
Viabilidade do uso de uma aeronave remotamente pilotada (ARP) em vistorias de pista, com foco no gerenciamento do risco de fauna

Sérgio Branquinho Júnior¹, Fernando Lopes da Silva², Cesar Augusto Bronzatto Medolago^{3,4}

1 2º Tenente Aviador (Turma Anúbis da Academia da Força Aérea, 2022). *In memoriam*.

2 Major Aviador (Academia da Força Aérea), Especialista em Gestão de Segurança de Voo (Faculdade Unileya). Chefe da Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da Academia da Força Aérea.

3 Biólogo (Universidade do Sagrado Coração - USC), Mestre e Doutor em Ecologia (Universidade Federal de São Carlos). Elemento certificado – Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – Auxiliar de Investigação de Acidentes Aeronáuticos. Chefe da Subseção de Gerenciamento de Risco de Fauna da Academia da Força Aérea.

4 cesarmedolago@yahoo.com.br

RESUMO: A concepção do risco de fauna data dos primeiros voos da humanidade, quando o domínio dos céus deixou de ser apenas das aves. Embora a primeira colisão entre ave e aeronave tenha sido registrada no início do século XX, esta situação ainda configura perigo tanto para a aviação civil quanto para a aviação militar, podendo gerar prejuízos de missão, financeiros, materiais e de vidas, resultando em risco de morte. Atualmente, a mitigação do risco de fauna conta com a pouca flexibilidade e os altos custos das medidas de gerenciamento de risco de fauna previstos no Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 3-8 – Manual de Gerenciamento de Risco de Fauna. Neste contexto, questiona-se o emprego de Aeronaves Remotamente Pilotadas (do inglês *Remotely Piloted Aircraft, RPA*) tendo em vista sua versatilidade e os baixos custos do emprego de tal plataforma para o estudo e gerenciamento do risco de fauna em áreas de manobras civis e militares. Para tal, a viabilidade da plataforma foi analisada por meio de dez transectos realizados na Academia da Força Aérea (AFA) utilizando uma RPA e dez animais taxidermizados de diversas espécies, em que a percepção de cada uma pela RPA foi correlacionada com o seu tamanho e com o substrato em que se encontrava (grama ou pista). O emprego da RPA se mostrou eficaz tanto na detecção de espécies-problema em ambos os substratos analisados, sobretudo na pista de pouso, como para a detecção de espécies de grande porte, que apresentam potencial de causar acidentes de maior severidade.

Palavras Chave: 1. Risco de fauna. 2. Gerenciamento de risco de fauna. 3. Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). 4. O Aeronave Remotamente Pilotada (ARP).

Viability of using a remotely piloted aircraft in runway surveys, focusing on wildlife hazard management

ABSTRACT: The wildlife hazard concept was highlighted with first flights of humanity when the domain of skies became not exclusive to birds, with the first bird strike recorded at the beginning of the 20th century. Although such collisions still constitute a danger for both civil and military aviation, often generating mission, financial, material or even life losses. Currently, the mitigation of the wildlife hazard counts with the lack of flexibility and the high costs of the measures of wildlife hazard management provided for in MCA 3-8 – Fauna Risk Management Manual. In this context, the use of Remotely Piloted Aircrafts (RPA) is questioned in view of their versatility and the low costs for the study and management of wildlife hazard in areas of civil and military maneuvers. The viability of the proposed wildlife hazard mitigation method was analyzed through 10 transects carried out at the Air Force Academy using a RPA and 10 taxidermied animals of different species, whose perception by the RPA was correlated with the size of each of the species and the substrate in which they were observed (grass or airport runway). The use of RPA proved to be effective in the detection of problem species in both substrates, especially on the airstrip, and for large species that can lead to more serious accidents.

Key words: 1. Wildlife hazard. 2. Wildlife hazard management. 3. Remotely Piloted Aircraft (RPA). 4. Drone.

Citação: Júnior, SBJ, Silva, FLS, Medolago, CABM (2023). Viabilidade do uso de uma aeronave remotamente pilotada (ARP) em vistorias de pista, com foco no gerenciamento do risco de fauna. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 13, N° 2, pp. 70-86.

1 INTRODUÇÃO

Risco de fauna é definido como o risco decorrente da utilização do mesmo espaço, terrestre ou aéreo, por aeronaves e a fauna existente, segundo o MCA 3-8 Manual de Gerenciamento de Risco de Fauna (BRASIL, 2017). Tal risco foi evidenciado pela primeira vez em 7 de setembro de 1905 pelos irmãos Wright, antes mesmo da invenção do avião. Conforme descrito em seus diários, em um dos voos, Orville atingiu uma ave, após perseguir um bando sobre os campos de milho (BRASIL, 2017).

Segundo Smith (2016), a primeira fatalidade foi registrada em 3 de abril de 1912, quando Calbraith Perry Rodgers, o primeiro aviador a realizar um voo transcontinental, colidiu com uma gaivota em um voo de demonstração na Califórnia. No incidente, a ave ficou presa aos cabos dos comandos causando sua queda no oceano Pacífico.

Segundo o CENIPA (2021), em 2020, no Brasil, foram 10433 reportes (um reporte a cada 50 minutos aproximadamente), sendo 2145 colisões, isto é, uma colisão a cada quatro horas. Tal cenário na aviação civil gera atrasos de voos, cancelamentos e eventuais prejuízos financeiros e/ou de vidas de acordo com Alan (2000). Além disso, na aviação militar, tais transtornos podem, ainda, atrasar e/ou impedir missões de defesa aérea, busca e salvamento, evacuações aeromédicas, transporte de órgãos e outras missões cujo tempo de resposta é um fator crucial.

O MCA 3-8 (BRASIL, 2017) é o documento que estabelece os procedimentos necessários para o levantamento, monitoramento e confecção da Identificação do Perigo da Fauna (IPF) e Programa de Gerenciamento do Risco de Fauna (PGRF) dos aeródromos militares. Enquanto que a IPF visa a identificar as espécies-problema e os focos atrativos no aeródromo, a PGRF é um documento operacional que estabelece as rotinas e procedimentos para mitigar os riscos identificados na IPF.

Nesse contexto, são várias as medidas mitigadoras sugeridas no documento, incluindo as revisões de pista realizadas com automóveis, que visam, entre outras coisas, a identificar bandos ou indivíduos de espécies-problema na faixa de pista, antes de as operações serem iniciadas ou, até mesmo, durante o decorrer delas, de maneira a diminuir as probabilidades de colisões.

Novas medidas, ferramentas e técnicas que visem à mitigação dos riscos causados pelo conflito entre fauna e aeronaves, de maneira efetiva e de menor custo, devem ser testadas e somadas às medidas já estabelecidas. Neste sentido, uma das alternativas poderia ser o emprego de uma aeronave remotamente pilotada (*remotely piloted aircraft*, RPA), popularmente conhecidas como drones, nos levantamentos e monitoramento de espécies da fauna nos aeródromos como uma ferramenta complementar aos atuais meios descritos no MCA 3-8.

Entretanto, Shvetsova e Shvetsov (2021) ressaltam que, na maioria dos países, o uso de RPAs civis em aeroportos é legalmente proibido dadas as possíveis ameaças à segurança associadas ao voo de RPAs sobre essas instalações. Desse modo, diversos trabalhos na literatura visam a aprimorar tecnologias a fim de facilitar a detecção de drones (LYKOU et al.; MOUSTAKAS; GRITZALIS, 2020; SVANSTRÖM; ALONSO-FERNANDEZ; ENGLUND, 2021). Shvetsova e Shvetsov (2021) apresentam um sistema especial para o gerenciamento de rotas de RPAs a fim de aumentar a segurança de sua movimentação nos aeroportos. Atualmente, a operação de RPAs em aeródromos é ilegal, porém os autores sugerem a limitação da zona de voo a um corredor estritamente designado. Os autores indicam que a aplicação prática do sistema proposto permitirá, inclusive, explorar o imenso potencial oferecido pelo uso de RPAs nos aeroportos.

O emprego de RPA no gerenciamento de risco de fauna é relativamente incipiente, mesmo quando consideramos o cenário internacional. Paranjape et al. (2018) desenvolveram um algoritmo com a finalidade de detecção de bandos de aves e seu afugentamento utilizando RPAs autônomos que reconheceriam estes bandos e os conduziriam para fora da zona de segurança do aeródromo.

Já a sua aplicabilidade visando ao monitoramento da presença de fauna no aeródromo foi verificada por Mendonça e Wallace (2021) no aeroporto de Coe Field, na Flórida. Os autores testaram a efetividade de diferentes sensores e velocidades de uso do RPA na detecção de espécies de fauna no ambiente aeroportuário, principalmente gado e garças, concluindo a facilidade de identificar animais, principalmente em locais de difícil acesso.

Segundo os dados do Sistema de Gerenciamento de Risco Aviário do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA, 2021), na Academia da Força Aérea, foram realizados 572 reportes em 2020 e 620 em 2019. Em 2021, foram 329 reportes de eventos envolvendo fauna, sendo 20 deles, colisões e 83 quase colisões. Considerando as informações dos reportes, as fases do voo que ocorrem dentro da área operacional (pouso, decolagem, estacionamento, taxi, revisão de pista) somam 138 eventos reportados, evidenciando a importância da detecção e manejo das espécies dentro do sítio aeroportuário.

O presente estudo tem como objetivo avaliar a empregabilidade de uma aeronave remotamente pilotada (*remotely piloted aircraft*, RPA) como alternativa para realização de revisões de pista, no que se refere à detecção de espécies da fauna com potencial nocivo às operações na Academia da Força Aérea. Desta forma, foi verificada a capacidade de detecção de uma RPA em relação a espécies de diferentes tamanhos corporais e em diferentes substratos nos quais elas podem ser observadas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A Academia da Força Aérea (AFA) é uma Organização Militar (OM) localizada no município de Pirassununga, interior do estado de São Paulo. Conta com uma área construída de 215.246m², sendo 141.800m² de área administrativa e 73.246 m² de área residencial (Figura 1).

