGIER, M. J.; WELLER, J. R. The National Wildlife Strike Database: A Scientific Foundation to Enhance Aviation Safety. **Proceedings of the Vertebrate Pest Conference**, v. 28, n. 28, 2018. DOI 10.5070/V42811027. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/9bd8v884>. Acesso em: 5 nov. 2024.

FERNANDES, T. J. R.; AMARAL, J. S.; MAFRA, I. DNA barcode markers applied to seafood authentication: an updated review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 22, p. 3904–3935, 2021. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1811200>.

FOLKERTSMA, G. A.; STRAATMAN, W.; NIJENHUIS, N.; VENNER, C. H.; STRAMIGIOLI, S. Robird: A Robotic Bird of Prey. **IEEE Robotics & Automation Magazine**, v. 24, n. 3, p. 22–29, set. 2017. <https://doi.org/10.1109/MRA.2016.2636368>.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas e outros tipos de síntese: comentários à série metodológica publicada na Epidemiologia e Serviços de Saúde. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 31, p. e2022422, 19 dez. 2022. <https://doi.org/10.1590/S2237-96222022000300023>.

GONÇALVES, P. F. M.; OLIVEIRA-MARQUES, A. R.; MATSUMOTO, T. E.; MIYAKI, C. Y. DNA Barcoding Identifies Illegal Parrot Trade. **Journal of Heredity**, v. 106, n. S1, p. 560–564, 1 jan. 2015. <https://doi.org/10.1093/jhered/esv035>.

GUEDES, T. B.; ENTIAUSPE-NETO, O. M.; COSTA, H. C. Lista de répteis do Brasil: atualização de 2022. 12 jun. 2023. DOI 10.5281/zenodo.7829013. Disponível em: <https://zenodo.org/records/7829013>. Acesso em: 29 nov. 2024.

HEBERT, P. D. N.; CYWINSKA, A.; BALL, S. L.; DEWAARD, J. R. Biological identifications through DNA barcodes. **Proceedings. Biological Sciences**, v. 270, n. 1512, p. 313–321, 7 fev. 2003. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2218>.

HEBERT, P. D. N.; STOECKLE, M. Y.; ZEMLAK, T. S.; FRANCIS, C. M. Identification of Birds through DNA Barcodes. **PLOS Biology**, v. 2, n. 10, p. e312, 28 set. 2004. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0020312>.

HUDSON, L. N.; NEWBOLD, T.; CONTU, S.; HILL, S. L. L.; LYSENKO, I.; DE PALMA, A.; PHILLIPS, H. R. P.; SENIOR, R. A.; BENNETT, D. J.; BOOTH, H.; CHOIMES, A.; CORREIA, D. L. P.; DAY, J.; ECHEVERRÍA-LONDOÑO, S.; GARON, M.; HARRISON, M. L. K.; INGRAM, D. J.; JUNG, M.; KEMP, V.; ... PURVIS, A. The PREDICTS database: a global database of how local terrestrial biodiversity responds to human impacts. **Ecology and Evolution**, v. 4, n. 24, p. 4701–4735, 2014. <https://doi.org/10.1002/ece3.1303>.

IATA, International Air Transport Association. **2024 IATA Global Passenger Survey Highlights**. 2024

ICAO, International Civil Aviation Organization. **ELECTRONIC BULLETIN. 2016-2021 WILDLIFE STRIKE ANALYSES (IBIS)**. 27 Jun 2023

ICAO, International Civil Aviation Organization. **Doc 9137 - Airport Services Manual - Part 3 — Wildlife Hazard Management**, Fifth Edition. 2020

IUCN, International Union for Conservation of Nature. **Background & History**. 2024b. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/about/background-history>>. Acesso em: 05 Nov 2024.

IUCN, International Union for Conservation of Nature. **Frequently Asked Questions**. 2024a. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/about/faqs>>. Acesso em: 05 Nov 2024.

KELLY, T. C.; SLEEMAN, D. P.; COUGHLAN, N. E.; DILLANE, E.; O'CALLAGHAN, M. J. A. Bat collisions with civil aircraft in the Republic of Ireland over a decade suggest negligible impact on aviation safety. **European Journal of Wildlife Research**, v. 63, n. 1, p. 23, 14 jan. 2017. <https://doi.org/10.1007/s10344-017-1081-x>.

LI, J.; CUI, Y.; JIANG, J.; YU, J.; NIU, L.; DENG, J.; SHEN, F.; ZHANG, L.; YUE, B.; LI, J. Applying DNA barcoding to conservation practice: a case study of endangered birds and large mammals in China. **Biodiversity and Conservation**, v. 26, n. 3, p. 653–668, 1 mar. 2017. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1263-y>.

