

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

RODOLFO DA CUNHA SARCINELLI

INTEGRAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DA PAISAGEM PARA
CONTRIBUIR NO MONITORAMENTO DE ESPÉCIES FAUNÍSTICAS EM UNIDADES
DE CONSERVAÇÃO.

Viçosa
2023

RODOLFO DA CUNHA SARCINELLI

INTEGRAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DA PAISAGEM PARA
CONTRIBUIR NO MONITORAMENTO DE ESPÉCIES FAUNÍSTICAS EM UNIDADES
DE CONSERVAÇÃO.

Monografia apresentada ao Curso de
Geografia da Universidade Federal de
Viçosa, como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Geografia

Orientador: Fabiano Rodrigues de Melo (DEF-UFV)
Coorientador: André Luiz Lopes de Faria (DGE-UFV)

Viçosa
2023

RODOLFO DA CUNHA SARCINELLI

INTEGRAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS E ANÁLISE DA PAISAGEM PARA
CONTRIBUIR NO MONITORAMENTO DE ESPÉCIES FAUNÍSTICAS EM UNIDADES
DE CONSERVAÇÃO.

Monografia apresentada ao Curso de
Geografia da Universidade Federal de
Viçosa, como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Geografia.
Aprovada em de 2023

Banca Examinadora

Dr. Fabiano Rodrigues de Melo
(Orientador – DEF-UFV)

Dr. André Luiz Lopes de Faria
(Coorientador – DGE-UFV)

MSc. Felipe Santos Pacheco
(UFV)

Viçosa
2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho de conclusão de curso. Primeiramente, agradeço aos meus orientadores Fabiano Rodrigues de Melo e André Luiz Lopes de Faria, pela orientação valiosa, paciência e incentivo ao longo deste processo. Seus conhecimentos e experiências foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), expressei meu profundo agradecimento por proporcionar um ambiente acadêmico enriquecedor e pela oportunidade de aprender e crescer durante minha jornada acadêmica. Aos membros da banca examinadora, meu agradecimento pela atenção dedicada à avaliação deste trabalho e pelas sugestões construtivas que contribuíram para sua melhoria.

A toda equipe de campo, que foi fundamental para a coleta de dados, agradeço pelo suporte físico e mental necessário para garantir a saúde e o bem-estar nos momentos em que trabalhamos juntos. Aos colegas de curso, pela troca de ideias, apoio mútuo e momentos compartilhados ao longo dessa jornada acadêmica. Suas experiências e perspectivas enriqueceram meu entendimento sobre o tema e foram inspiradoras.

À minha família e amigos, que estiveram ao meu lado durante todo o processo, oferecendo apoio emocional, compreensão e encorajamento. Vocês foram meu alicerce e fonte de motivação. Por fim, expressei meu agradecimento à Mata Atlântica, sujeito fundamental desse projeto. Sem sua determinação, resistência e resiliência, jamais seria possível alcançar essa conquista. Obrigado a todos por fazerem parte desta jornada e contribuírem para o sucesso deste trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2.1.PAISAGEM.....	11
2.2.RESERVA PARTICULAR E DO PATRIMÔNIO NATURAL FAZENDA DO CAPIVARY I.....	12
2.3.GEOTECNOLOGIAS.....	14
2.4.MONITORAMENTO DE ESPÉCIES FAUNÍSTICAS.....	16
2.5.AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS.....	17
3. OBJETIVOS.....	19
3.1. GERAL.....	19
3.2.ESPECÍFICOS.....	19
4. METODOLOGIA.....	19
4.1.CARACTERÍSTICAS DO RELEVO.....	20
4.2.CONDIÇÕES PREDOMINANTES DO VENTO.....	21
4.3.USO E OCUPAÇÃO DA TERRA.....	22
4.4.VOOS DE MONITORAMENTO DE FAUNA.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.1.CARACTERÍSTICAS DO RELEVO.....	24
5.2.CONDIÇÕES PREDOMINANTES DOVENTO.....	27
5.3.USO E OCUPAÇÃO DA TERRA.....	29
5.4.DADOS DE VOOS DE MONITORAMENTO DE FAUNA.....	32
6. CONCLUSÃO.....	38
BIBLIOGRAFIA.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda do Capivary 1 no território nacional.....	13
Figura 2: ARP Modelo Matrice 200.....	20
Figura 3: Mapa de características do relevo da RPPN Fazenda do Capivary I.....	26
Figura 4: Mapas de condições predominantes do vento da RPPN Fazenda do Capivary I...	28
Figura 5: Mapa de classificação da cobertura e uso da terra da RPPN Fazenda do Capivary I.....	31
Figura 7: Voos realizados sobre a RPPN Fazenda do Capivary I.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de altura e altitude dos voos realizados.....	35
Tabela 2: Dados de velocidade, distância percorrida e temperatura atmosférica durante os voos realizados.....	36
Tabela 3: Registros de animais em voos por ponto de decolagem.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALOS - Advanced Land Observing Satellite

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil

ARP - Aeronaves Remotamente Pilotadas

ASF - Alaska Satellite Facility

GPS - Global Positioning System

GWA - Global Wind Atlas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDW - Inverse Distance Weighting

MDE - Modelo Digital de Elevação

NASA - National Aeronautics and Space Administration

PALSAR - Phased Arrayed type L-Band Synthetic Aperture Radar.

RGB - Red Green Blue

SAR - Synthetic Aperture Radar

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SH - Sentinel Hub

UTM - Universal Transversa de Mercator

RESUMO

A conservação da biodiversidade tornou-se um desafio crucial em um mundo em constante transformação. Nesse contexto, a paisagem, composta por elementos físicos e bióticos, desempenha um papel vital na vida das espécies e em sua sobrevivência. Este estudo visa fornecer informações detalhadas sobre a paisagem da Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda do Capivary I, com o objetivo de auxiliar nos monitoramentos de fauna que empregam Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP). A pesquisa utilizou métodos de geoprocessamento e produção cartográfica combinadas a modelos climáticos, resultando em um material cartográfico que proporcionou uma representação visual das características da paisagem local como: relevo, uso e ocupação e condições do vento. Foram realizadas 15 missões de monitoramento por meio do uso de ARP, as quais cobriram uma área total de 387,63 hectares, foram obtidos 24 registros de animais: 4 mamíferos, além de 20 registros de aves. O conjunto de dados inclui um total de 3 horas e 18 minutos de vídeos com câmera termal e RGB capturados durante os sobrevoos. A integração de geotecnologias na análise da paisagem desempenhou um papel crucial na compreensão das condições de vento, além da importância das geotecnologias na análise do relevo, uso e ocupação da terra, possibilitando a identificação de áreas interesse e críticas para operações, considerando obstáculos naturais e artificiais. Essa abordagem contribuiu para a segurança e o planejamento das operações de voo.

Palavras-chave: Monitoramento de Fauna, Geoprocessamento, Paisagem, Aeronaves Remotamente Pilotadas, Drone.

1. INTRODUÇÃO

A conservação da biodiversidade é um desafio cada vez mais urgente em um mundo em constante transformação. Entender como as diferentes características físicas e bióticas da paisagem influenciam o comportamento dos animais é uma estratégia eficaz para contribuir na conservação e preservação de espécies (Henriques-Silva et al., 2015). A paisagem apresenta diversas especificidades em relação à sua formação, de modo a atribuir características físicas, químicas e biológicas, como a geomorfologia, hidrografia, clima e cobertura vegetal. Com base nisso, torna-se possível adquirir dados acerca de épocas anteriores e do momento atual, bem como discernir padrões indicativos para tendências do futuro (Francelino et al., 2011), já que essas características influenciam na vida das espécies, em seus padrões de movimento, acesso a recursos, interações com outros organismos e, em última instância, sua sobrevivência (Seymour & Dean, 2009; Nascimento et al., 2022).

Nos últimos anos, as geotecnologias, alinhadas à cartografia e ao sensoriamento remoto, vem se desenvolvendo, de modo a desempenhar papéis fundamentais na captura, análise, interpretação e representação de dados geoespaciais e informações geográficas. Essas áreas de estudo são importantes ferramentas para pesquisas científicas, pois auxiliam na compreensão e representação do espaço e, quando aplicadas de forma integrada, possibilitam uma compreensão abrangente e precisa da paisagem, tendo um papel essencial em projetos de conservação (Vital, 2020). Metodologias que empregam a geotecnologia como ferramenta têm se sobressaído como a opção mais eficaz para diminuir os custos e tempo exigido no processo de mapeamento de áreas a serem conservadas (Francisco et al., 2012; Luppi et al., 2015). As geotecnologias abrangem um conjunto de ferramentas e técnicas que englobam sistemas de informação geográfica (SIG), sensoriamento remoto, posicionamento global por satélite (GPS) e modelagem espacial (Nascimento, 2009).

Recentemente, pesquisadores começaram a usar Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), para obter dados sobre animais e seus habitats. Na maioria dos estudos, são utilizadas câmeras de espectro visual padrão (RGB) que são acopladas em ARPs para obter dados sobre a presença de espécies (Chabot & Bird, 2015; Linchant, Lhoest et al., 2015; Linchant, Lisein et al., 2015; Spaan et al., 2019, 2022). No entanto, realizar um monitoramento de espécies faunísticas utilizando ARP é um desafio constante, devido à complexidade das interações ambientais e à necessidade do conhecimento das características da paisagem local. É aqui que a integração de geotecnologias se torna essencial, permitindo a coleta, análise e interpretação

de informações geográficas para melhor compreender a dinâmica da paisagem e as necessidades das espécies que nela habitam (Mantovani, 2006). Assim, este trabalho busca analisar as características do relevo e meteorológicas e, o uso e ocupação da terra de uma Unidade de Conservação, a Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda do Capivary I, localizada na região do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, de forma a auxiliar na obtenção de registros em monitoramento de espécies utilizando ARPs.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. PAISAGEM

A Geografia, enquanto ciência, tem como objetivo fundamental a compreensão dos complexos processos que ligam a sociedade à natureza (Abrão, 2010). Ela se encaixa tanto no âmbito das ciências humanas quanto no das ciências da Terra (Moreira, 2010). Como resultado dessa abordagem interdisciplinar, emergem sistemas de relações e organizações espaciais que nos conduzem a identificar unidades paisagísticas distintas.