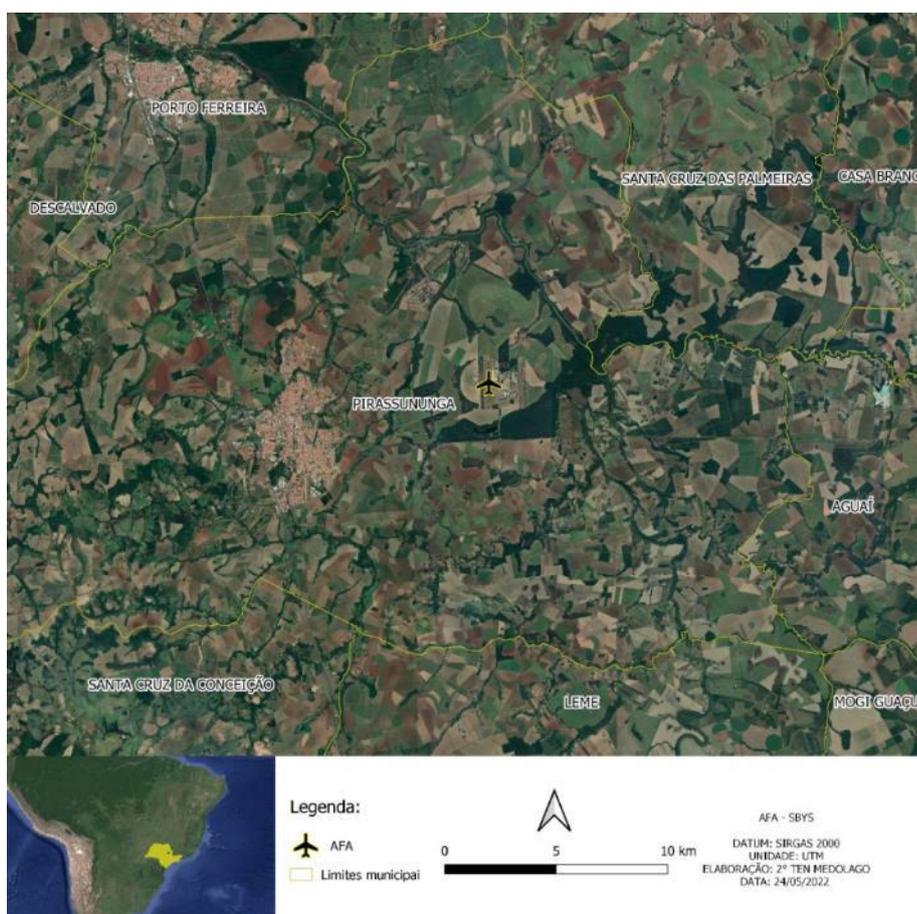


Figura 1 – Localização da AFA no município de Pirassununga-SP. (Fonte: elaboração própria).

Além das áreas administrativas, a Academia possui três pistas de pouso com aproximadamente 2.000m de comprimento cada, onde ocorre movimentação de aeronaves internas ou externas à AFA diariamente. Mais precisamente, o Setor Whiskey é composto por duas pistas de asfalto de 2.108m de comprimento por 45m de largura, sendo a área operacional composta também por hangares, hangaretes, pátios de movimentação, *taxiways* e áreas gramadas (Figura 2).

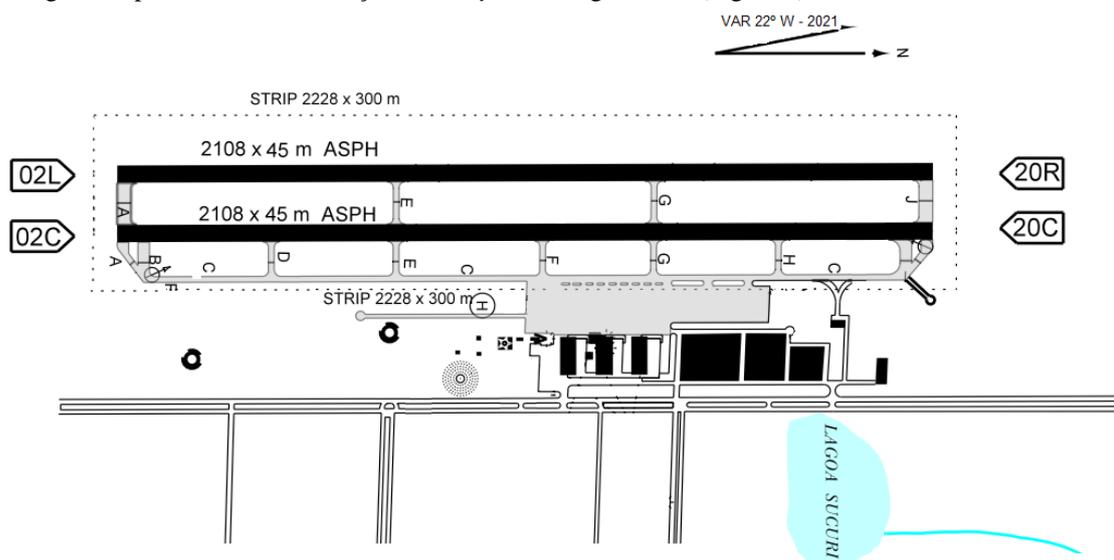


Figura 2 – Setor Whiskey da AFA. (Fonte: extrato da Carta Aerodrome Chart (ADC) de Pirassununga, Campo Fontenelle).

2.2 Equipamento

Para a realização do estudo, foi utilizado uma RPA DJI Mavic Air (Figura 3) de 430 gramas, dimensões de 168 x 83 x 49mm (comprimento x largura x altura), com alcances de 5.000m de teto máximo de serviço acima do mar e de 10km de distância máxima de voo sem vento, com autonomia de 21 minutos de tempo máximo de voo (a constantes 25 km/h) e resistência máxima a vento de 29 a 38 km/h.

A câmera utilizada foi a acoplada ao equipamento, com 12 MP, campo de visão de 85° e Sensibilidade ISO entre 100 e 1.600). Os registros foram feitos no formato MP4, com resolução de 1.920 x 1080px – 60fps. A imagem foi acompanhada em tempo real por meio de um celular Samsung J8 com tela tipo Super AMOLED de 6" e com uma resolução de 1480 x 720px.



Figura 3 – RPA sobrevoando a pista externa do Setor Whiskey da AFA, sendo controlada do solo, ao lado da pista (Fonte: acervo pessoal).

2.3 Medidas de coordenação

De acordo com o Art. 106 do Código Brasileiro de Aeronáutica, “considera-se aeronave todo aparelho manobrável em voo, que possa sustentar-se e circular no espaço aéreo, mediante reações aerodinâmicas, apto a transportar pessoas ou coisas” (BRASIL, 1986). Caracteriza-se a RPA utilizada na presente pesquisa como uma aeronave – estando sujeita, portanto, aos órgãos de controle do espaço aéreo, podendo se tornar um risco para outras aeronaves.

A torre de controle do Setor Whiskey da Academia foi notificada previamente das operações e informada via rádio sempre ao início e ao término das operações previstas nesta pesquisa, com escuta constante na frequência da torre para eventuais desconflitos de tráfego ou vetorações conduzidas pelo Controle.

2.4 Espécies-Alvo

Foram consideradas, para o estudo, as espécies-problema identificadas na IPF da AFA, estudo este realizado pela Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAA), por meio da Subseção de Gerenciamento de Risco de Fauna. Referido estudo visa a identificar as espécies-problema e os focos atrativos presentes no aeródromo da Academia e, por meio destes dados, traçar estratégias para mitigar riscos.

As espécies identificadas no estudo supracitado são *Coragyps atratus* (urubu), *Caracara plancus* (carcará), *Columba livia* (pombo-doméstico), *Canis lupus familiaris* (cachorro-doméstico), *Vanellus chilensis* (quero-quero), *Cariama cristata* (seriema) e *Heterospizias meridionalis* (gavião-caboclo) (BRASIL, 2022).

Além das espécies-problema identificadas para a AFA, foram consideradas, também, espécies de aves e mamíferos com ocorrência confirmada nesta Academia, como *Guira guira* (anu-branco), *Dendrocygna viduata* (marreca-irerê), *Cerdocyon thous* (cachorro-do-mato) e *Dasyus novemcinctus* (tatu-galinha) (BRASIL, 2022).

Cabe destacar que a escolha destas espécies para o presente estudo se deu no intuito de contemplar um gradiente de tamanho entre as espécies. De todos os táxons mencionados, apenas para *H. meridionalis* (gavião-caboclo) não foi possível a obtenção de um exemplar taxidermizado. É por esse motivo que foram utilizados, portanto, um total de dez animais taxidermizados.

As dimensões dos exemplares foram tomadas considerando a altura desde a parte mais baixa da plataforma, onde alguns animais estavam fixados, até o ponto mais alto do corpo. A largura foi tomada considerando a área de maior dimensão lateral do dorso do animal, enquanto o comprimento foi tomado da extremidade do bico ou do focinho até a ponta da cauda. As dimensões dos exemplares utilizados para os fins desta pesquisa constam na Tabela 1.

Nome científico	Nome popular	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Largura (cm)
<i>Canis lupus familiaris</i> (Linnaeus, 1758)	cachorro-doméstico	49	120	27,5
<i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)	carcará	39,5	59	12
<i>Cariama cristata</i> (Linnaeus, 1766)	seriema	69	78	20,5
<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	cachorro-do-mato	33,5	78	16,5
<i>Columba livia</i> (Gmelin, 1789)	pombo-doméstico	32,5	33	10,5
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	urubu	43	61,5	16,5
<i>Dasyus novemcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	tatu-galinha	14	61,5	17,5
<i>Dendrocygna viduata</i> (Linnaeus, 1766)	marreca-irerê	36	42	12
<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	anu-branco	34	41	8
<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	quero-quero	34	34,5	10,5

Tabela 1 – Nome científico, nome popular e dimensões dos exemplares de animais taxidermizados utilizados na pesquisa
Fonte: elaboração própria.