MARQUES, Dimas. **Colisões entre aviões e animais somam mais de 2 mil por ano no Brasil**. 14 Nov 2022. Disponível em: <<https://brasil.mongabay.com/2022/11/colisoes-entre-avioes-e-animais-somam-mais-de-2-mil-por-ano-no-brasil/#:~:text=O%20%C3%BAltimo%20Anu%C3%A1rio%20de%20Risco,houve%20o%20efeito%20da%20pandemia>>. Acesso em: 01 Nov 2024.

MENDOZA, Á. M.; TORRES, M. F.; PAZ, A.; TRUJILLO-ARIAS, N.; LÓPEZ-ALVAREZ, D.; SIERRA, S.; FORERO, F.; GONZALEZ, M. A. Cryptic diversity revealed by DNA barcoding in Colombian illegally traded bird species. **Molecular Ecology Resources**, v. 16, n. 4, p. 862–873, 2016. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12515>.

MEYBURG, B.-U.; MIZERA, T.; MEYBURG, C.; MCGRADY, M. Collision between a migrating lesser spotted eagle (*Clanga Pomarina*) and an aircraft as detailed by fine-

scale GSM-GPS telemetry data. **Raptor Journal**, v. 12, n. 1, p. 55–62, 1 mar. 2019. <https://doi.org/10.2478/srj-2018-0001>.

NAZ, S.; CHATHA, A. M. M.; KHAN, R. U. Pragmatic applications of DNA barcoding markers in identification of fish species – A review. **Annals of Animal Science**, v. 23, n. 2, p. 363–389, 31 mar. 2023. <https://doi.org/10.2478/aoas-2022-0073>.

NOVACEK, M. J.; CLELAND, E. E. The current biodiversity extinction event: Scenarios for mitigation and recovery. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 98, n. 10, p. 5466–5470, 8 maio 2001. <https://doi.org/10.1073/pnas.091093698>.

NOVAES, W. G.; GROSSMANN, N. V.; PIMENTEL, D. S.; PRADA, M. Terrestrial mammal and reptile hazards in an airport in the Brazilian Amazon. **Human-Wildlife Interactions**, v. 10, n. 1, p. 122–127, 2016. .

ONYIA, C.; OBIH, C. E.; ILO, P. O.; OJIEGO, B. O.; IWU, V. C.; YOHANNA, S.; BAMIDELE, O. S.; AMASIORAH, V. I.; ROWAIYE, A. B.; KOLAWOLE, G. J. A New Approach to Protection and Conservation of Cites-Listed Species: DNA Barcoding of Parrots in Nigeria. **Journal of Biodiversity & Endangered Species**, v. 7, n. 2, p. 1–4, 2019. .

PACHECO, J. F.; SILVEIRA, L. F.; ALEIXO, A.; AGNE, C. E.; BENCKE, G. A.; BRAVO, G. A.; BRITO, G. R. R.; COHN-HAFT, M.; MAURÍCIO, G. N.; NAKA, L. N.; OLMOS, F.; POSSO, S. R.; LEES, A. C.; FIGUEIREDO, L. F. A.; CARRANO, E.; GUEDES, R. C.; CESARI, E.; FRANZ, I.; SCHUNCK, F.; DE Q. PIACENTINI, V. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee—second edition. **Ornithology Research**, v. 29, n. 2, p. 94–105, 1 jun. 2021. <https://doi.org/10.1007/s43388-021-00058-x>.

POLLACK, S. J.; KAWALEK, M. D.; WILLIAMS-HILL, D. M.; HELLBERG, R. S. Evaluation of DNA barcoding methodologies for the identification of fish species in cooked products. **Food Control**, v. 84, p. 297–304, 1 fev. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.08.013>.

REY, L.; LIECHTI, F. Overview of the aims and the extent of birdstrike prevention by lethal control on international airports. A literature review on behalf of the Federal Office of Civil Aviation (FOCA). **Swiss Ornithological Institute**. Sempach, 2015

RUEDA-ISAZA, X.; CARRILLO-RESTREPO, J. C.; SAAVEDRA-PORRAS, S.; MARTÍNEZ-CERÓN, J. M.; NIETO, J. F. D. DNA BARCODES AND DIVERSITY OF AMPHIBIANS AND REPTILES IN AGROECOSYSTEMS OF THE COLOMBIAN ANDES. **Revista Latinoamericana de Herpetología**, v. 7, n. 3, p. e919 (24-47), 12 jul. 2024. <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2024.3.919>.