Segundo Conti:

A Geografia não dissocia os aspectos culturais dos naturais e nisso reside sua singularidade. Analisa a ecosfera em seus cinco componentes (atmosfera, litosfera, hidrosfera, biosfera e antroposfera), os quais se encontram em permanente processo interativo e de intercâmbio de influências (Conti, 2001, p. 59)

No século XX, pesquisadores como Sauer, Humboldt e Ratzel contribuíram diretamente para a análise do meio ambiente, a partir da perspectiva do observador. Eles enfatizaram a importância da paisagem como uma representação do ambiente que nos cerca (Schier, 2003). De acordo com Correa & Rosendahl (1998), a paisagem é concebida como um elemento fundamental que fornece unidade e identidade à disciplina Geografia, consolidando assim o seu papel na construção do conhecimento geográfico.

Conforme Milton Santos, (2006), a paisagem é composta pelas diversas formas que refletem as influências resultantes das interações entre a humanidade e o ambiente natural. Essa abordagem aponta para um conceito central, no qual a paisagem é o produto das complexas relações entre a ação social no meio natural e, as influências naturais no meio social. É importante destacar que o fator tempo desempenha um papel extremamente relevante na formação e transformação da paisagem, o que é visível em sua configuração.

A Geografia, como disciplina científica, é palco de um debate constante e enriquecedor sobre as abordagens e concepções da paisagem, que servem como uma lente através da qual observamos a relação entre a sociedade e a natureza. Este debate ganha ainda mais destaque no contexto do presente trabalho, que se concentra na integração de geotecnologias na análise da paisagem para o monitoramento de espécies faunísticas em Unidades de Conservação. A partir das contribuições de renomados geógrafos e pesquisadores, como Santos, Humboldt, Sauer e Ratzel, e das perspectivas atuais, exploraremos como a paisagem se torna um elemento fundamental na definição da Geografia. Sendo assim, o debate científico geográfico está presente neste estudo, abordando a análise da paisagem, que será o foco principal deste trabalho (Schier, 2003).

Segundo Aziz Ab'Saber:

Todos os que se iniciam no conhecimento das ciências da natureza – mais cedo ou mais tarde, por um caminho ou por outro – atingem a ideia de que a paisagem é sempre uma herança. Na verdade, ela é uma herança em todo o sentido da palavra: herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades. (Ab'Saber, 2003, p. 9).

A abordagem de Ab'Saber em relação à paisagem é profundamente enraizada na compreensão da interação entre processos históricos e contemporâneos que moldam o ambiente geográfico. Para Ab'Saber, a paisagem não é apenas um cenário estático, mas sim um resultado dinâmico das forças que atuaram e continuam a atuar sobre ela ao longo do tempo. Ele propõe uma abordagem integrada, considerando tanto os processos pretéritos quanto os processos atuais como elementos cruciais na formação e transformação das paisagens e ressalta como eventos geológicos e climáticos moldaram a paisagem o que resultou em características específicas em diferentes regiões.

A visão de Ab'Saber vai além do aspecto físico da paisagem ao incorporar uma perspectiva cultural e histórica. A paisagem é considerada como uma herança completa, não apenas de processos físicos e biológicos, mas também como um patrimônio coletivo dos povos que historicamente ocuparam e utilizaram essas terras.

2.2. RESERVA PARTICULAR E DO PATRIMÔNIO NATURAL FAZENDA DO CAPIVARY I

As Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) são unidades de conservação de domínio privado, legalmente registradas com perpetuidade nas matrículas dos imóveis. Seu

principal objetivo é a conservação da diversidade biológica. As RPPNs desempenham um papel significativo na ampliação das áreas protegidas no país e promovem a participação do setor privado nos esforços nacionais de conservação (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2012).

A Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda do Capivary I está situada no município de Santa Bárbara, na região do Quadrilátero Ferrífero, no estado de Minas Gerais (Fig. 1). Em propriedade da Vale S.A, está a RPPN que abrange uma área de 1.984 hectares (Instituto Ambiental Vale, 2009). Situada na Sub-bacia do rio Piracicaba, uma parte integrante da ampla bacia do rio Doce, a região da RPPN apresenta um clima classificado como tropical de altitude, caracterizado por uma estação seca que se estende de abril a setembro, seguida por uma estação chuvosa que ocorre de novembro a março (Amarante et al., 2001).

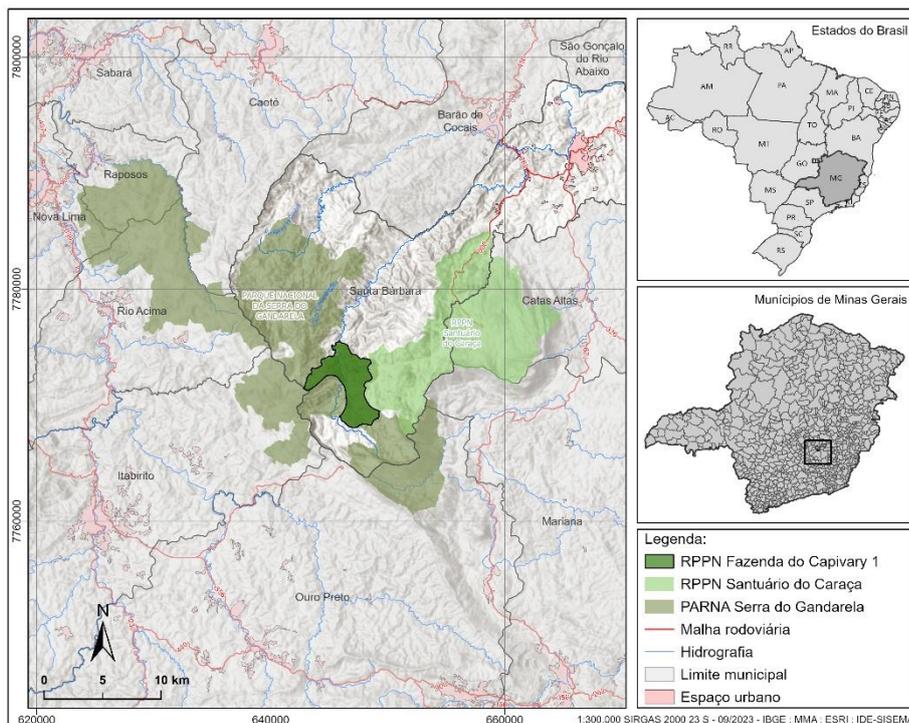


Figura 1: Localização da Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda do Capivary I no território nacional. Elaborado por Rodolfo da Cunha Sarcinelli em 2023.

A RPPN Fazenda do Capivary I está localizada nas proximidades da Serra do Caraça, na região sudeste da Cadeia do Espinhaço. Essa localização é notável devido à sua característica distintiva de abranger uma ampla diversidade de ambientes, resultado de um marcante gradiente altitudinal (Vasconcelos & Melo Júnior, 2001). Sua cobertura vegetal é caracterizada pelas

variações altitudinais como também é influenciada pelas condições hidrográficas, relevo e características do solo, resultando em diversas fisionomias (Carnevali, 2000). Nas áreas de maior altitude, onde o solo é mais pobre e os ventos são mais intensos, prevalece uma vegetação de campo de pequeno porte, com predominância de gramíneas, ciperáceas e arbustos dispersos. Por outro lado, nas ravinas e em algumas partes das encostas superiores, são encontradas formações arbóreas predominantes. Em altitudes inferiores e nas encostas iniciais, onde o solo é mais fértil, ocorre uma vegetação florestal mais densa com estratos bem definidos (Carnevali, 2000). Em altitudes entre 1.400 e 1.550 metros, a região apresenta áreas de Campos Rupestres, um ecossistema singular conhecido por sua biodiversidade e adaptação da vegetação a solos rasos e afloramentos rochosos. Entre 1.200 e 1.400 metros, a paisagem é dominada por áreas de Floresta Estacional Semidecidual Montana. Essa transição altitudinal contribui para a riqueza da biodiversidade na região, oferecendo uma variabilidade única de vegetação e ecossistemas (IBGE, 2012; Veloso et al., 1991).

Localizada na área de transição entre dois domínios morfoclimáticos brasileiros de grande destaque: o Cerrado e a Mata Atlântica (Ab'Saber, 1977), A RPPN possui aptidão para abrigar diversos conjuntos de espécies de vertebrados, seja ictiofauna, herpetofauna, avifauna ou mastofauna. Isso deve-se ao fato desses biomas serem internacionalmente reconhecidos por sua capacidade de abrigar uma rica biodiversidade, abrangendo um significativo número de espécies ameaçadas de extinção. Essa capacidade é amplamente influenciada pela sua conexão contínua com a RPPN Santuário Serra do Caraça e o Parque Nacional da Serra do Gandarela, que estabelecem um valioso corredor ecológico, proporcionando condições para a conservação da biodiversidade (Instituto Ambiental Vale, 2009).

Conforme descrito no plano de manejo, a RPPN Fazenda do Capivary I tem o potencial de abrigar aproximadamente 114 espécies de mamíferos, distribuídas em 26 famílias, levando em consideração as características específicas da região onde a reserva está situada. Isso enfatiza a importância da área como um habitat propício para uma diversidade significativa de espécies, realçando ainda mais a relevância da sua conservação (Instituto Ambiental Vale, 2009).

2.3. GEOTECNOLOGIAS

As geotecnologias desempenham um papel essencial em estudos que envolvem o componente espacial, com destaque para o Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e

Sistemas de Informações Geográficas (SIG). A capacidade de especializar informações geográficas é fundamental para compreender e analisar o contexto local. Essas tecnologias permitem a aquisição de dados geográficos por meio de imagens de satélite e sua posterior integração a um banco de dados dedicado (Câmara et al., 2001; Menezes et al., 2017).

Ao revisar trabalhos acadêmicos, podemos observar como essas geotecnologias são frequentemente empregadas para mapear e analisar áreas verdes em diferentes locais. Pesquisas realizadas por Buccheri Filho & Nucci (2006), Cristina De Jesus & Braga (2005), Escada (1992) e outros, têm contribuído significativamente para o entendimento e a gestão de espaços, demonstrando o impacto positivo das geotecnologias na pesquisa geográfica.