2.5 Coleta de dados

Para verificar a eficácia do emprego da *RPA* na identificação de animais na pista e em suas imediações, foram realizadas dez passagens com o equipamento, a uma altura de 8 m em relação ao solo, com velocidade de 7 m/s.

Estes parâmetros foram estabelecidos em passagens-piloto, realizadas previamente para ajustar a melhor relação entre alcance visual e definição de imagem, além de considerar o tempo para realização do percurso e a autonomia de voo do equipamento (Figura 4).

A coleta de dados foi realizada em 22 de maio de 2022, no período diurno, em diferentes horários. Foi utilizada a pista externa do Setor Whiskey para a realização dos transectos, a fim de evitar conflitos com as operações sempre em coordenação com o controle de tráfego local. Em cada passagem, a pista foi percorrida nos dois sentidos, analisando-se cada metade da pista e a faixa de grama ao lado dela, conforme descrito na Figura 5.



Figura 4 – Imagem obtida pela *RPA* durante os transectos realizados para verificar a eficácia na detecção de espécies da fauna no aeródromo da AFA. (Fonte: acervo pessoal do autor).

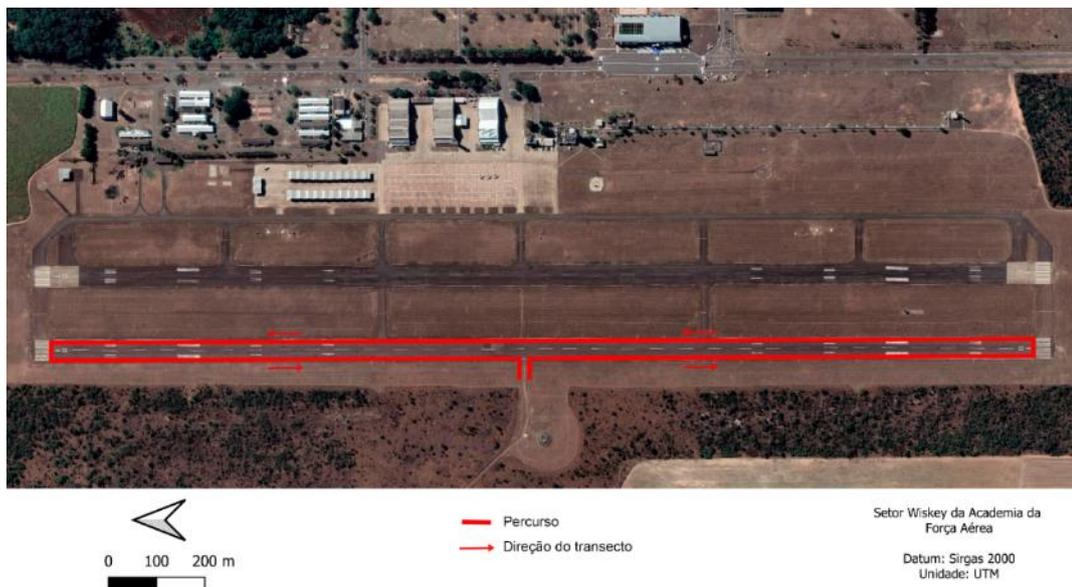


Figura 5 – Percurso e sentido do trajeto percorrido pela RPA durante as transecções realizadas na pista externa do Setor Wiskey da Academia da Força Aérea. (Fonte: elaboração própria).

O operador da RPA não acompanhou as distribuições e nem teve acesso aos croquis. Após a distribuição dos animais, o operador da RPA realizou o transecto buscando localizar e identificar os alvos. A localização e a espécie foram anotadas em um croqui idêntico ao utilizado no momento da distribuição.



Figura 6 – Espécimes taxidermizadas utilizadas no presente estudo sobre cada substrato amostrado. (Fonte: elaboração própria).

2.6 Análise de dados

Foram analisados os croquis de cada transecto comparando com os da distribuição dos animais pela pista e contabilizando os avistamentos de cada animal em cada uma das passagens, bem como o sucesso da identificação em cada um dos substratos.

Foi calculada a taxa geral de detecção das espécies, que consiste na razão do número total de animais detectados pelo número total de animais distribuídos na área, considerando todas as passagens. Por meio dos dados coletados, também foi possível verificar a taxa de detecção para cada espécie.

Para avaliar se houve influência do tamanho das espécies nas taxas de detecção, foram multiplicados os valores de altura, largura e comprimento dos exemplares utilizados. A fim de normalizar a distribuição dos valores, foi utilizado o *log* do produto desta multiplicação para os cálculos de correlação e regressão linear.

Para verificar se houve correlação entre o tamanho das espécies e a taxa de detecção, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson, calculado por meio do pacote PAST 4.04 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001). Para as variáveis que apresentaram correlação significativa, foram realizados testes de regressão linear para avaliar a associação entre elas utilizando o programa Microsoft Excel 2019.

Para a confecção dos mapas e das imagens com os pontos de detecção dos indivíduos taxidermizados, foi utilizado o pacote QuantumGis 3.24.3 Tisler (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023).

3 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A primeira passagem foi realizada às 8h35min, e a última às 14h19min do dia 22 de maio de 2022. O tempo médio gasto para completar os transectos foi de 12min18 s (± 2 min4s). A Tabela 2 reúne a distribuição das espécies nos substratos em cada uma das passagens, bem como seus tempos de duração e horários de realização.

	Horário (h:min)	Duração (min:seg)	CCD	AN U	PO M	QQR	CC M	UR B	MA R	TT U	SER	CA R
1	08:35	13:04	G	G	P	P	G	P	G	P	G	P
2	09:20	13:00	G	G	P	P	G	G	G	P	G	G
3	10:00	13:50	G	P	P	G	P	G	P	P	P	P
4	10:36	12:30	G	P	P	G	G	G	P	G	G	G
5	11:19	12:15	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
6	12:14	11:50	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
7	12:46	12:32	P	P	G	P	P	P	G	G	P	P
8	13:17	11:17	P	G	G	G	P	P	P	G	P	G
9	13:48	11:43	P	G	G	G	G	G	G	G	G	G
10	14:19	11:04	P	P	G	P	P	P	P	P	P	P

Tabela 2 – Horário de início, tempo de duração de cada transecto e substrato no qual cada espécie foi colocada. G = Gramado; P = Pista; CCD = cachorro-doméstico; ANU = anu-branco; POM = pombo-doméstico; CCM = cachorro-do-mato; URB = urubu; MAR = marreca-irerê; TTU = tatu-galinha; e CAR = carcará.

Fonte: elaboração própria.

A taxa geral de detecção dos animais foi de 62%, sendo o número médio de animais identificados em cada transecto de 6,2 ($\pm 1,9$) e as passagens com maior número de detecção a terceira (n = 8), a sexta (n = 8) e a sétima (n = 9), enquanto que as com menor número de detecções foram a primeira (n = 3), a quarta (n = 4), a segunda (n = 5) e a décima (n = 5), o que indica que o horário da passagem não teve influência na capacidade de detecção das espécies (Figura 7).

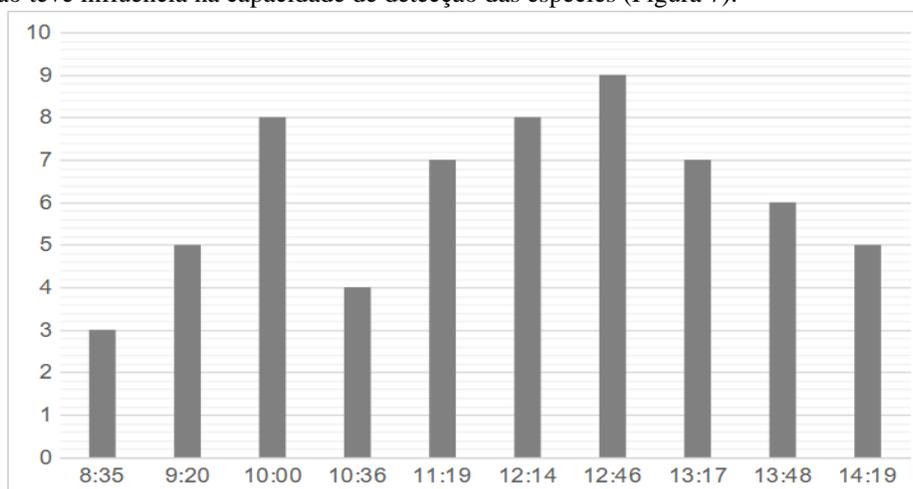


Figura 7 – Número de detecções obtidas em cada um dos transectos representados pelos horários nos quais foram realizados. (Fonte: elaboração própria).

Quanto aos substratos, a maior eficiência na detecção das espécies, de maneira geral, se deu sobre a pista, em que um total de 70% dos indivíduos foram avistados contra 54% quando colocados sobre a grama. O gramado, apesar de predominante verde, é composto de diferentes tons de coloração. Devem ser consideradas, ainda, as sombras geradas pelas folhas das gramíneas, o que muitas vezes dificulta a visualização, principalmente no caso de espécies de menor porte.

O tamanho corporal dos animais utilizados se mostrou uma importante variável na capacidade de detecção através da RPA. Em todos os casos, houve uma correlação significativa entre a taxa de detecção e o tamanho das espécies (Geral: $\rho = 0,75401$, $p = 0,011758$; Grama: $\rho = 0,66136$, $p = 0,037295$; Asfalto: $\rho = 0,72853$, $p = 0,016863$).