SUN, X.; ZHENG, C.; WANDELT, S.; ZHANG, A. Airline competition: A comprehensive review of recent research. **Journal of the Air Transport Research Society**, v. 2, p. 100013, 1 jun. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jatrs.2024.100013>.

WATANABE, S.; MASAMURA, N.; SATOH, S.; HIRAO, T. Investigating the Efficiency of DNA Barcoding in Insect Classification: A Review Study. **Entomology and Applied Science Letters**, v. 11, n. 3, p. 15–23, 2024. <https://doi.org/10.51847/NRZ9IktE2r>.

WAUGH, J.; EVANS, M. W.; MILLAR, C. D.; LAMBERT, D. M. Birdstrikes and barcoding: can DNA methods help make the airways safer? **Molecular Ecology Resources**, v. 11, n. 1, p. 38–45, jan. 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02884.x>.

WILSON, J.-J.; SING, K.-W.; JATURAS, N. DNA Barcoding: Bioinformatics Workflows for Beginners. **Encyclopedia of Bioinformatics and Computational Biology**. [S. l.]: Elsevier, 2019. p. 985–995. DOI 10.1016/B978-0-12-809633-8.20468-8. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128096338204688>. Acesso em: 31 maio 2022.

YOHANNA, Y.; IRHAM, M.; GUNAWAN, I.; SARYONO, A.; TAWAKAL, Y.; PRAWIRADILAGA, D. M.; DHARMAYANTHI, A. B. DNA BARCODING REVEALS

THE IDENTITY OF BIRD REMAINS FROM THE BIRD STRIKE INCIDENT IN INDONESIA. **Zoo Indonesia**, v. 31, n. 2, 29 mar. 2023. DOI 10.52508/zi.v31i2.4471.

Disponível

em:

https://biologyjournal.brin.go.id/index.php/zoo_indonesia/article/view/4471. Acesso

em: 7 nov. 2024.

APÊNDICE A – ARTIGOS ENCONTRADOS

Título do Artigo	Ano	Local do Estudo
2018 Bird Strike Committee USA Meeting	2018	Brasil
A birdstrike risk assessment model and its application at Ordos Airport, China.	2020	China
A COMUNIDADE DE AVES DO AEROPORTO CARLOS DRUMMOND ANDRADE/MG E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA	2016	Brasil
A Gestão Ambiental no Setor Aeroportuário Brasileiro: Um Balanço Análise da Eficácia do Regulador e dos Regulados	2017	Brasil
Aircraft Collisions and Bird Strikes in Nepal Between 1946-2016: A Case Study	2017	Nepal
Ambiente aeroportuário e o risco de acidentes aviários por colisão com fauna em Joinville, SC, Brasil	2024	Brasil
An analysis of wildlife strikes to aircraft in Brazil: 2011-2018	2020	Brasil
Analysis and evaluation of the risks of bird strikes in the international Guarulhos airport surroundings	2019	Brasil
Aquatic biodiversity in a pond on the airport landside areas through environmental DNA metabarcoding: Implementation for Aviation Security Management	2022	Indonésia
Assessing the risks: An analysis of wildlife-strike data at the three busiest Brazilian airports (2011-2016)	2018	Brasil
Assessing vulture translocation as a management tool to mitigate airport bird strikes	2020	Brasil
Avifauna e aviação civil no Brasil : impactos e subsídios para medidas de mitigação e manejo	2023	Brasil
Bat collisions with civil aircraft in the Republic of Ireland over a decade suggest negligible impact on aviation safety	2017	Irlanda
Bird Strike Hazard Assessment for the Tampa International Airport, Florida, USA.	2023	Estados Unidos
Bird Strike in Aviation: Statistics, Analysis and Management	2019	Estados Unidos
Bird strikes at commercial airports explained by citizen science and weather radar data	2021	Estados Unidos
Case Study; Aircraft Accident and Bird Strikes in Nepal Between 1946-2016	2017	Namíbia
Collective Effect of Landfills and Landscape Composition on Bird–Aircraft Collisions	2020	Estados Unidos
Detecção automática de aves em imagens coletadas com aeronaves remotamente pilotadas para uso em gerenciamento de risco à vida selvagem em aeroportos	2023	Brasil
DNA BARCODING REVEALS THE IDENTITY OF BIRD REMAINS FROM THE BIRD STRIKE INCIDENT IN INDONESIA	2023	Indonésia
Estimating wildlife strike costs at US airports: A machine learning approach	2121	Estados Unidos
EVALUATING UNSTABLE APPROACHES SCENARIOS WITH THE SPECIFIC ENERGY METHOD: A BRAZILIAN AIRPORT STUDY	2023	Brasil
Evaluation of Different Grass Height Management Patterns for Bird Control in a Tropical Airport	2017	Brasil
Faced with the growth of collisions between birds and aircrafts, researchers propose mitigation and management measures	2024	Brasil
First record of Red Grouse <i>Lagopus lagopus scotica</i> killed by aircraft in Ireland and Britain	2016	Grã Bretanha
First record of white stork in a birdstrike in South Africa above 3,300 m AGL	2019	África do Sul
For the birds! How concerned should AAM be about bird strikes?	2024	Estados Unidos
Forensic Ornithology: Enlightening People	2022	Índia
How to Measure the Severity of Collisions between Birds and Aircrafts?	2022	Brasil
Integrating small mammal community variables into aircraft–wildlife collision management plans at Namibian airports	2024	Namíbia
INVESTIGAÇÃO DE COLISÕES ENTRE AVES E AERONAVES NO BRASIL COM O USO DO	2019	Brasil