Nessa perspectiva, as tecnologias geoespaciais têm conquistado crescente destaque e reconhecimento, tornando-se elementos indispensáveis em nosso dia a dia. Rosa define Geotecnologias como sendo:

Conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica. São compostas por soluções de hardware, software e peopleware que juntas constituem-se em poderosos instrumentos como suporte a tomada de decisão. Dentre as geotecnologias podemos destacar: a cartografia digital, o sensoriamento remoto, o sistema de posicionamento global, o sistema de informação geográfica. (Rosa, 2013, p. 6)

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) desempenham três funções principais (Francisco, 2017):

- Gerenciamento de banco de dados geográficos: Isso envolve o armazenamento, integração e recuperação de dados georreferenciados de várias fontes e formatos em um único banco de dados.
- Análises espaciais: Os SIG permitem a combinação e cruzamento de dados por meio de operações geométricas e topológicas, resultando na geração de novas informações.
- Produção cartográfica: Os SIG auxiliam na entrada, conversão, edição e finalização de dados para a apresentação por meio impresso ou digital.

O Geoprocessamento emergiu como uma ferramenta de ampla aplicabilidade e relevância social, dado o seu vasto potencial não apenas para a aquisição de informações, mas também para a compilação, cruzamento, organização e tratamento desses dados geográficos. Isso possibilita uma abordagem abrangente no estudo da superfície terrestre. Conforme nos

aponta Câmara, permite “*análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados*” (Câmara et al., 2001).

O Sensoriamento Remoto emerge como uma tecnologia de importância global significativa. Ele é definido como "um conjunto de atividades que possibilita a aquisição de informações sobre os objetos que constituem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com eles" (Moraes, 2002). Essa tecnologia oferece a capacidade de coletar dados e informações valiosas sobre a Terra e seus elementos, permitindo uma ampla gama de aplicações em áreas como geografia, meio ambiente, agricultura, monitoramento de recursos naturais, entre outros. Além disso, o Sensoriamento Remoto desempenha um papel fundamental na compreensão e na tomada de decisões em escala global, contribuindo para o progresso científico.

Assim, tanto os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) quanto o Geoprocessamento se destacam como ferramentas inestimáveis para pesquisadores. Sua natureza multidisciplinar permite a manipulação e análise de uma ampla gama de informações geográficas, atendendo a diversas áreas de pesquisa. Essas tecnologias desempenham um papel crucial na compreensão do nosso mundo, facilitando a tomada de decisões informadas e contribuindo para avanços significativos em vários campos do conhecimento.

2.4. MONITORAMENTO DE ESPÉCIES FAUNÍSTICAS

O monitoramento de fauna é uma prática de grande importância na gestão e conservação das populações de animais em Unidades de Conservação. Ele compreende a coleta sistemática de informações abrangendo a presença, abundância, distribuição, comportamento, saúde e demografia das espécies animais. Esses dados desempenham um papel crucial na avaliação do estado de conservação das espécies, na identificação de ameaças, na formulação de estratégias de manejo e na avaliação da eficácia das ações de conservação (Y. Nascimento et al., 2022). Embora haja uma variedade de técnicas disponíveis para a coleta de dados no monitoramento de fauna, como transectos lineares e armadilhas fotográficas, é importante observar que muitas dessas abordagens podem ser dispendiosas, demoradas e desafiadoras de serem implementadas (Spaan et al., 2019), sendo a escolha do método dependente das espécies-alvo e do ambiente de estudo (Cáceres et al., 2011; Dirzo et al., 2014; Marques et al., 2013; Y. Nascimento et al., 2022).

Atualmente, ARPs estão modificando rapidamente a maneira como as populações de mamíferos são monitoradas (Barros & Leuzinger, 2019). O uso dos ARPs se apresenta como um método de pesquisa rápido e ágil, por possuir capacidade de cobrir grandes áreas e fornecer uma enorme quantidade de dados em um pequeno espaço de tempo, podendo fornecer uma riqueza de dados em um ritmo comparável à taxa em que os habitats são perdidos ou ameaçados (Spaan et al., 2022). Possui também vantagens como facilidade de uso, baixo impacto ambiental, versatilidade e capacidade de cobrir áreas inacessíveis ao pesquisador (Evans et al., 2015; Ivošević et al., 2015). As ARPs podem dispor do auxílio de câmeras infravermelhas térmicas acopladas, tornando as análises sobre as interações entre os animais e seu habitat mais detalhadas (Spaan et al., 2019). Assim, são considerados como uma alternativa de complementação das metodologias tradicionais em estudos da vida selvagem (Chabot & Bird, 2015; Linchant, Lisein et al., 2015).

Entretanto existem várias limitações para a aplicação de ARP multirotores comerciais em pesquisas de vida selvagem, como os obstáculos da área, velocidade do vento no horário e tempo de voo relativamente curto associado a certos modelos de ARPs (Spaan et al., 2019). Em estudos como os de Spaan et al. (2022), que utilizam ARPs, são realizados voos preliminares manuais em cada local para estimar a altura do dossel, avaliar a qualidade da transmissão do sinal (GNSS, controle remoto e sinal de vídeo) e avaliar a presença de barreiras antrópicas que podem colocar o equipamento em perigo durante os voos como exemplo, edifícios e linhas de energia.

2.5. AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) é a entidade responsável por regulamentar os voos de ARPs no Brasil. Suas regulamentações visam garantir a segurança das operações aéreas não tripuladas, estabelecendo diretrizes para o uso responsável e seguro de em diferentes cenários e aplicações. A ANAC estabelece requisitos específicos para operações, promovendo a conscientização e a observância das normas para evitar incidentes e assegurar a integridade de pessoas, propriedades e outras aeronaves (ANAC, 2017).

Segundo a ANAC, o piloto remoto deve ter ciência de todas as informações necessárias ao planejamento do voo, como relevo, considerando os possíveis obstáculos, as limitações e comportamento com relação aos fatores que interferem no funcionamento do equipamento e as condições meteorológicas (ANAC, 2017).

A avaliação minuciosa das condições meteorológicas é um elemento crucial para garantir a segurança de operações. Condições ideais incluem dias ensolarados com ventos leves, visto que proporcionam menor risco às operações desse tipo de equipamento. Porém, há momentos em que é necessário operar um ARP sob condições meteorológicas que não se enquadram no cenário ideal de operação. Nessas circunstâncias, é fundamental adotar precauções rigorosas para preservar a segurança das operações, prevenir danos ao equipamento e, o que é ainda mais crucial, reduzir o risco de colisões com objetos, pessoas e outras aeronaves. Executar operações de ARP em condições adversas exige prática, paciência e atenção especial para a reposição das baterias (ANAC, 2017).

A fim de evitar a operação de uma ARP em condições meteorológicas adversas, é aconselhável que o piloto remoto esteja bem-informado sobre as condições meteorológicas na fase de planejamento pré-voo e compreenda os riscos associados a diferentes fenômenos meteorológicos que possam afetar a operação. Esse planejamento requer uma antecipação adequada em relação ao horário de decolagem da aeronave e essas precauções contribuirão para aumentar a consciência situacional e a segurança durante a operação. Além disso, o operador deve conhecer os limites operacionais do equipamento, no que se refere às condições meteorológicas (ANAC, 2017).

Velocidade do vento acima 10 m/s, neve, chuva e nevoeiro são condições meteorológicas adversas para a operação de alguns modelos, (...) podendo ocasionar risco de colisão com pessoas, aeronaves ou obstáculos. (ANAC, 2017, online)

Portanto, a ANAC recomenda que antes de iniciar qualquer operação o operador se familiarize com as variações nos padrões de vento específicos da região. Em relação a situações de chuva, a ação da água pode degradar o desempenho do enlace de comando e controle, podendo resultar em uma significativa redução do alcance rádio. Além disso, o excesso de umidade pode ocasionar falhas temporárias no equipamento sendo altamente recomendável interromper o voo e secar as partes do equipamento que estão molhadas (ANAC, 2017).

A ANAC aprovou a Emenda nº 3 do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (2023) o qual estabelece os requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil. A Emenda nº 03 define Operação em Linha de Visada Visual como a operação em condições meteorológicas visuais, na qual o piloto, sem o auxílio de observadores de ARP, mantém o contato visual direto (sem auxílio de lentes ou outros equipamentos) com a aeronave remotamente pilotada, de modo a conduzir o voo com as responsabilidades de manter as

separações previstas com outras aeronaves, bem como de evitar colisões com aeronaves e obstáculos, sendo a distância máxima de visibilidade “Operação em Linha de Visada” de 4 km. A Emenda nº 03 também determina os requisitos de autonomia, onde somente é permitido iniciar uma operação de aeronave não tripulada se, considerando vento e demais condições meteorológicas conhecidas, houver autonomia suficiente para realizar o voo e pousar em segurança no local previsto.

3. OBJETIVOS

3.1. GERAL

Identificar, analisar e mapear as características do relevo, meteorológicas e uso e ocupação da terra que compõem a paisagem da Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda do Capivary I, a partir de técnicas de geoprocessamento e produção cartográfica, a fim de auxiliar metodologias de monitoramento de espécies que utilizam ARPs.

3.2. ESPECÍFICOS

- i. Identificar as características da paisagem que influenciam na obtenção de dados.
- ii. Gerar Modelo Digital Elevação com relevo sombreado e declividade da RPPN;
- iii. Determinar e mapear os padrões predominância dos ventos na RPPN.
- iv. Identificar e mapear o uso e ocupação da terra na RPPN;
- v. Realizar voos de monitoramento de fauna e analisar dados.
- vi. Elaborar um banco de dados cartográficos em escala adequada aos estudos.

4. METODOLOGIA

Foram definidas três categorias principais que podem influenciar a coleta de dados em atividades de ARP e monitoramento de fauna: Características do Relevo, Condições do Vento e Uso e Ocupação da Terra (ANAC, 2017; Spaan et al., 2019). Em seguida, houve a coleta de dados de fontes geoespaciais fornecidas de forma online e gratuita por organizações como Alaska Satellite Facility (Geophysical Institute, 2023) e Global Wind Atlas (Badger et al, 2023), que foram posteriormente processados em ambientes de SIG. Por fim, foram

selecionados três pontos de voos no interior da RPPN Fazenda do Capivary I, onde foram realizados os voos de monitoramento de fauna.

Toda a produção cartográfica foi desenvolvida no ambiente do Sistema de Informação Geográfica (SIG) com o auxílio do programa ArcGIS Pro. Todos os dados foram convertidos para a projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) e o datum SIRGAS 2000, fuso 23 sul.