Da mesma maneira, foi observada uma associação entre as taxas de detecção, sendo que 57% na variação da taxa de detecção geral é explicada pelo tamanho do animal utilizado ($F = 6,21950$; $R^2 = 0,568538$; $p = 0,01175$), 44% da variação da taxa de detecção na grama ($F = 10,54162$; $R^2 = 0,437392$; $p = 0,03729$) e 53% na taxa de detecção sobre a pista ($F = 9,04856$; $R^2 = 0,530752$; $p = 0,01686$) (Figura 8).

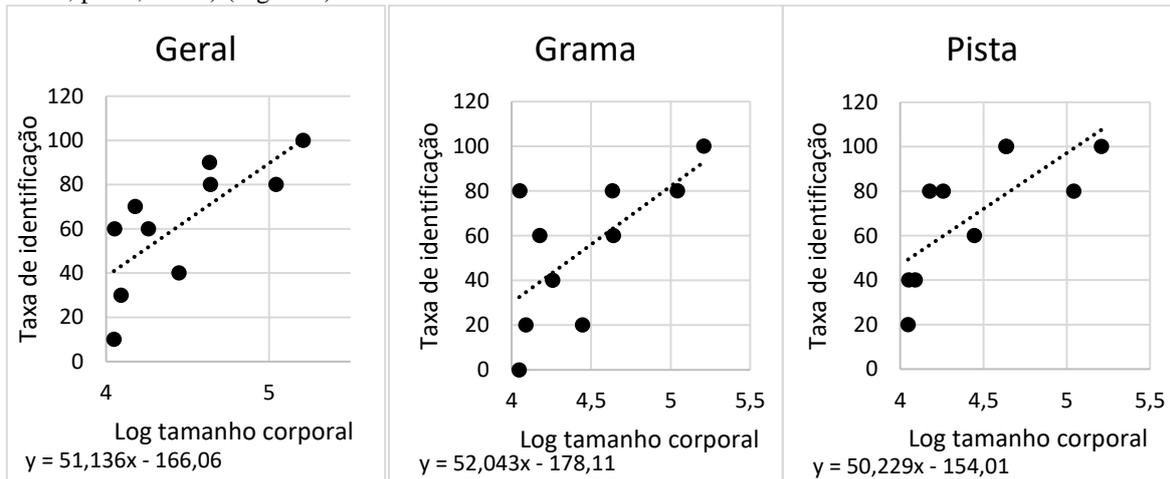


Figura 8 – Regressão mostrando a associação entre a taxa de identificação e o tamanho corporal. Fonte: elaboração própria.

Em relação às espécies, a que foi mais identificada pelo método foi *C. l. familiaris* (cachorro-doméstico) ($n = 10$), sendo a única espécie identificada em 100% dos transectos realizados. O exemplar utilizado apresentava porte avantajado e coloração clara, com tons de bege e branco, o que resulta em um forte contraste com ambos os substratos, tornando fácil sua visualização.

A Figura 9 reúne as posições da área de estudo nas quais o indivíduo foi identificado durante os transectos.

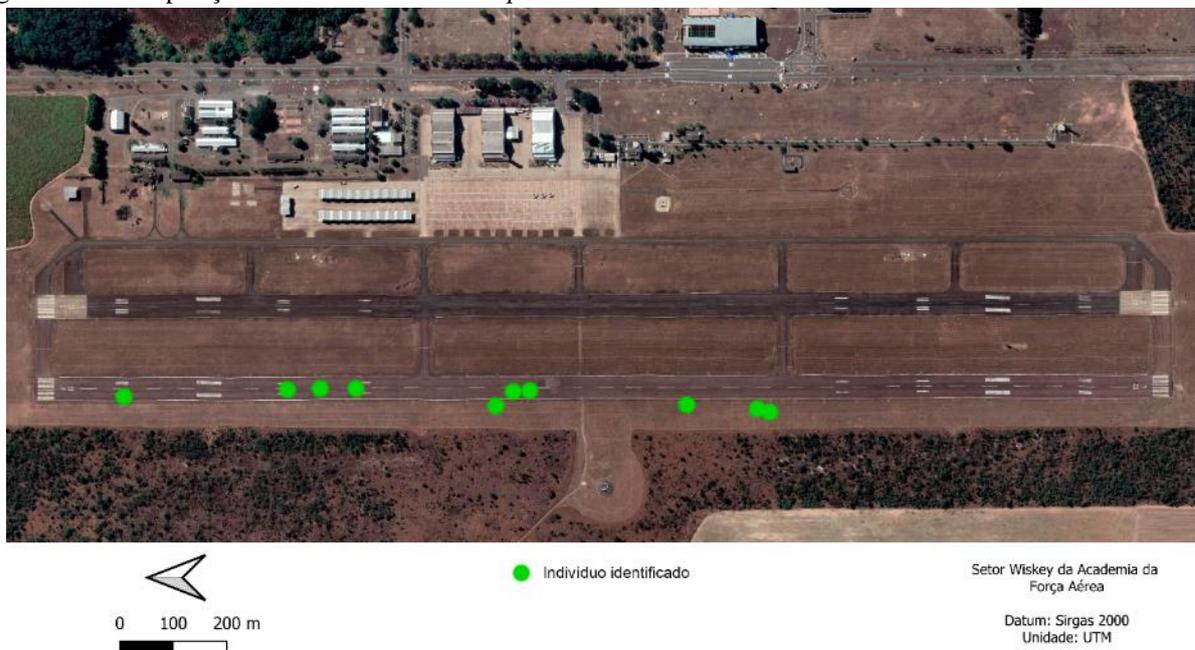


Figura 9 – Pontos nos quais o exemplar taxidermizado de cachorro-doméstico (*C. l. familiaris*) foi identificado na aérea operacional do Setor Whiskey da AFA, durante os transectos. (Fonte: elaboração própria).

A segunda espécie com maior taxa de visualização foi *C. thous* (cachorro-do-mato), identificada em 90% dos transectos, que deixou de ser observada em apenas uma das passagens, quando se encontrava sobre a grama. Apesar de apresentar pelagem escura – o que poderia ter causado a não detecção do exemplar, em todas as demais oportunidades ele foi identificado sobre o gramado (Figura 10).

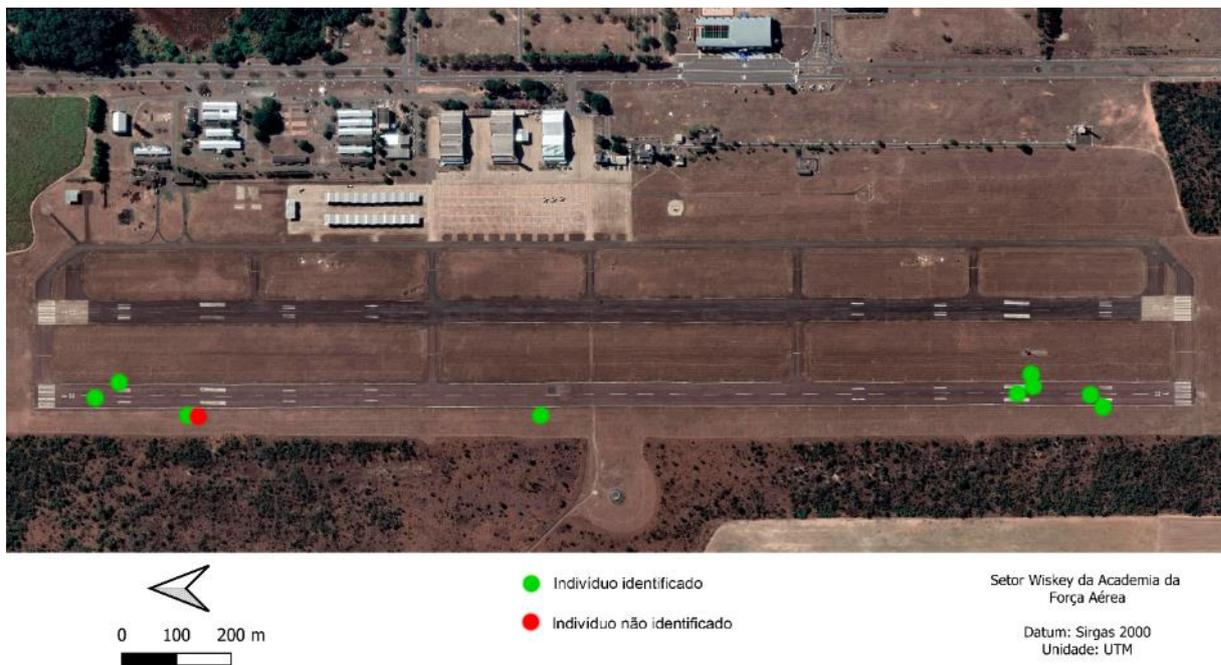


Figura 10 – Pontos nos quais o exemplar taxidermizado de cachorro-do-mato (*C. thous*) foi distribuído pela área operacional do Setor Whiskey da AFA. Os pontos verdes representam os locais onde o animal foi detectado e o ponto vermelho o local onde ele não foi detectado durante os transectos. (Fonte: elaboração própria).

Neste caso, o fato de, no momento da passagem, terem sido observados três indivíduos de seriema (*C. cristata*), quatro de curicaca (*Theristicus caudatus*) e dois de maria-faceira (*Syrigma sibilatrix*) se movimentando sobre a pista, próximo ao local onde estava o animal taxidermizado, pode ter desviado a atenção do observador, fazendo com que o cômputo passasse despercebido (Figura 11).