DNA BARCODING		
Mitigating the Risk: An Analysis of Wildlife-Strike Data From São Paulo International Airport (SBGR) [2011-2017]	2018	Brasil
O uso do espaço aeroportuário pela espécie <i>Coragyps atratus</i> . Estudo de caso: Aeroporto Estadual Comandante Rolim Adolfo Amaro - SBJD	2018	Brasil
PERÍODO REPRODUTIVO DO QUERO-QUERO, <i>Vanellus chilensis</i> (CHARADRIIFORMES: CHARADRIIDAE), NO AEROPORTO INTERNACIONAL DO RECIFE/GUARARAPES GILBERTO FREIRE: UMA COMPARAÇÃO COM OUTROS LOCAIS DO BRASIL E AMERICA DO SUL	2022	Brasil
Quantification of avian hazards to military aircraft and implications for wildlife management	2018	Estados Unidos
Quantification of Bird Strike Risk in Aircraft Landing and Takeoff Operations at Major Airports in São Paulo, Brazil	2024	Brasil
Remote Sensing Applications for Abating Aircraft–Bird Strike Risks in Southeast Brazil	2020	Brasil
Research on Aircraft Collisions with Birds according to Identification Examinations in 2002–2019	2020	Rússia
Risk Assessment Model Based on Set Pair Analysis Applied to Airport Bird Strikes	2022	China
Robird: A Robotic Bird of Prey	2017	Nepal
Runway roadkill: a global review of mammal strikes with aircraft	2021	Global
Sex and Age Bias in Australian Magpies Struck by Aircraft	2023	Austrália
Spatiotemporal distribution and density of a falconid at an airport offer insights into management plans	2024	Brasil
Species With Greater Aerial Maneuverability Have Higher Frequency of Collisions With Aircraft: A Comparative Study	2018	Estados Unidos
Spillover delay effects of damaging wildlife strike events at U.S. airports	2022	Estados Unidos
Terrestrial mammal and reptile hazards in an airport in the Brazilian Amazon	2016	Brasil
The bird strike challenge.	2020	Global
The impact of the COVID-19 pandemic on wildlife–aircraft collisions at US airports	2023	Estados Unidos
The National Wildlife Strike Database: A Scientific Foundation to Enhance Aviation Safety	2018	Estados Unidos
Thermal circulation affects Black Vulture <i>Coragyps atratus</i> soaring behaviour in the vicinity of two airports in south-east Brazil.	2022	Brasil
Three novel bird strike likelihood modelling techniques: The case of Brisbane Airport, Australia	2022	Austrália
Traffic in the sky: ranking the hazard bird species to aircraft-collision in Brazil	2024	Brasil
Urban waste disposal explains the distribution of Black Vultures (<i>Coragyps atratus</i>) in an Amazonian metropolis: management implications for birdstrikes and urban planning	2018	Brasil
Use of a portable thermograph as a potential tool to identify nocturnal airport bird risks	2021	Brasil
Using DNA barcoding and field surveys to guide wildlife management at Nanjing Lukou International Airport, China	2023	China
Utility of DNA barcoding for identification of bird-strike samples from India	2016	Índia
Wildlife collisions to aircraft in India-a comparative analysis of hazardous species involved in different time periods	2020	Índia
Wildlife Damage Management Technical Series	2017	Estados Unidos
Wildlife Hazard Management: An Analysis of Wildlife Strikes Data From the Five Busiest Airports in Brazil: 2011-2018	2019	Brasil
Wildlife Strikes to Civil Aircraft in the United States, 1990–2019	2021	Estados Unidos