Neste estudo, empregamos o modelo de ARP Matrice 200, equipado com uma câmera termal Zenmuse XT de resolução 640×512, juntamente com uma câmera RGB de alta definição, com resolução 3840×2160 (Fig. 2a). Para visualização em tempo real, utilizamos uma tela DJI Crystal Sky (Fig. 2b). Este modelo apresenta uma autonomia de voo de até 24 minutos, sendo capaz de operar a uma distância máxima de transmissão de 5 km em relação ao operador, conforme especificado no manual do fabricante (DJI, 2018). Além disso, é importante destacar que, o Matrice 200 é resistente a ventos de até 12 m/s e pode funcionar em temperaturas que variam de -20°C a 50°C, tornando-o uma escolha segura e versátil para diversas aplicações neste estudo.

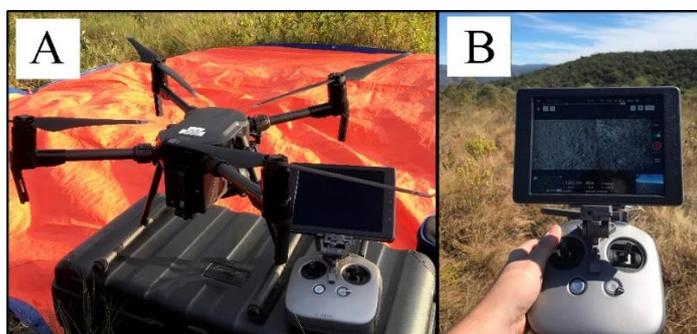


Figura 2: Aeronave Remotamente Pilotada utilizada no estudo. A: Modelo de aeronave Matrice 200 B: Controle e Tela DJI Crystal Sky.

4.1. CARACTERÍSTICAS DO RELEVO

Utilizando a plataforma desenvolvida pela ASF (Alaska Satellite Facility) que oferece acesso a uma vasta coleção de dados de radar de abertura sintética (SAR) provenientes de satélites, incluindo imagens de radar da NASA e da Agência Espacial Europeia, foi possível obter uma imagem do ALOS PALSAR (Advanced Land Observing Satellite) (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar), satélite japonês com resolução espacial de 12,5 metros

referente a data 15-02-2011 (Geophysical Institute, 2023). A partir da imagem do ALOS PALSAR, foram extraídas as curvas de nível de 50 metros e confeccionado o Modelo Digital de Elevação (MDE) com classes de altitude divididas em nove intervalos de 100 m, possuindo a cota inferior de 800 metros e cota superior de 1700 metros. Para obter uma melhor representação visual do MDE, de modo que as variações fossem melhor representadas, este foi editado em suas propriedades com transparência de 25% e plotado sobre relevo sombreado, obtido por meio da ferramenta HillShade. Com isso, foi possível elaborar mapas temáticos em escala 1:50.000 para representar as características altimétricas contidas na paisagem da área de estudo.

Foi utilizado o software ArcGIS Pro (ESRI, 2022) como ferramenta para análise de superfície. Foi calculada a declividade, representada em porcentagem, a partir da variação altimétrica da vertente em relação ao eixo horizontal, classificadas segundo (Santos et al., 2018), em cinco classes de declive:

1. Plano (0 – 3%): Relevo com baixa declividade, terreno é praticamente plano;
2. Suave ondulado (3,1 – 8%): Terreno com pequenas elevações e depressões;
3. Ondulado (8,1 – 20%): Relevo com elevações e depressões mais pronunciadas;
4. Fortemente ondulado (20,1 – 45%): Terreno com elevações e depressões significativas;
5. Montanhoso (45,1 – 75%): Áreas montanhosas com declividades muito acentuadas;
6. Escarpado (> 75%): Terreno com extrema declividade;

4.2. CONDIÇÕES PREDOMINANTES DO VENTO

A criação do mapa de direção de ventos no ArcGIS Pro, foi realizada com base na imagem raster disponibilizada na plataforma Global Wind Atlas, que envolve a utilização de um conjunto de dados globais de recursos eólicos. Esses dados são compilados a partir de observações de satélites, instrumentos terrestres e balões meteorológicos, além de modelos numéricos que permitem a criação de um registro contínuo das condições climáticas e atmosféricas da Terra, durante o período de 2008 a 2017 (Badger et al., 2023). O processo de modelagem é composto por cálculos para condições locais de vento com resolução de 3 km em três alturas: 50, 100 e 200 m, neste trabalho consideramos os dados com 50 metros de altura em

relação a superfície do terreno. Essa abordagem permite extrair informações detalhadas sobre a direção e velocidade predominante do vento na região de interesse, como a RPPN Fazenda do Capivary I.

Para criar o mapa de direção predominante de ventos, o processo começa com a coleta de pontos amostrados na plataforma do Global Wind Atlas, cada ponto consiste em uma representação do comportamento do vento em uma área de 3 km, contendo informações sobre a direção e velocidade do vento, portanto para determinar as condições do vento é necessário coletar diversos pontos na região da RPPN. Utilizando esses pontos como base, é possível realizar uma interpolação para gerar uma superfície raster que represente a distribuição das direções do vento em toda a área de interesse. Para isso, é empregada a técnica de distância ponderada inversa (IDW), é um método de interpolação espacial que considera a distância entre os pontos amostrados e o local em que se deseja estimar a direção do vento (Jimenez & Domecq, 2008). Esse processo de interpolação é realizado de maneira automatizada pelo ArcGIS Pro, permitindo a criação de dois mapas de escala 1:50.000 da direção e velocidade predominante dos ventos e velocidade média dos ventos, que reflete as características predominantes na região, proporcionando informações valiosas para análises e tomadas de decisões relacionadas ao vento na área da RPPN Fazenda do Capivary I.

4.3. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

Através do portal de dados Copernicus Open Access Hub (European Spatial Agency, 2023), foram adquiridas imagens do Sentinel-2, com uma resolução espacial de 12,5 metros, abrangendo o período de junho a agosto de 2022. Para garantir a qualidade na definição do uso e ocupação, foram utilizadas imagens com baixa presença de nuvens na região.

Foram definidas classes para categorizar as características da paisagem na área observada, sendo elas, Floresta Estacional Semidecidual, Campo Rupestre, Campo Limpo, Afloramento Rochoso, Estado de Regeneração, entre outras. Além disso, foram identificados elementos-chave na paisagem, como estradas, trilhas e redes de transmissão. A classificação das características da paisagem foi realizada manualmente, utilizando ferramentas de edição e criação de polígonos, no software ArcGIS Pro. Esse processo possibilitou mapear as áreas com precisão e, representar cada classe de forma adequada, de acordo com sua representatividade na área de estudo.

Com todas as classes devidamente definidas, as áreas ocupadas por cada uma delas foram calculadas e, em seguida, o mapa de uso e ocupação da terra elaborado. A produção cartográfica incluiu a utilização da rede hidrográfica, desenvolvida na etapa de Características do relevo. Esse conjunto de procedimentos resultou em um mapa detalhado e informativo de uso e ocupação do solo, com escala de 1:40.000, fornecendo uma representação visual das características da paisagem na região.

4.4. VOOS DE MONITORAMENTO DE FAUNA

Os dados de monitoramento apresentados neste estudo fazem parte de um conjunto de informações coletadas no âmbito do projeto intitulado "LEVANTAMENTO DE POPULAÇÕES DE MAMÍFEROS DE MÉDIO E GRANDE PORTE COMO ESTRATÉGIA DE CONSERVAÇÃO EM ÁREAS DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO - MG".

Foram realizados voos focados na coleta de dados sobre mamíferos de médio e grande porte na RPPN Fazenda do Capivary I. Foi utilizada ARP equipada com uma câmera termal e uma câmera 4K. Os voos realizados foram manuais e executados em varreduras, a partir de três pontos de decolagem com maior elevação: Ponto A, Ponto B e Ponto C (Fig. 3a). Os pontos foram escolhidos considerando a facilidade de acesso, visão desimpedida das áreas florestais, localização elevada e isenta de obstáculos, e a presença de uma área plana para facilitar operações de pouso e decolagem. Os voos ocorreram entre julho de 2022 e janeiro de 2023, durante janelas meteorológicas favoráveis, com ausência de chuva e ventos dentro dos limites de segurança estabelecidos. No protocolo de coleta de dados, foram registrados data, horário de início, tempo de duração do voo, condições meteorológicas, espécies observadas, localização geográfica e o tipo de habitat. Os voos com a câmera termal foram planejados pela manhã e ao final da tarde, pois esses horários oferecem as melhores condições para a visualização de animais. Isso se deve à eficiência relativa na detecção de calor e à redução da incidência solar.

Após concluir os voos de monitoramento da fauna, conduzimos uma análise de todos os vídeos para identificar potenciais registros de animais e coletar suas coordenadas de localização. Os dados de voo foram exportados em formato shapefile e calculado distância percorrida, área de voo e variações altimétricas durante as missões aéreas. Para calcular a densidade de voo, a ARP registrou coordenadas a cada segundo durante os voos, usadas para criar um shapefile com pontos representando as posições ao longo do voo. Com as coordenadas à disposição, foi realizado uma análise espacial utilizando a ferramenta de Densidade Kernel

no ArcGIS Pro. Essa ferramenta é projetada para processar dados a partir de pontos georreferenciados e representa a distribuição espacial desses pontos. Sendo utilizada para identificar padrões de densidade, enfatizando áreas com alta concentração de pontos, onde a concentração dos pontos é refletida de forma mais destacada. Essa ferramenta facilitou a análise da densidade de voos na área sobrevoada, gerando um mapa de registros de densidade de voos em escala 1:50.000. Os resultados obtidos auxiliaram na compreensão da distribuição e espacialidade dos voos e registros de espécies na área de estudo (Souza et al., 2013).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. CARACTERÍSTICAS DO RELEVO

Na RPPN Fazenda do Capivary I, a altitude varia de 800 a 1700 metros. Predominantemente, as características do relevo têm predominância ondulado e forte ondulado, com algumas áreas planas e suaves, com presença de áreas montanhosas (Fig. 3b). É importante notar que os voos abrangeram uma ampla variação de altitude, variando de 1290 metros a 1449 metros (Tabela 1), abrangendo áreas de relevo ondulado, forte ondulado e montanhoso. Demonstrando a flexibilidade e versatilidade do uso de ARP em operações de manejo de fauna, por se adaptarem a diferentes características topográficas e realizarem operações cobrindo grandes áreas num tempo relativamente curto.