Figura 11 – Frame capturado do vídeo no momento em que foram avistados animais vivos, próximos ao indivíduo cachorro-do-mato taxidermizado. As setas vermelhas indicam os indivíduos de curicaca (*Theristicus caudatus*), as setas amarelas os de seriema (*C. cristata*), as setas azuis os de maria-faceira (*Syrigma sibilatrix*) e a seta preta o de cachorro-do-mato (*C. thous*) taxidermizado. Fonte: elaboração própria.

A terceira espécie com maior taxa de detecção foi *C. atratus* (urubu), sendo identificada em 80% dos transectos realizados (Figura 12). Sobre a pista, ela foi reconhecida em 100% das passagens, enquanto que sobre a grama, ela não foi observada em duas oportunidades. Nestas duas ocasiões, a espécie foi colocada próxima a um local onde a grama se encontrava mais alta, o que pode ter dificultado sua percepção.

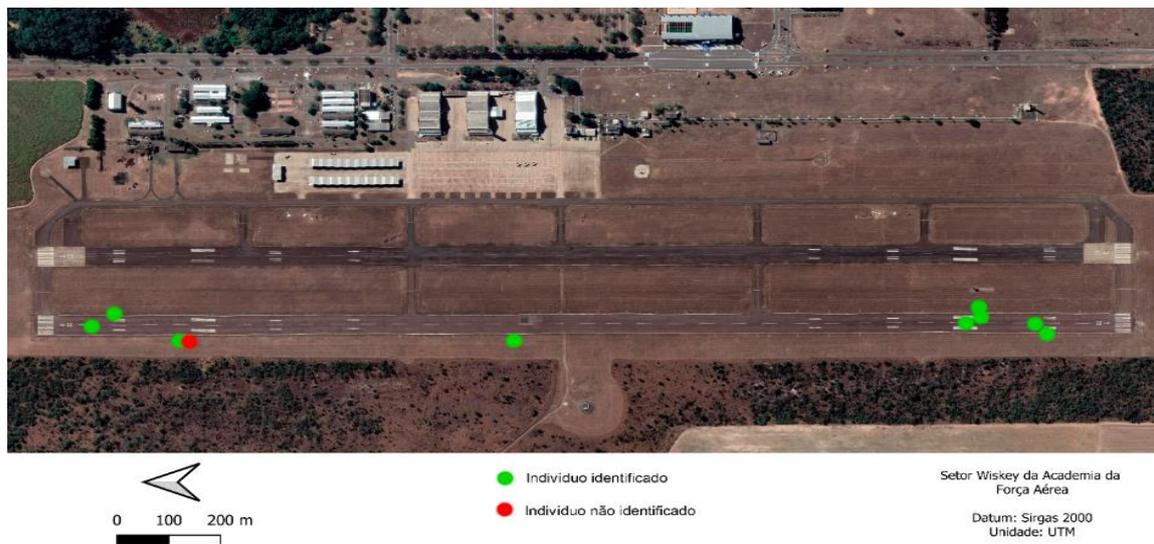


Figura 12 – Pontos nos quais o exemplar taxidermizado de urubu (*C. atratus*) foi distribuído pela área operacional do Setor Whiskey da AFA. Os pontos verdes representam os locais onde o animal foi detectado e os vermelhos os locais onde não foi detectado, durante os transectos. (Fonte: elaboração própria).

Vale ressaltar que a espécie não costuma ser observada em locais onde a grama esteja alta, a menos que haja a presença de uma carcaça. No entanto, neste caso, a grande concentração de indivíduos faria com que sua detecção fosse facilitada. Portanto, em condições normais, a espécie é facilmente detectável pela RPA – tanto que, durante os transectos, indivíduos vivos de urubu presentes na área foram identificados com êxito (Figura 13).



Figura 13 – Frame capturado do vídeo no momento em que foram avistados dois indivíduos de urubu (*C. atratus*) sobre o gramado (setas vermelhas). Fonte: elaboração própria.

Já *C. cristata* (seriema) foi identificada na área operacional em 80% das passagens (Figura 14), tanto sobre a pista quanto sobre a grama. Apesar de não ter atingido 100% de visualização, o método se mostrou eficiente na detecção da espécie em tempo real, já que até indivíduos vivos presentes na área foram identificados durante os transectos.



Figura 14 – Pontos nos quais o exemplar taxidermizado de seriema (*C. cristata*) foi distribuído pela área operacional do Setor Whiskey da AFA. Os pontos verdes representam os locais onde o animal foi detectado e os vermelhos os locais em que ele não foi detectado durante os transectos. (Fonte: elaboração própria).

O tatu-galinha (*D. novemcinctus*) foi detectado sobre a grama em 60% das oportunidades e sobre o asfalto em 80%, gerando uma taxa geral de 70% de detecção (Figura 15). Devido às características morfológicas da espécie – como o tamanho, por exemplo –, a detecção no gramado pode ter sido reduzida, como foi no caso do presente estudo.

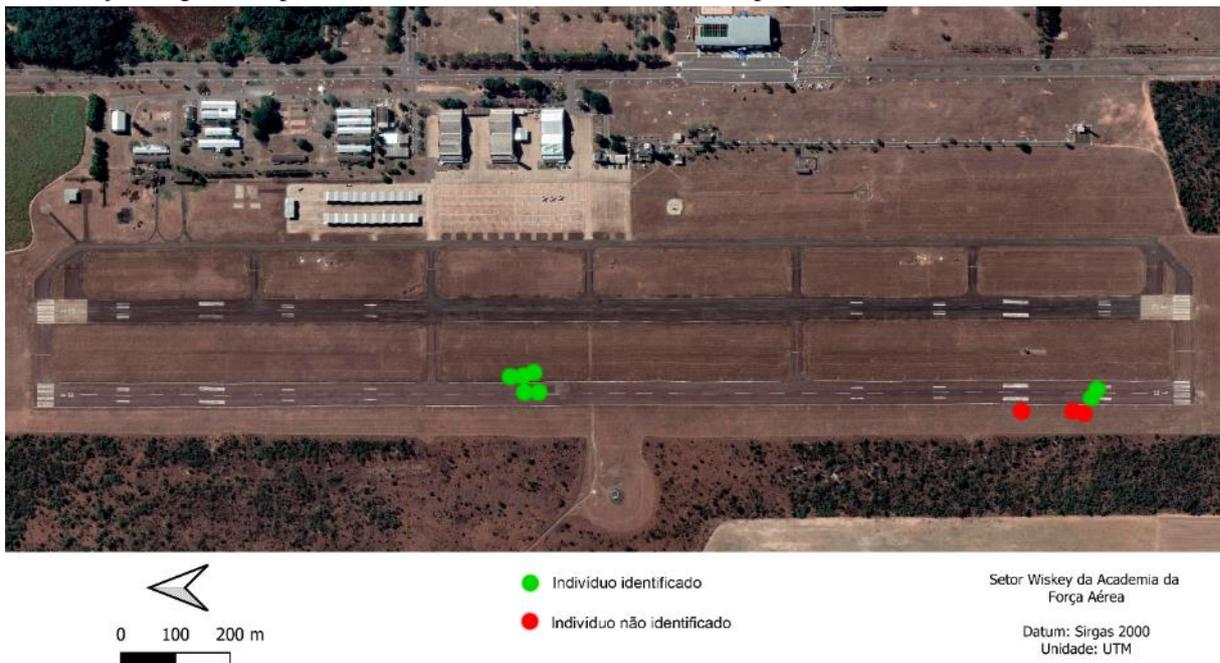


Figura 15 – Pontos nos quais o exemplar taxidermizado de tatu-galinha (*D. novemcinctus*) foi distribuído pela área operacional do Setor Whiskey da AFA. Os pontos verdes representam os locais onde o animal foi detectado e os vermelhos os locais em que ele não foi detectado durante os transectos. (Fonte: elaboração própria).

O pombo-doméstico (*C. livia*) foi detectado em 60% dos transectos (Figura 16). O indivíduo utilizado no presente estudo tinha a coloração predominante branca, representando apenas uma das colorações encontradas nas populações naturais da espécie.

Este fator pode ter influenciado nos resultados obtidos para fins desta pesquisa. Sobre a grama, a espécie foi detectada em 80% das vezes; já sobre a pista, em apenas 40%, podendo ser fruto da falta de contraste de sua coloração com as faixas de sinalização presentes no local. Além disso, por não se tratar de uma espécie com grande massa corporal, quando colocada na extremidade do campo de visão da câmera, pode passar despercebida pelo observador.

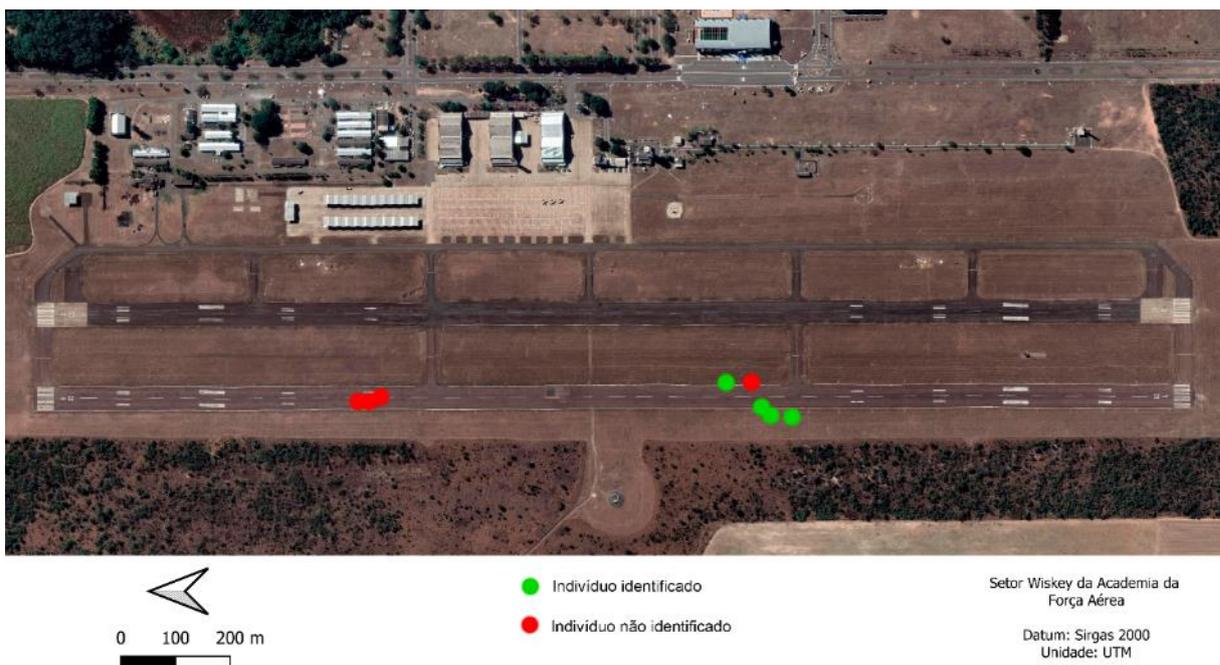


Figura 16 – Pontos nos quais o exemplar taxidermizado de pombo-doméstico (*C. livia*) foi distribuído pela área operacional do Setor Whiskey da AFA. Os pontos verdes representam os locais onde o animal foi detectado e os vermelhos os locais em que ele não foi detectado durante os transectos. (Fonte: elaboração própria).