APENDICE B – DETALHAMENTO SOBRE AS ESPÉCIES ENVOLVIDAS EM COLISÕES COM AERONAVES NO BRASIL EM 2022

Espécie	Qtde	%	Nome Científico	Risco
QUERO-QUERO/TETÉU	662	19%	<i>Vanellus chilensis</i>	LC
CARCARÁ/CARANCHO	287	8,24%	<i>Caracara plancus</i>	LC
URUBU (FAMÍLIA CATHARTIDAE)	83	2,38%	-	-
CORUJA -BURAQUEIRA	81	2,32%	<i>Athene cunicularia</i>	LC
URUBU-DE-CABEÇA-PRETA	62	1,78%	<i>Coragyps atratus</i>	LC
POMBO-DOMÉSTICO	34	0,98%	<i>Columba livia</i>	LC
PASSERIFORMES PEQUENOS	34	0,98%	-	-
ANDORINHA-PEQUENA-DE-CASA	32	0,92%	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	LC
ANDORINHA-DO-RIO/RIBEIRINHA	31	0,89%	<i>Tachycineta albiventer</i>	LC
POMBOS / ROLINHAS	30	0,86%	-	-
ANDORINHA	29	0,83%	-	-
CORUJA	29	0,83%	-	-
POMBA-DE-BANDO/ARRIBAÇÃ/ARRIBAÇÃO	24	0,69%	<i>Zenaida auriculata</i>	LC
FALCÃO-QUIRIQUIRI	23	0,66%	<i>Falco sparverius</i>	LC
ANDORINHA-DO-CAMPO	23	0,66%	<i>Progne tapera</i>	LC
CORUCÃO/TABACO-BOM	22	0,63%	<i>Chordeiles nacunda</i>	LC
CORUJA-DA-IGREJA	17	0,49%	<i>Tyto furcata</i>	*
GARÇA-VAQUEIRA	147	0,49%	<i>Bubulcus ibis</i>	LC
POLÍCIA-INGLESA-DO-SUL/FURACÃO-DO-ARROZ	14	0,40%	<i>Leistes superciliaris</i>	LC
ANDORINHA-DE-BANDO	14	0,40%	<i>Hirundo rustica</i>	LC
CACHORRO DOMÉSTICO	13	0,37%	<i>Canis familiaris</i>	-
ANDORINHA-DOMÉSTICA-GRANDE	13	0,37%	<i>Progne chalybea</i>	LC
BEM-TE-VI	12	0,34%	<i>Pitangus sulphuratus</i>	LC
FRAGATA/TESOURÃO	12	0,34%	<i>Fregata magnificens</i>	LC
ANU-BRANCO	11	0,32%	<i>Guira guira</i>	LC
BACURAU/CURIANGO-COMUM	11	0,32%	<i>Nyctidromus albicollis</i>	LC
PARDAL	11	0,32%	<i>Passer domesticus</i> *	LC
PICA-PAU	11	0,32%	-	-
GAVIÃO	11	0,32%	-	-
MARRECA-ANANAI/PÉ-VERMELHO	10	0,29%	<i>Amazonetta brasiliensis</i>	LC
URUBU-DE-CABEÇA-AMARELA	10	0,29%	<i>Cathartes burrovianus</i>	LC
ROLINHA-CINZENTA	10	0,20%	<i>Columbina passerina</i>	LC
POMBÃO/ASA-BRANCA/LEGÍTIMA/CARIJÓ	10	0,29%	<i>Patagioenas picazuro</i>	LC
ANDORINHÃO-DO-BURITI	10	0,29%	<i>Tachornis squamata</i>	LC
URUBU-DE-CABEÇA-VERMELHA	10	0,29%	<i>Cathartes aura</i>	LC
GAIVOTA	9	0,26%	-	-
GARÇA-BRANCA-GRANDE	8	0,23%	<i>Ardea alba</i>	LC
FALCÃO-DE-COLEIRA/GAVIÃO-POMBO/CAURÉ	7	0,002	<i>Falco femoralis</i>	LC