A topografia desempenha um papel fundamental na captação de registros de fauna que utilizam ARP, além de trabalhar como obstáculo natural para as operações, em áreas com topografia heterogênea a radiação varia em função da altitude, declividade e da orientação da superfície (Weber, 2011). Vales profundos e encostas sombreadas são locais propensos a receber uma quantidade reduzida de luz solar direta, o que pode ter impactos significativos na qualidade das imagens capturadas por sensores do espectro visual e termográficas. Isso, por sua vez, pode dificultar a identificação precisa de objetos e animais na paisagem (Spaan et al., 2019). O grau de exposição solar varia ao longo do dia, podendo aquecer objetos na paisagem e resultar em interpretações equivocadas e registros de fauna que, na verdade, são causados pela mudança de temperatura em elementos não relacionados à fauna (Kays et al., 2019). Ao planejar os horários de voo, é essencial considerar não apenas as condições topográficas, mas também os padrões de exposição solar. Evitar períodos de maior exposição solar é recomendado para prevenir falsos positivos durante a coleta de dados.

O relevo exerce impacto direto nos padrões de vento locais, sendo que áreas mais elevadas experimentam ventos mais intensos e turbulentos (Nobrega et al., 2019). Isso pode influenciar a estabilidade do voo e complicar a coleta de dados. Portanto, ao planejar operações aéreas em regiões com topografias diversas, é crucial possuir conhecimento prévio das características do terreno e das condições locais. Esse cuidado no planejamento possibilita a otimização da escolha de altitudes na área a ser mapeada, assegurando a coleta de dados em conformidade com os requisitos de segurança. Isso, por sua vez, contribui para a realização de uma operação bem-sucedida e segura (Reis, Faria & Duarte, 2022).

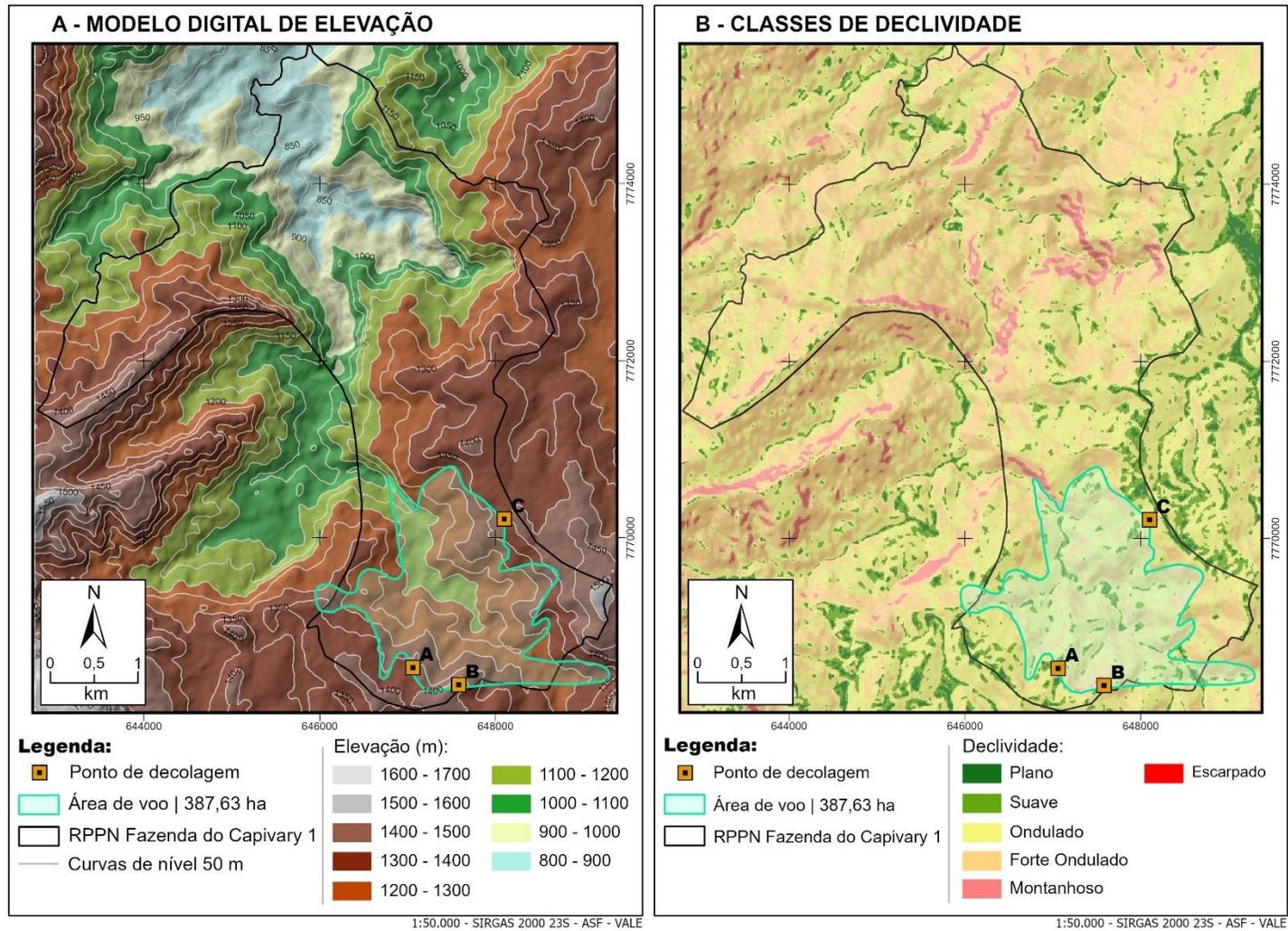


Figura 3: Mapa de características do relevo da RPPN Fazenda do Capivary I. **A:** Modelo digital de elevação. **B:** Classes de declividade.

5.2. CONDIÇÕES PREDOMINANTES DO VENTO

A velocidade dos ventos na região da RPPN Fazenda do Capivary I varia de 4 a 10 m/s (Fig. 4a). A velocidade média no período de 2008 a 2017 variou, dentro dos limites da RPPN de 0 a 5 m/s, sendo que nos entornos da RPPN algumas regiões alcançaram velocidades médias de até 10m/s (Fig. 4b). Ao analisar as velocidades médias por horário do dia ao mês durante o mesmo período de tempo, tem-se uma variação diária com maiores velocidades nos períodos de 18 h às 6 h (noite) e menores velocidades durante o período diurno das 6h às 18h. Além disso, os meses de seca (mar - ago) apresentam menores velocidades comparado aos meses chuvosos (set - fev) (Fig. 4c).

As condições do vento exercem notável influência na estabilidade, controle e autonomia da ARP, podendo deslocar a aeronave e comprometer a manutenção de sua posição e orientação desejadas, o que, por sua vez, se traduz em imagens. potência para manter sua posição, elevando assim o consumo de energia, como resultado, a autonomia da bateria pode sofrer uma queda significativa, limitando o tempo de voo (ANAC, 2017).

Ventos de alta intensidade também aumentam o potencial de acidentes, já que rajadas inesperadas podem resultar em colisões com obstáculos ou, em casos extremos, na perda da ARP. Quando os ventos atingem velocidades significativas, os pilotos podem ser pegos de surpresa. Nessas circunstâncias, o equipamento pode se desviar da linha de visão, perdendo o sinal de rádio e ativando o modo FailSafe. Se a altitude pré-configurada para o retorno não for adequada, o VANT corre o risco de colidir com vegetação ou obstáculos no solo. Em tais situações, é crucial realizar ajustes contínuos na trajetória e altitude para manter o controle, exigindo habilidades avançadas de pilotagem (ANAC, 2017).

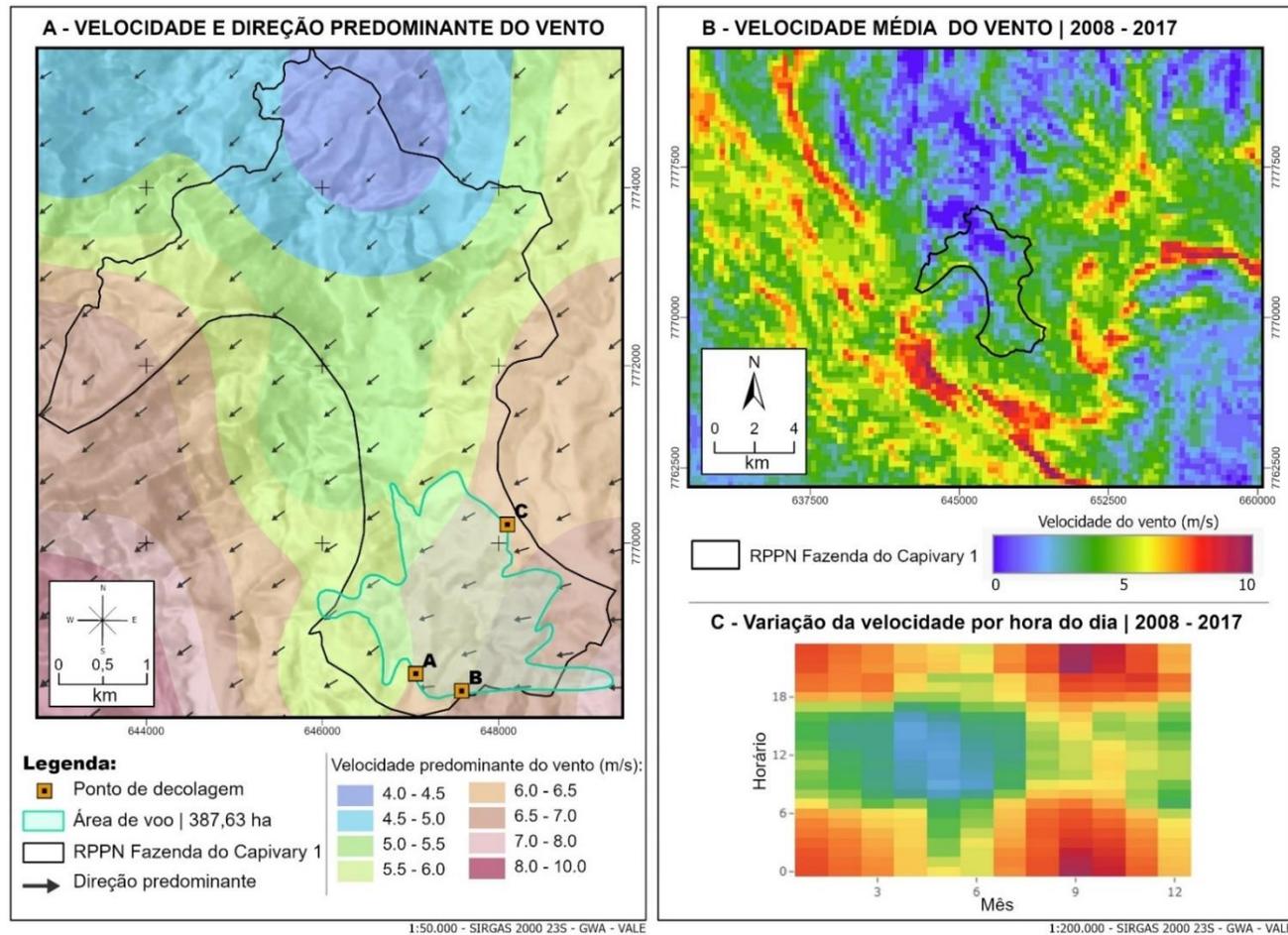


Figura 4: Mapas de condições predominantes do vento da RPPN Fazenda do Capivary I. **A:** Velocidade e direção predominantes. **B:** Velocidade média do vento no período de 2008 a 2017. **C:** Variação média da velocidade do vento de acordo com o horário do dia no período de 2008 a 2017.