Outra espécie que atingiu 60% de taxa de detecção geral foi *D. viduata* (marreca-irerê); entretanto, diferentemente do pombo-doméstico, sua maior taxa de detecção foi quando colocada sobre a pista (80%), contra 40% sobre a grama (Figura 16). Quando sobre a grama, a espécie pode passar despercebida devido ao seu volume corporal não ser tão avantajado, e a coloração de seu dorso ajuda a espécie a se camuflar no ambiente.

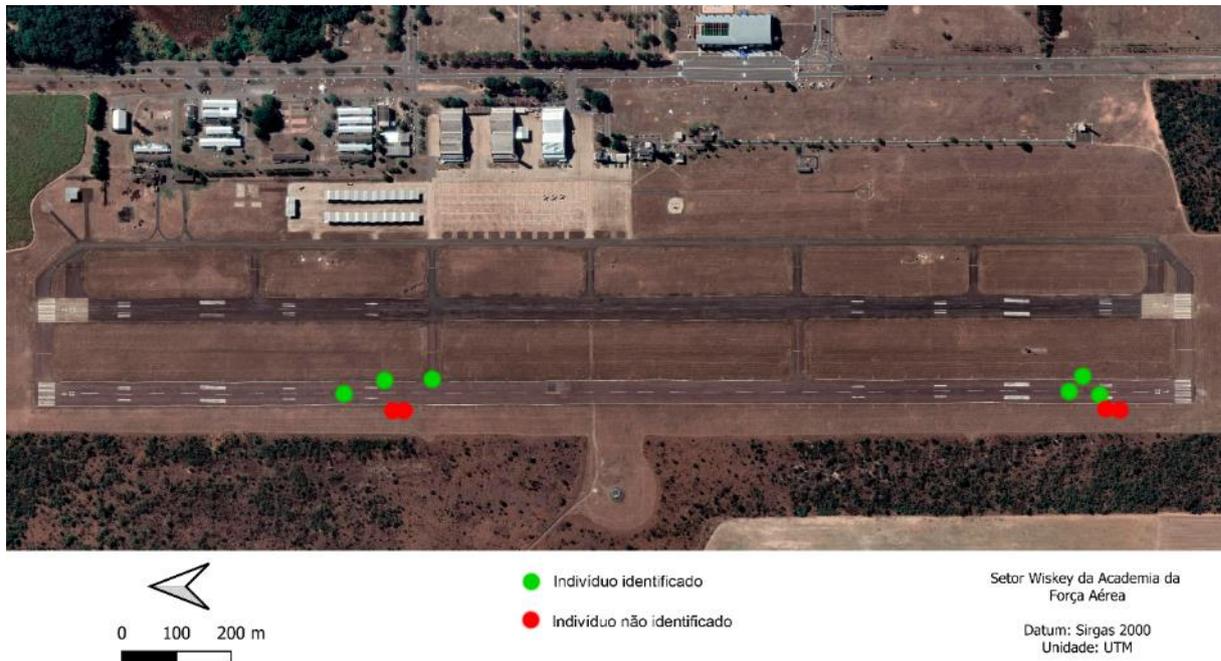


Figura 17 – Pontos nos quais o exemplar taxidermizado de marreca-irerê (*D. viduata*) foi distribuído pela área operacional do Setor Whiskey da AFA. Os pontos verdes representam os locais onde o animal foi detectado e os pontos vermelhos os locais onde ele não foi detectado durante os transectos. (Fonte: elaboração própria).

Apesar de seu volume corporal ser maior do que o de algumas das espécies que obtiveram taxas de detecção maiores, o carcará (*C. plancus*) apresentou uma taxa de apenas 40% considerando todos os transectos. A taxa mais baixa foi obtida quando colocado sobre a grama (20%), e isso pode ser explicado pelo fato de que, em duas oportunidades, o animal taxidermizado foi colocado em meio aos pilones (luzes balizadoras situadas nas laterais da pista usadas para delimitar a pista em período noturno ou de visibilidade reduzida), o que pode diminuir a capacidade do observador de detectar o animal, como mostra a Figura 18.

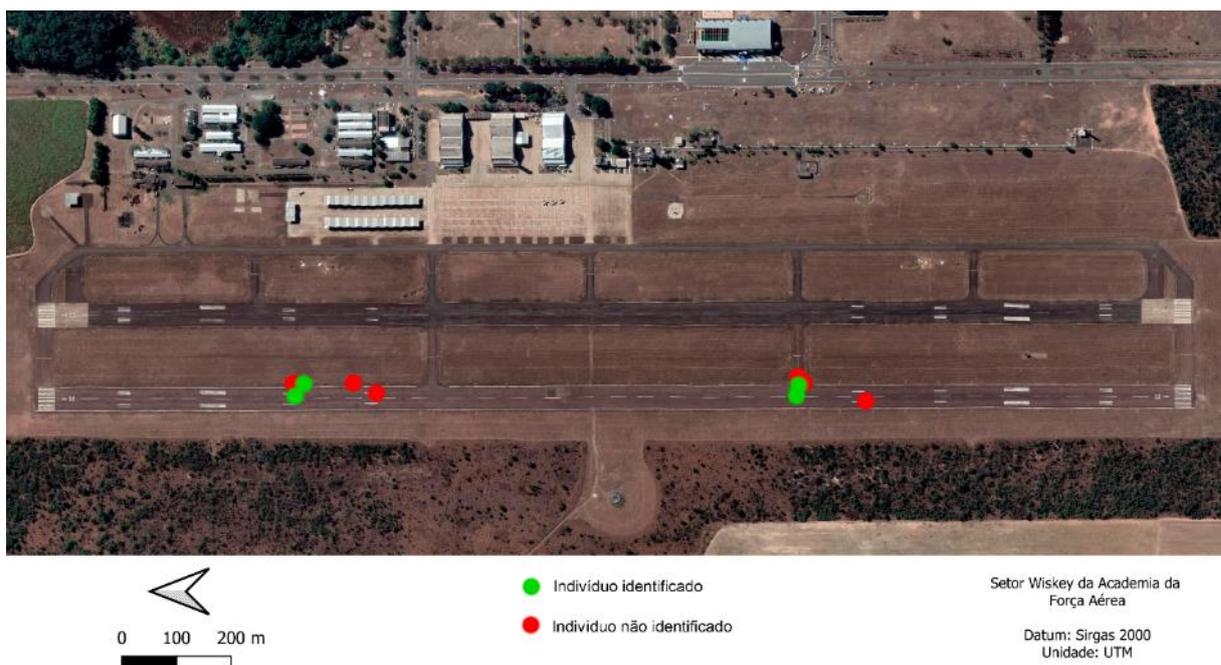


Figura 18 – Pontos nos quais o exemplar taxidermizado de carcará (*C. plancus*) foi distribuído pela área operacional do Setor Whiskey da AFA. Os pontos verdes representam os locais onde o animal foi detectado e os vermelhos os locais em que ele não foi detectado durante os transectos. (Fonte: elaboração própria).

O quero-quero (*V. chilensis*) se mostrou pouco detectável através do método empregado nesta pesquisa, sendo sua taxa geral de 30% (Figura 19). Quando sobre o gramado, ele foi identificado apenas em 20% dos transectos. Trata-se de uma espécie de porte pequeno, típica desse ambiente, naturalizando o fato de que seja difícil distingui-la. Mesmo sobre a pista, o animal obteve apenas 40% de taxa de registro, mas é importante observar que, quando em bando ou voando, a espécie é mais facilmente detectável por meio da RPA.