GARÇA	7	0,002	-	-
URUBU-DA-MATA	6	0,0017	<i>Cathartes melambrotus</i>	LC
MARIA-FACEIRA	6	0,0017	<i>Syrigma sibilatrix</i>	LC
CURICACA-COMUM	6	0,0017	<i>Theristicus caudatus</i>	LC
GARÇA-BRANCA-PEQUENA	6	0,17%	<i>Egretta thula</i>	LC
GAVIÃO-CARIJÓ	5	0,14%	<i>Rupornis magnirostris</i>	LC
SERIEMA	5	0,14%	<i>Cariama cristata</i>	LC
FALCÃO-PEREGRINO	4	0,11%	<i>Falco peregrinus</i>	LC
CODORNA-AMARELA	4	0,11%	<i>Coturnix ypsilophora</i>	LC
BACURAU/CURIANGO	4	0,11%	<i>Nyctidromus albicollis</i>	LC
CODORNA	4	0,11%	-	-
BACURAU/CURIANGOS	4	0,11%	<i>Nyctidromus albicollis</i>	LC
ANDORINHÃO-DO-TEMPORAL	3	0,09%	<i>Chaetura meridionalis</i>	LC
BATUÍRA-DE-COLEIRA	3	0,09%	<i>Charadrius collaris</i>	LC
PERIQUITO-REI	3	0,09%	<i>Eupsittula aurea</i>	LC
MARRECA/ PATOS	3	0,09%	-	-
NARCEJA	3	0,09%	<i>Gallinago paraguaiiae</i>	LC
CARRAPATEIRO/CARACARAÍ	3	0,09%	<i>Milvago chimachima</i>	LC
ANDORINHA-DE-SOBRE-BRANCO	3	0,09%	<i>Tachycineta leucorroha</i>	LC
ANDORINHA-MORENA	3	0,09%	<i>Alopocheidon fucata</i>	LC
CORUJA-ORELHUDA	2	0,06%	<i>Asio clamator</i>	LC
ROLINHA-PICUÍ	2	0,06%	<i>Columbina picui</i>	LC
ALBATROZ	2	0,06%	-	-
FALCÃO	2	0,06%	-	-
BACURAU-TESOURA/CURIANGO-TESOURA	2	0,06%	<i>Hydropsalis torquata</i>	LC
SAVACU	2	0,06%	<i>Nycticorax nycticorax</i>	LC
ÁGUIA-PESCADORA/GAVIÃO-PESCADOR	2	0,06%	<i>Pandion haliaetus</i>	LC
POMBA-GALEGA/POÇAÇU	2	0,06%	<i>Patagioenas cayennensis</i>	LC
PERIQUITÃO-MARACANÃ	2	0,06%	<i>Psittacara leucophthalmus</i>	LC
PERDIZ/PERDIGÃO	2	0,06%	<i>Rhynchotus rufescens</i>	LC
MAÇARICOS	2	0,06%	-	-
TIGRISOMA LINEATUM	2	0,06%	<i>Tigrisoma lineatum</i>	LC
PRIMAVERA	2	0,06%	<i>Nengetus cinereus</i>	*
PAPAGAIO-GALEGO	2	0,06%	<i>Alipiopsitta xanthops</i>	NT
MAMÍFERO	19	0,55%	-	-
CACHORRO SELVAGEM	13	0,37%	-	-
CAPIVARA	6	0,0017	<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	LC
CACHORRO DOMÉSTICO OU SELVAGEM	4	0,11%	<i>Canis lupus familiaris</i>	-
MORCEGO	128	3,67%	-	-
LEBRE-COMUM OU LEBRE-EUROPEIA	19	0,55%	<i>Lepus europaeus</i>	LC
RÉPTEIS	20	0,57%	-	-
NÃO IDENTIFICADA	1404	40,30%	-	-

* : Não consta na lista da IUCN, mas no Wiki aves consta como LC				
Espécies nocivas à aviação brasileira, conforme o Parecer Técnico nº 04/2013/GRF/DCBIO/SBF/MMA.				

ANEXO A – Tabela dos diferentes grupos animais identificados em diferentes aeroportos

Airport	Bird + bat strikes	Terrestrial mammal strikes	Reptile strikes	Total
Manaus International Airport	67	15	18	100
Belém International Airport	112	5	5	122
Fortaleza International Airport	94	8	4	106
Recife International Airport	98	3	0	101
Maceió International Airport	37	1	0	38
Salvador International Airport	186	3	7	196
Brasília International Airport	252	8	6	266
Cuiabá International Airport	83	2	5	90
São Paulo International Airport	125	5	2	132
Porto Alegre International Airport	228	7	5	240