5.3. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

A variedade de domínios de classes da RPPN Fazenda do Capivary I representa uma rica diversidade de ambientes e paisagens vegetais (Fig. 5), desempenhando um papel vital na provisão de habitats naturais para as espécies em estudo. A maior parte da área é composta por Floresta Estacional Semidecidual, abrangendo 84,07% da área total. No entanto, em áreas como o Campo Limpo (7,2%) e o Campo Rupestre (1,21%), existem evidências de uso humano, como desmatamento e pastagem de gado em locais próximos à Floresta Estacional Semidecidual.

A natureza do uso e cobertura da terra exerce um impacto significativo na disponibilidade de habitat para as espécies monitoradas (Vasconcelos & Melo Júnior, 2001). Em áreas urbanas e agrícolas, é comum observar uma redução drástica na disponibilidade de habitats naturais, o que pode representar um desafio para a conservação da fauna. Por outro lado, a presença de floresta semidecidual, desempenha um papel fundamental na manutenção de habitats adequados para essas espécies, proporcionando condições ideais para seu desenvolvimento e sobrevivência (Rezende, 2011). Assim, o entendimento e a consideração cuidadosa do uso e cobertura da terra são essenciais para o planejamento e execução de operações de monitoramento de fauna com ARP, garantindo que as informações coletadas sejam precisas e eficazes na proteção das espécies e seus habitats.

A fragmentação do habitat devido à ocupação humana tem repercussões significativas na ecologia das espécies e nos ecossistemas em geral. Essa fragmentação afeta a capacidade de movimentação das espécies entre diferentes áreas. A falta de conectividade resultante desse processo pode levar à redução das populações e à diminuição da diversidade genética, tornando as espécies mais vulneráveis a ameaças ambientais e ao declínio populacional (Calaça et al., 2010; Bernardo & de Melo, 2013; Pacheco et al., 2021). Além disso, atividades humanas, como agricultura intensiva e pastagens, é uma das principais ameaças que impacta na perda florestal, pela fragmentação e degradação florestal, processos que podem afetar as espécies arbóreas. Ao conduzir sobrevoos para monitoramento de fauna, é crucial levar em consideração a complexa matriz de uso e ocupação da terra.

A Floresta Estacional Semidecidual, sendo a classe dominante, é provavelmente o habitat mais crítico para o monitoramento de fauna devido à sua riqueza em biodiversidade (Rezende, 2011). As áreas de Campo Limpo e Campo Rupestre, embora afetadas pela atividade humana, também podem ser de interesse para a pesquisa e conservação.

A identificação de elementos relevantes, como a presença de uma linha de transmissão de energia, representa um fator limitante nos voos realizados na RPPN Fazenda do Capivary I, sendo obstáculos significativos para as operações. A proximidade a essas linhas pode criar riscos de colisões e interferir nas operações de sobrevoos (ANAC, 2017). Portanto, o mapeamento e a consideração desses elementos na planificação de voos são cruciais para a segurança e eficácia das missões de monitoramento de fauna. Além disso, a presença de estradas e trilhas desempenham um papel importante nas operações, uma vez que essas vias fornecem acesso aos locais de pouso e decolagem. Isso é particularmente relevante em áreas de terreno acidentado, onde o acesso direto ao local de lançamento pode ser complicado.

Assim, a análise da paisagem e suas composições de uso e cobertura desempenham um papel importante nas operações de monitoramento de fauna com o uso de ARP. A identificação de locais ideais para voos, a definição de rotas seguras e a minimização de riscos são aspectos que garantem a eficácia e a segurança dessas operações. Compreender a dinâmica de uso e ocupação da terra, bem como a presença de obstáculos, como linhas de transmissão de energia, contribui para a tomada de decisões informadas e o planejamento das operações (Reis, Faria & Duarte, 2022).

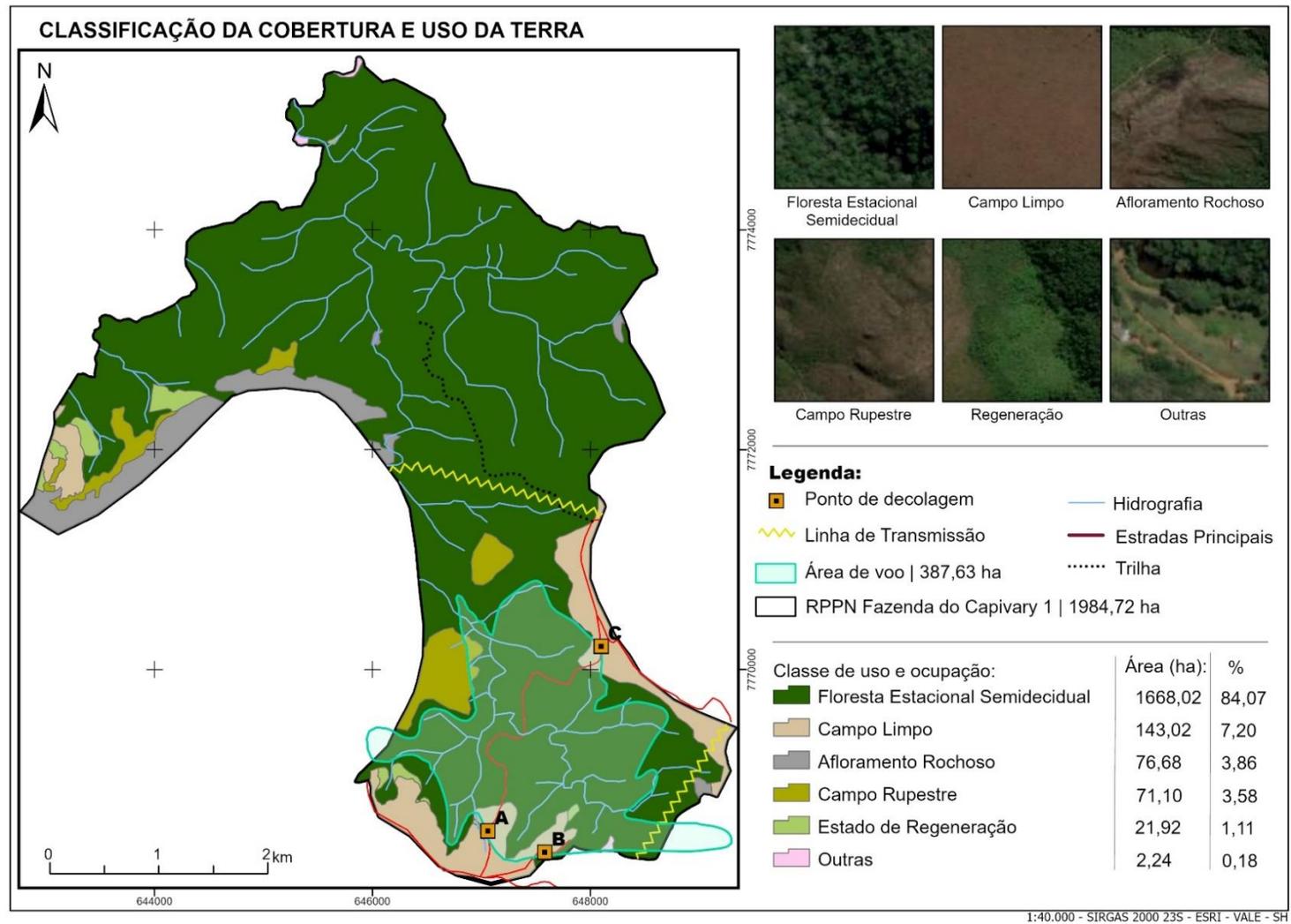


Figura 5: Mapa de classificação da cobertura e uso da terra da RPPN Fazenda do Capivary I.

5.4. DADOS DE VOOS E MONITORAMENTO DE FAUNA

Os resultados dos voos realizados na RPPN Fazenda do Capivary I revelam uma valiosa contribuição para o monitoramento de fauna na região. No total, foram conduzidos 15 voos (Tabela 3), resultando em registros de 4 espécies de mamíferos e 12 morfoespécies de aves. No total cinco voos não resultaram em registros, o que reflete a eficácia das operações para a coleta de dados de fauna (Fig. 6a).

A maioria dos registros de mamíferos e aves tenha ocorrido em áreas de floresta, o que destaca a importância da conservação desses habitats para a vida selvagem. No entanto, também foi observado que alguns registros de aves foram obtidos em áreas de campo limpo, o que sugere a necessidade de monitoramento em uma variedade de ambientes. O voo DJI_0039 foi escolhido como representante no mapa de registros de fauna devido à sua capacidade de capturar tanto mamíferos quanto aves em um único voo, ilustrando sua eficácia na coleta de dados, com tempo de voo de apenas 10,24 minutos (Tabela 2).

A análise da densidade de voos revelou que a parte central da área de sobrevoo apresenta uma alta densidade de operações, enquanto as áreas circundantes mostram uma média baixa de densidade, isso sugere que deveriam ocorrer mais operações de voo nessas áreas. É interessante observar que o tempo médio de voo das operações, que foi de 14 minutos, não correspondeu ao tempo de autonomia de 24 minutos descrito pelo fabricante. Mesmo em condições meteorológicas ideais, com baixa intensidade de ventos atingindo no máximo 2,3 metros por segundo (Tabela 2), a duração do voo ficou abaixo das expectativas. É importante mencionar que os voos foram conduzidos manualmente, e pequenas variações na altitude e velocidade podem ter contribuído para um consumo de bateria maior do que o esperado. Além disso, vale destacar que os voos nunca foram levados ao limite da autonomia, sendo sempre mantida uma margem de segurança para garantir o retorno e o pouso da aeronave. Essa precaução é fundamental para evitar situações de risco e garantir a integridade do equipamento (DJI, 2018).