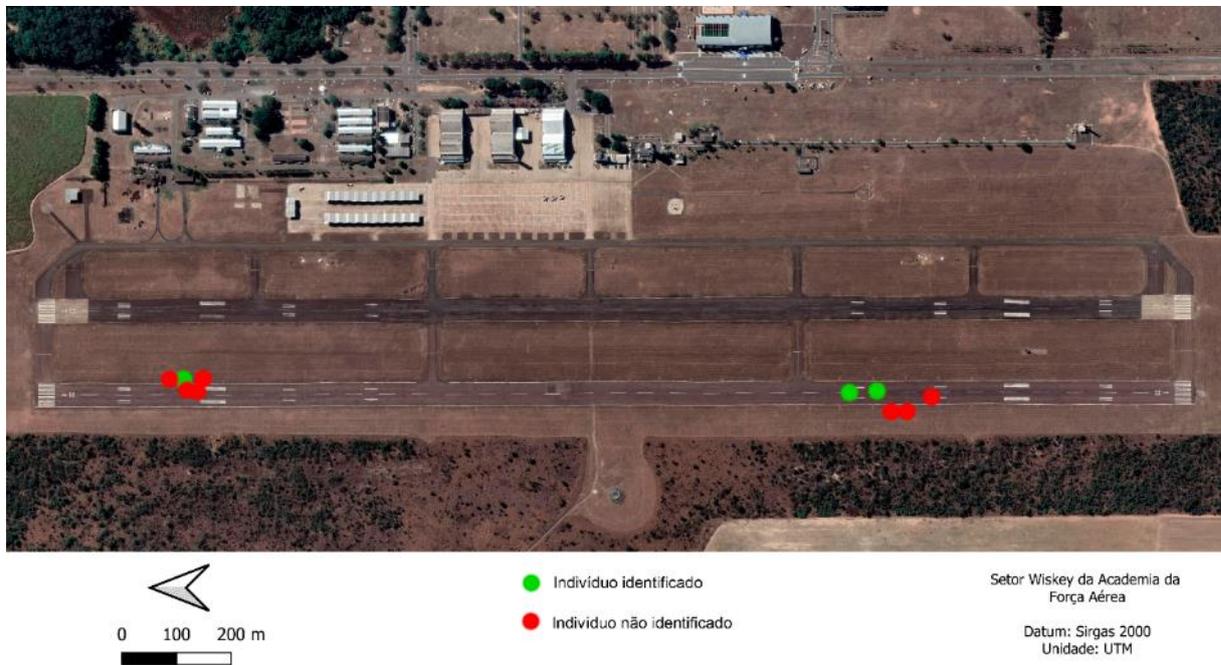


Figura 19 – Pontos nos quais o exemplar taxidermizado de quero-quero (*V. chilensis*) foi distribuído pela área operacional do Setor Whiskey da AFA. Os pontos verdes representam os locais onde o animal foi detectado e os vermelhos os locais em que não foi detectado durante os transectos. (Fonte: elaboração própria).

No estudo conduzido, em 90% das passagens foram observados indivíduos vivos de quero-quero voando ou pousados sobre a pista, muitas vezes atraídos pelo animal taxidermizado. Os indivíduos presentes veem o exemplar taxidermizado como um invasor de seu território e apresentam comportamento agonístico, na intenção de afugentá-lo (Figura 20).



Figura 20 – As setas vermelhas indicam indivíduos vivos de quero-quero (*V. chilensis*) próximos ao exemplar taxidermizado, demonstrando comportamento agonístico. Fonte: elaboração própria

A espécie que se mostrou menos detectável por meio do método aqui testado e empregado foi *G. guira* (anu-branco), com uma taxa geral de 10%. A espécie foi detectada em apenas uma passagem, quando colocada sobre a pista (Figura 21). O resultado é esperado devido ao tamanho corporal do animal, além do fato de ser uma espécie típica de ambientes formados, onde forrageia junto ao solo.

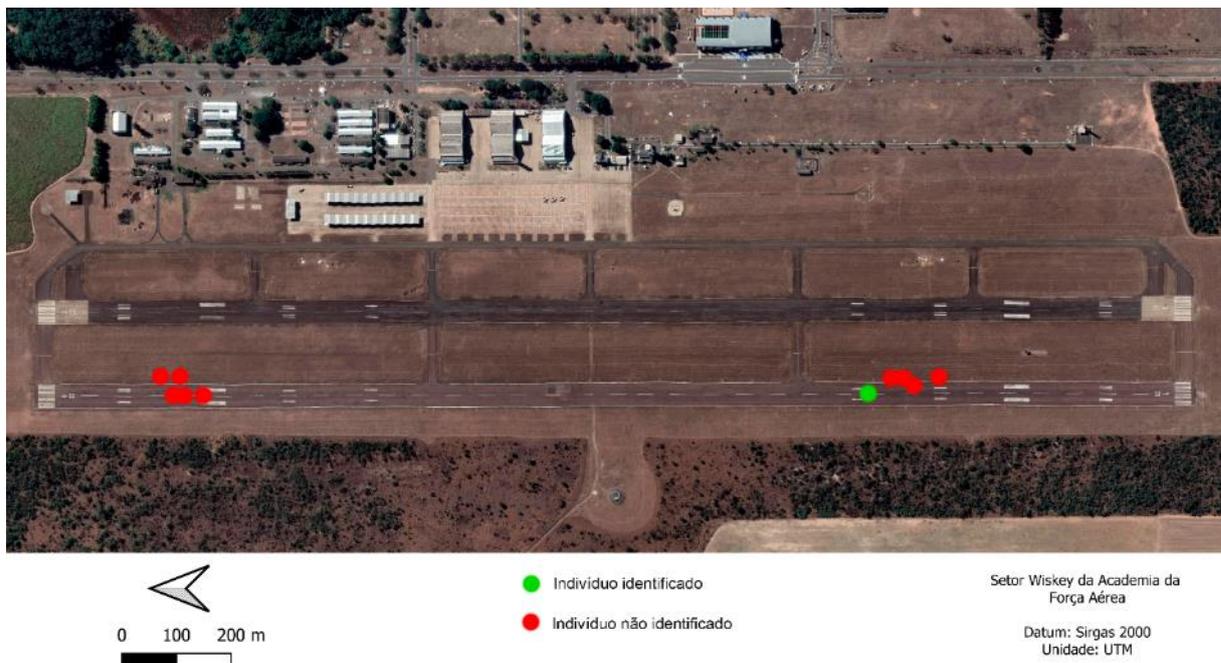


Figura 21 – Pontos nos quais o exemplar taxidermizado de anu-branco (*G. guira*) foi distribuído pela área operacional do Setor Whiskey da Academia da Força Aérea. Os pontos verdes representam onde o animal foi detectado e os vermelhos onde não foi detectado durante os transectos. (Fonte: elaboração própria).

Como já mencionado anteriormente, além dos animais taxidermizados, indivíduos vivos das espécies foram registrados durante os transectos realizados. Um bando de três seriemas (*C. cristata*) foi observado sobre a pista em uma das passagens.

Indivíduos de *V. chilensis* (quero-quero) foram observados em quase todos os transectos, em bandos variando de dois a quatro indivíduos, enquanto que em quatro oportunidades indivíduos de urubus (*C. atratus*) foram observados, sempre no mesmo local, sobre a grama (Figura 22).

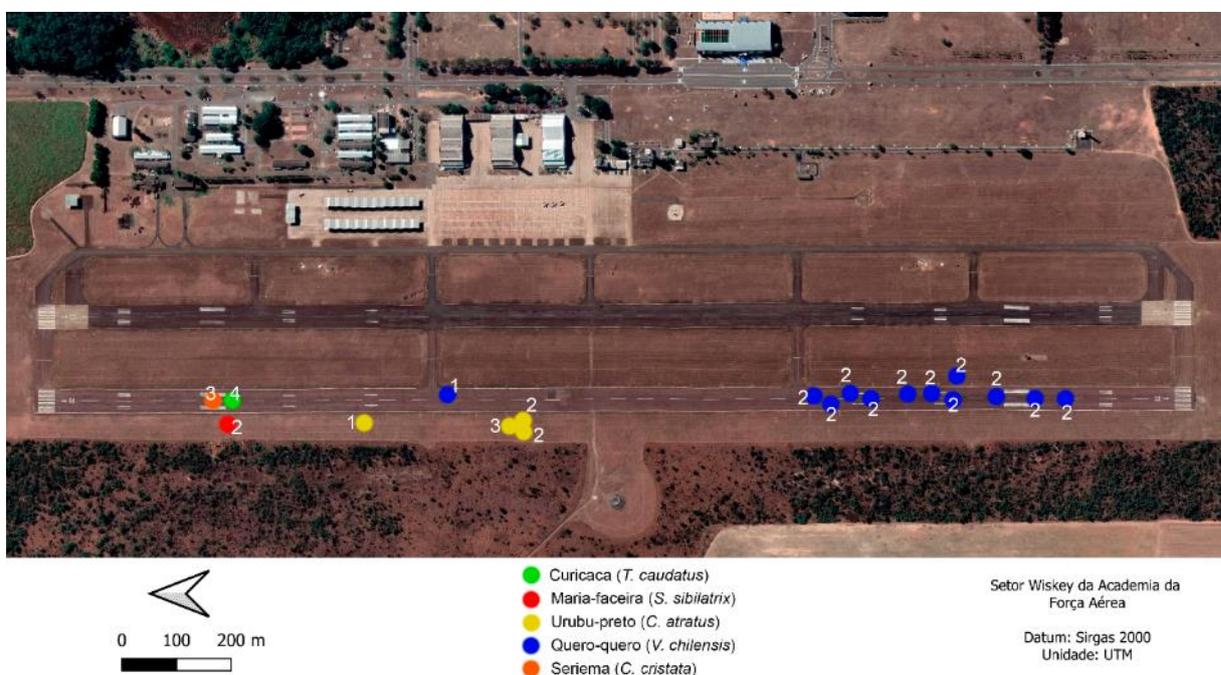


Figura 22 – Pontos nos quais foram observados indivíduos vivos das espécies presentes na área. Os pontos azuis representam os registros de quero-quero (*V. chilensis*), o ponto laranja os registros de seriema (*C. cristata*), o ponto verde os de curicaca (*T. caudatus*), o vermelho os de maria-faceira (*S. sibilatrix*) e os amarelos os de urubu (*C. atratus*). Os valores sinalizados ao lado dos pontos representam o número de indivíduos registrados. (Fonte: elaboração própria).

Além disso, quatro indivíduos de curicaca (*T. caudatus*) e dois de maria-faceira (*S. sibilatrix*) foram observados sobre a pista em uma das passagens (Tabela 3).