Manter o contato visual constante com o equipamento e contar com um auxiliar durante as operações são práticas essenciais para garantir a segurança e eficácia dos voos de monitoramento (DJI, 2018). Essas medidas proporcionam uma camada adicional de observação e suporte durante as operações, reduzindo os riscos e contribuindo para a qualidade dos dados coletados, pois o operador no momento de uma operação de monitoramento de fauna, além de

manter a linha de visualização também precisa verificar a tela para buscar algum objeto que lhe chame a atenção, tanto na câmera termal ou na RGB (Fig. 6b).

A exposição solar desempenha um papel crucial na captura de registros uma vez que a utilização do espectro visual pode ou não permitir a detecção de animais quando há pouca luz ou quando está escuro. Embora o uso do espectro visual obtenha bons resultados, existem limitações para espécies que são noturnas ou espécies onde a detecção de animais ao amanhecer e ao anoitecer seja necessário a utilização sensores termais na detecção (Spaan et al., 2019). Objetos que se destacam na imagem podem chamar a atenção do operador, mas ao se aproximar para uma análise mais detalhada, ou após revisar o vídeo, torna-se evidente que esses objetos são registros falso positivos, sendo objetos inanimados, como pedras aquecidas, galhos de árvores ou até mesmo cupinzeiros (Fig. 6d). No caso do voo DJI_0039, o que inicialmente chamou a atenção do operador foi um cupinzeiro, após análise do vídeo, foi detectado um pequeno pássaro em pleno voo. Isso destaca a importância de uma análise minuciosa e da interpretação correta das imagens.

Nota-se que a distância máxima de voo atingida, que foi de 2.309 metros (Tabela 2), estava dentro da margem de segurança de visibilidade estabelecida pela ANAC, que é de até 4.000 metros. Manter-se dentro dos limites de visibilidade definidos pelas regulamentações é crucial para garantir que o equipamento permaneça visível e controlável durante o voo, minimizando os riscos de perda de contato e incidentes.

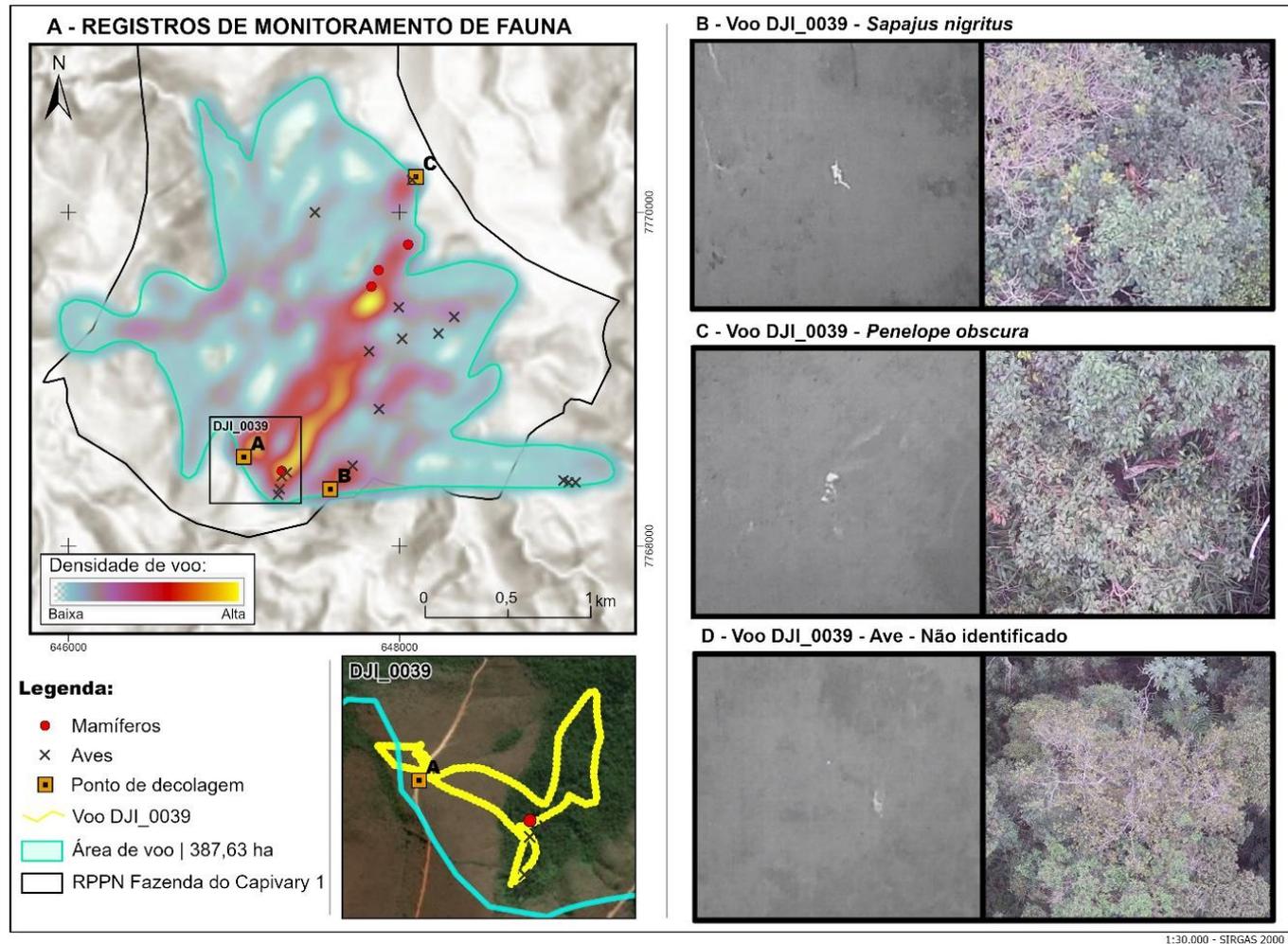


Figura 6: Voos realizados sobre a RPPN Fazenda do Capivary I. **A:** Mapa de registros de fauna e densidade kernel de voos sobre a RPPN. **B:** Registro de *Sapajus nigritus*. **C:** Registro de *Penelope obscura*. **D:** Registro de Ave não identificada.

Tabela 1: Dados de altura e altitude dos voos realizados.

Ponto de decolagem	Voo	Altitude de decolagem (m)	Altitude máx. (m)	Altitude mín. (m)	Altura máx. de voo (m)	Altura mín. de voo (m)
A	DJI_0001	1360	1364	1289	4	-71
	DJI_0011	1360	1370	1256	10	-104
	DJI_0095	1360	1366	1258	6	-102
	DJI_0195	1360	1443	1243	83	-117
	DJI_0074	1360	1363	1244	3	-116
	DJI_0039	1360	1415	1324	55	-36
B	DJI_0043	1390	1424	1236	34	-154
	DJI_0062	1390	1449	1290	59	-100
	DJI_0068	1390	1421	1190	31	-200
	DJI_0029	1390	1413	1242	23	-148
	DJI_0002	1390	1413	1291	23	-99
	DJI_0017	1390	1414	1220	24	-170
C	DJI_0038	1400	1406	1228	6	-172
	DJI_0047	1400	1402	1290	2	-110
	DJI_0045	1400	1405	1251	5	-149

Tabela 2: Dados de velocidade, distância percorrida e temperatura atmosférica durante os voos realizados.

Ponto de decolagem	Voo	Data	Temperatura atmosférica (C°)	Horário	Tempo de voo (m:s)	Velocidade média de voo (m/s)	Velocidade do vento (m/s)	Perímetro de voo (m)	Distância máx. (m)
A	DJI_0001	29/07/22	13,0	7:22	14:52	4,1	1,6	3.620	1.613
	DJI_0011		14,1	7:39	16:07	3,6	1,6	3.447	1.498
	DJI_0095		12,3	7:08	9:53	4,1	1,6	2.428	967
	DJI_0195		18,3	11:04	16:01	5,3	2	5.107	1.827
	DJI_0074		18,3	10:19	16:43	2,3	2	2.340	922
	DJI_0039	25/1/23	19,2	17:54	10:24	3,0	1,9	1.860	327
B	DJI_0043	28/7/22	12,0	7:41	16:51	3,3	1,1	3.383	1.285
	DJI_0062		13,1	8:00	16:33	4,5	1,1	4.500	1.979
	DJI_0068		14,0	8:20	14:06	6,4	1,2	5.424	2.454
	DJI_0029	22/9/22	19,5	17:52	14:04	8,1	2,4	6.851	2.392
	DJI_0002		20,2	16:53	15:36	3,6	2,3	3.348	1.464
	DJI_0017		19,7	17:33	15:13	4,0	2,4	3.610	1.513
C	DJI_0038	23/9/22	17,4	7:35	14:21	5,0	2,2	4.301	2.082
	DJI_0047		17,9	8:12	14:01	7,2	2,4	6.087	2.309
	DJI_0045		17,6	7:51	16:13	5,6	2,3	5.458	2.238

Tabela 3: Registros de animais em voos por ponto de decolagem.

Ponto de decolagem	Voo	Data	Horário	Classe	Espécie	Coordenadas Y	Coordenadas X
A	DJI_0001	29/07/22	07:22	Mammalia	<i>Callicebus nigrifrons</i>	-20,1634	-43,5833
	DJI_0011		07:39	Aves	*	-20,1668	-43,5838
				Aves	*	-20,1673	-43,5806
				Aves	*	-20,1685	-43,5836
	DJI_0095		07:08	Aves	*	-20,17232	-43,5849
	DJI_0195		11:04	-	-	-	-
	DJI_0074		10:19	Aves	*	-20,1692	-43,5855
		Aves		*	-20,1692	-43,5855	
		Aves		<i>Tangara cyanoventris</i>	-20,1692	-43,5855	
	DJI_0039	25/01/23	17:54	Aves	-	-20,1767	-43,5906
Aves				<i>Penelope obscura</i>	-20,176	-43,5905	
Mammalia				<i>Sapajus nigritus</i>	-20,1757	-43,5905	
B	DJI_0043	28/07/22	07:41	-	-	-	-
	DJI_0062		08:00	Aves	*	-20,1761	-43,5742
				Aves	*	-20,1762	-43,5739
				Aves	*	-20,1762	-43,5735
	DJI_0068	08:20	-	-	-	-	
	DJI_0029	17:52	-	-	-	-	
	DJI_0002	22/09/22	16:53	Aves	*	-20,1754	-43,5864
				Aves	*	-20,1682	-43,5815
DJI_0017				17:33	Mammalia	<i>Callicebus nigrifrons</i>	-20,1648
				Mammalia	<i>Sapajus nigritus</i>	-20,1657	-43,5854
C	DJI_0038	23/09/22	07:35	Aves	*	-20,1758	-43,5902
				Aves	*	-20,177	-43,5907
				Aves	*	-20,1758	-43,5902
				Aves	*	-20,177	-43,5907
	DJI_0047	08:12	-	-	-	-	
	DJI_0045	07:51	Aves	*	-20,1617	-43,5887	
			Aves	*	-20,1599	-43,5831	

6. CONCLUSÃO

A integração de geotecnologias no monitoramento de espécies faunísticas em Unidades de Conservação é altamente relevante. Os resultados abordados neste trabalho, incluindo características do relevo, condições do vento, uso da terra e voos de ARP para monitorar a fauna, destacam a importância fundamental das geotecnologias nesse contexto.