	Quero-quero (<i>C. chilensis</i>)	Urubu (C. <i>atratus</i>)	Seriema (<i>C. cristata</i>)	Curicaca (<i>T. cadatus</i>)	Maria-faceira (<i>S. sibilatrix</i>)
1	2	–	–	–	–
2	2	–	–	–	–
3	4	–	–	–	–
4	2	–	3	4	2
5	2	–	–	–	–
6	2	3	–	–	–
7	–	2	–	–	–
8	2	–	–	–	–
9	4	2	–	–	–
10	2	3	–	–	–

Tabela 3 Número de indivíduos vivos das espécies presentes no aeródromo, registrados em cada passagem durante as amostragens

Fonte: elaboração própria.

Há de considerar que, por muitas vezes, o fato de os animais taxidermizados serem estáticos dificulta a observação através da RPA. Em algumas oportunidades, a própria passagem do equipamento força a movimentação dos indivíduos, seja voando ou caminhando, o que aumenta consideravelmente as chances de detecção, como observado para *V. chilensis* (quero-quero).

Há de ressaltar, também, que os animais aqui utilizados são apenas representantes de classes de tamanho, e, portanto, a coloração das espécies, dependendo do ambiente inserido, pode refletir na taxa de detecção dos indivíduos. Ou seja, mesmo espécies de volume corporal semelhantes podem ter taxas de detecção diferentes dependendo de outras características morfológicas.

É importante evidenciar que espécies de grande porte apresentaram maiores taxas de detecção e normalmente são as espécies que são fonte de maior preocupação quando presentes em áreas de movimentação de aeronaves, já que a severidade relativa das espécies em caso de colisões é correlacionada com sua massa corporal (DOLBEER *et al.*, 2000).

Por fim, outro fator que pode vir a influenciar o sucesso da detecção é a experiência e familiaridade do operador do aparelho com as espécies locais, já que a imagem de busca e, conseqüentemente, a detecção desenvolvida pelo observador permitem que o animal seja reconhecido mais facilmente. Além disso, essa habilidade (juntamente com a aptidão na operação da RPA) reflete no tempo gasto para a realização do percurso, o que é preponderante na decisão de empregar o método.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego da RPA para a identificação de espécies-problema em revisões de pista da AFA se mostrou eficiente principalmente no que se refere a espécies de médio e grande porte. No presente estudo, os modelos taxidermizados que representam os animais cachorro-doméstico e cachorro-do-mato tiveram altas taxas de identificação, independente do substrato em que se encontravam.

Mamíferos de grande porte como cães domésticos e capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) são algumas das principais espécies-problema em aeródromos brasileiros e, devido a sua elevada massa corporal, possuem alta severidade em caso de colisões (NOVAES, 2021). A identificação destes animais, quando na faixa de movimentação de aeronaves, é essencial para alertar o operador do aeródromo e acionar os meios para realização de técnicas de afugentamento, a fim de garantir uma operação mais segura.

O tempo gasto para a realização do procedimento foi de aproximadamente 12 minutos, o que mostra a viabilidade do uso do aparelho na rotina de um aeródromo. Apesar de exigir um operador com habilidade técnica para pilotá-lo e para visualizar e identificar as espécies avistadas, o uso da RPA permite a realização de uma revisão de pista, sem a necessidade de utilização de uma viatura (que deve estar equipada com no mínimo duas pessoas, motorista e observador, para a realização do procedimento).

Espécies com menor tamanho corporal podem apresentar maiores dificuldades na sua detecção pelo aparelho; entretanto, por acarretar no afugentamento dos animais em alguns casos, mesmo espécies de menor porte podem ser detectadas com facilidade. Há, também, a possibilidade de projetar a imagem capturada em uma tela maior ou a de utilizar um equipamento com capacidade mais elevada de detecção, que não foi testada no presente estudo e pode mostrar resultados diferentes.

Neste sentido, nota-se que a utilização de diferentes técnicas no levantamento e gerenciamento de risco de fauna devem ser testadas, e novas ferramentas podem se mostrar úteis no que se refere à economia de tempo ou recursos financeiros, tal como se comprovou a partir da adequabilidade do uso de RPA na análise de risco de fauna nas áreas da AFA.

Todavia, cabe ressaltar que cada aeródromo possui características físicas específicas e, portanto, se apresentarão espécies-problema igualmente específicas. Dessa forma, as ferramentas e técnicas mais eficientes podem variar de um local para outro, o que reforça a importância de estudos e pesquisas que visem a testar a eficácia destas alternativas em diferentes condições.

AGRADECIMENTOS

Os demais autores desta pesquisa dirigem seus nobres sentimentos aos familiares e amigos do Ten Av Júnior (*In Memoriam*). Agradecemos à 2º Ten Rebeca Mega pela revisão e pelas valiosas sugestões ao texto. À UNISAGRADO pelo empréstimo dos animais taxidermizados e ao Cab Bruno pelo apoio logístico para a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

- ALLAN, J. R. The costs of bird strikes and bird strike prevention. **Human conflicts with wildlife: economic considerations**, v. 18, p. 147-153, 2000.
- ANELLO, A. **Aplicações de VANTs para operações de infantaria**. 2017. 48 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Formação de Oficiais de Infantaria, Academia da Força Aérea, Pirassununga, 2017. Disponível em: https://redeb.aer.mil.br/index.asp?codigo_sophia=58013. Acesso em: 02 maio 2021. [Conteúdo digital acessível mediante login e senha em rede interna].
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **NPA nº 386 – CMDO: Atividades do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos na Academia da Força Aérea**. Pirassununga, 2019. Documento interno.
- BRASIL. Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 dez. 1986. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7565.htm. Acesso em: 10 maio 2022.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Identificação do Perigo da Fauna (IPF)**. Pirassununga, 2022. Documento interno.
- CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS – CENIPA. **Sistema de Gerenciamento de Risco Aviário – SIGRA**. Disponível em: http://sistema.cenipa.aer.mil.br/cenipa/sigra/pesquisa_dadosExt. Acesso em: 06 abr. 2021.
- DOLBEER, R. A.; WRIGHT, S. E.; CLEARY, E. C. Ranking the hazard level of wildlife species to aviation. **Wildlife Society Bulletin**, v. 28, n. 2, p. 372-378, 2000.
- EGAN, C.C., BLACKWELL, B.F., JURICIC, E.F., KLUG, P.E. Testing a key assumption of using drones as frightening devices: Do birds perceive drones as risky? **The Condor**, v. 122, p. 1-15, 2020.
- FRANÇA, M. A. Utilização de aeronaves remotamente pilotadas em operações de busca e salvamento. 2018. 49 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Formação de Oficiais Aviadores, Academia da Força Aérea, Pirassununga, 2018. Disponível em: https://redeb.aer.mil.br/index.asp?codigo_sophia=62045. Acesso em: 02 maio 2021. [Conteúdo digital acessível mediante login e senha em rede interna].
- GOOGLE EARTH. Região de Pirassununga. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-21.99146284,47.37292861,619.52305011a,24502.84479839d,30.00000769y,0h,0t,0r>. Acesso em: 24 maio 2022.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, 9 p., 2001.
- LYKOU, G.; MOUSTAKAS, D.; GRITZALIS, D. Defending Airports from UAS: A Survey on Cyber-Attacks and Counter-Drone Sensing Technologies. **Sensors**, v. 20, n. 12, jun. 2020.
- MENDONÇA, F. A. C., WALLACE, R. Utilizing UAS to support wildlife hazard management efforts by airport operators. **Collegiate Aviation Review International**, v. 39, n. 2, p. 238-248, 2021. Disponível em: <http://ojs.library.okstate.edu/osu/index.php/CARI/article/view/8385/7686>. Acesso em: 08 maio 2022.
- MICHAELIS. **Moderno dicionário da língua portuguesa**. São Paulo: Melhoramentos., 1998.
- MINISTÉRIO DA DEFESA. Comando da Aeronáutica. Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **MCA 3-8: Manual de Gerenciamento de Risco de Fauna**. Brasília: 2017, 173 p. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/mca-manual-do-comando-da-aeronautica?download=149:manual-de-gerenciamento-de-risco-da-fauna>. Acesso em: 02 maio 2021.
- NOVAES, W. G. Ranking de severidade relativa das espécies de fauna na aviação brasileira. **Revista Conexão Sipaer**, v. 12, n. 1, p. 95-112, 2021.
- PASCHOALINO, L. F. C. Perigo Aviário. 2017. 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017. Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8173/1/LUIZ_FERNANDO_DE_CAMPOS_PASCHOALINO-Re%5B685-2-718268%5DLUIZ_AD2VF.pdf. Acesso em: 08 mar. 2023.
- PARANJAPE, A. A.; CHUNG, S.; KIM, K.; SHIM, D.H. Robotic herding of a flock of birds using an unmanned aerial vehicle. **IEEE Transactions on Robotics**, v. 34, n. 4, p. 901-915, 2018. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8424544>. Acesso em: 08 mar. 2023.

- QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: 08 mar. 2023.
- SCOTT, J. P.; FREDERICSON, E. The causes of fighting in mice and rats. **Physiological Zoology**, v. 24, n. 4, p. 273-309, 1951.
- SHVETSOVA, S. V.; SHVETSOV, A. V. Ensuring safety and security in employing drones at airports. **Journal of Transportation Security**, v. 14, p. 41-53, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12198-020-00225-z>.
- SMITH, J. ASN Wikibase Occurrence # 73649. **Aviation Safety Network**, 15 dez. 2016. Disponível em: <https://aviation-safety.net/wikibase/73649>. Acesso em: 08 maio 2021.
- SVANSTRÖM, F.; ALONSO-FERNANDEZ, F.; ENGLUND, C. A dataset for multi-sensor drone detection. **Data in Brief**, v. 39, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340921007976>. Acesso em: 08 mar. 2023.