Primeiramente, ao considerar as características do relevo, as geotecnologias, como Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem uma análise precisa do relevo, possibilitando a identificação de áreas críticas para realizar sobrevoos, com presença de obstáculos naturais ou antrópicos. Isso contribui para o planejamento e implementação de medidas de segurança para realização das operações.

Utilizar ferramentas de geoprocessamento em combinação com modelos climáticos permitiu entender a complexidade das condições predominantes do vento, desempenhando um papel crucial para integralidade e segurança das operações. A utilização de informações geoespaciais e meteorológicas pode auxiliar na compreensão de como os padrões de vento influenciam nas operações de voo, fornecendo dados valiosos para o plano de voo. O uso e ocupação da terra são fatores que frequentemente contribuem para a degradação do habitat da fauna. Isso possibilita a tomada de medidas preventivas e a elaboração de estratégias de manejo para minimizar os impactos adversos.

Os resultados das missões aéreas na RPPN Fazenda do Capivary I contribuem para o monitoramento da fauna na região. Foram realizados 15 voos, resultando em 4 registros de mamíferos e 12 de aves, cobrindo uma área total de voo de 387,63 hectares. Destaca-se a predominância de registros em áreas de floresta, sublinhando a importância crucial da conservação desses habitats e a presença de registros em áreas de campo limpo, ressalta a necessidade do monitoramento diversificado.

Em síntese, o material cartográfico produzido não apenas forneceu uma representação visual das informações geoespaciais, mas também serviu como uma ferramenta na integração de geotecnologias para o monitoramento de fauna na RPPN Fazenda do Capivary I.

BIBLIOGRAFIA

- Abrão, J. A. A. (2010). Concepções de Espaço Geográfico e Território. *Sociedade e Território*, 22(1), 46–64. <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/3490>
- Ab'Sáber, A. N. (1977). *Geografia e Planejamento*. Universidade de São Paulo.
- Amarante, O. A. C., Brower, M., Zack, J., de Sá, A. L., & Sá, D. E. (2001). *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro*. Ministério de Minas e Energia.
- ANAC. (2017, December 22). *Drones e a Meteorologia*. Governo Federal. <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/seguranca-operacional/meteorologia-aeronautica/assuntos-relacionados/drones-e-a-meteorologia>
- Regulamento Brasileiro da Aviação Civil, Governo Federal (2023). <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94>
- Badger, J., Bauwens, I., Casso, P., Davis, N., Hahmann, A., Hansen, S. B. K., Hansen, B. O., Heathfield, D., Knight, O. J., Lacave, O., Lizcano, G., i Mas, A. B., Mortensen, N. G., Olsen, B. T., Onninen, M., Van Loon, A. P., & Volker, P. (2023). *Global Wind Atlas (3.3)*. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP).
- Barros, L. S. C., & Leuzinger, M. D. (2019). The use of drones as a tool for biodiversity conservation in Brazil. *Brazilian Journal of International Law*, 16(2), 141–150. <https://doi.org/10.5102/rdi.v16i2.6164>
- Bernardo, P. V. D. S., & Melo, F. R. D. (2013). Composição e caracterização dos mamíferos de médio e grande porte em um fragmento urbano de Floresta Estacional Semidecidual no bioma Cerrado. *Biota Neotropica*, 13(2), 76-80.
- Buccheri Filho, A. T., & Nucci, J. C. (2006). Espaços livres, áreas verdes e cobertura vegetal no bairro alto da XV, Curitiba/PR. *Revista Do Departamento de Geografia*, 18, 48–59.
- Cáceres, N. C., Nápoli, R. P., & Hannibal, W. (2011). Differential trapping success for small mammals using pitfall and standard cage traps in a woodland savannah region of southwestern Brazil. *Mammalia*, 75(1), 45–52. <https://doi.org/10.1515/mamm.2010.069>

- Calça, A. M., de Melo, F. R., De Marco Junior, P., de Almeida Jácomo, A. T., & Silveira, L. (2010). A influência da fragmentação sobre a distribuição de carnívoros em uma paisagem de cerrado. *Neotropical Biology & Conservation*, 5(1).
- Câmara, G., Davis, C., Miguel, A., & Monteiro, V. (2001). *Introdução à ciência da geoinformação*.
- Carnevali, N. E. D. C. (2000). *Estudos de avaliação ambiental na área V da Fazenda Capivary, Santa Bárbara, Relatório Técnico*.
- Chabot, D., & Bird, D. M. (2015). Wildlife research and management methods in the 21st century: Where do unmanned aircraft fit in? *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3(4), 137–155. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0021>
- Conti, J. B. (2001). Resgatando a “fisiologia da paisagem.” *Revista Do Departamento de Geografia*, 14, 59–68.
- Correa, R. L., & Rosendahl, Z. (1998). *Região e organização espacial*. EdUERJ.
- Cristina De Jesus, S., & Braga, R. (2005). Análise espacial das áreas verdes urbanas da estância de águas de São Pedro - SP 1. *Caminhos de Geografia*, 18(16), 207–224. <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J. B., & Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195), 401–406. <https://doi.org/10.1126/science.1251817>
- DJI. (2018). *MATRICE 200 - MANUAL DO USUÁRIO*. <http://www.dji.com/matrice-200-series/info#downloads>
- ESRI. (2022). *ArcGIS Pro* (3.0). Environmental Systems Research Institute.
- Escada, M. I. S. (1992). *Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para o planejamento de espaços livres urbanos de uso coletivo*. INPE.
- European Spatial Agency. (2023). *Copernicus Open Access Hub*.
- Evans, L. J., Jones, T. H., Pang, K., Evans, M. N., Saimin, S., & Goossens, B. (2015). Use of drone technology as a tool for behavioral research: a case study of crocodilian nesting. *Herpetological Conservation and Biology*, 10(1), 90–98.

- Francelino, M. R., Schaefer, C. E. G. R., Simas, F. N. B., Filho, E. I. F., de Souza, J. J. L. L., & da Costa, L. M. (2011). Geomorphology and soils distribution under paraglacial conditions in an ice-free area of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *CATENA*, 85(3), 194–204. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.12.007>
- Francisco, C. N. (2017). *Sistemas de Informação Geográfica e Geoprocessamento*. Universidade Federal Fluminense. <https://www.professores.uff.br/cristiane/sistemas-de-informacao-geografica-e-geoprocessamento/>
- Francisco, P. R. M., Pereira, F. C., Medeiros, R. de M., & Sá, T. de F. F. (2012). Zoneamento de risco climático e aptidão de cultivo para o município de Picuí-PB utilizando sistema de informação geográfica. *IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias Da Geoinformação*, 1–6.
- Geophysical Institute. (2023). *Alaska Satellite Facility*. University of Alaska Fairbanks.
- Henriques-Silva, R., Boivin, F., Calcagno, V., Urban, M. C., & Peres-Neto, P. R. (2015). On the evolution of dispersal via heterogeneity in spatial connectivity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1803). <https://doi.org/10.1098/RSPB.2014.2879>
- IBGE. (2012). *Manual Técnico da Vegetação Brasileira* (2nd ed.). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=263011>
- Instituto Ambiental Vale. (2009). *Plano De Manejo da RPPN Fazenda Do Capivary*.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. (2012). *Perguntas e Respostas Sobre Reserva Particular do Patrimônio Natural*.
- Ivosevic, B., Han, Y.-G., Cho, Y., & Kwon, O. (2015). The use of conservation drones in ecology and wildlife research. *Journal of Ecology and Environment*, 38(1), 113–118. <https://doi.org/10.5141/ecoenv.2015.012>
- Jimenez, K. Q., & Domecq, F. M. (2008). *Estimação de chuva usando métodos de interpolação*. UFRGS.
- Kays, R., Sheppard, J., Mclean, K., Welch, C., Paunescu, C., Wang, V., Kravit, G. & Crofoot, M. (2019). Hot monkey, cold reality: surveying rainforest canopy mammals using drone-

- mounted thermal infrared sensors. *International journal of remote sensing*, 40(2), 407-419.
- Linchant, J., Lhoest, S., Quevauvillers, S., Semeki, J., Lejeune, P., & Vermeulen, C. (2015). WIMUAS: developing a tool to review wildlife data from various uas flight plans. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-3/W3, 379–384. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-3-W3-379-2015>
- Linchant, J., Lisein, J., Semeki, J., Lejeune, P., & Vermeulen, C. (2015). Are unmanned aircraft systems (UAS) the future of wildlife monitoring? A review of accomplishments and challenges. *Mammal Review*, 45(4), 239–252. <https://doi.org/10.1111/mam.12046>
- Luppi, A. S. L., Dos Santos, A. R., Eugenio, F. C., & Feitosa, L. S. A. (2015). Utilização de geotecnologia para o mapeamento de áreas de preservação permanente no município de João Neiva, ES. *Floresta e Ambiente*, 22(1), 13–22. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.0027>
- Mantovani, J. E. (2006). Estudo e monitoramento de animais através do sensoriamento remoto e do geoprocessamento. *Anais 1º Simpósio de Geotecnologias No Pantanal*, 358–367. www.obt.inpe.br
- Marques, J. T., Ramos Pereira, M. J., Marques, T. A., Santos, C. D., Santana, J., Beja, P., & Palmeirim, J. M. (2013). Optimizing Sampling Design to Deal with Mist-Net Avoidance in Amazonian Birds and Bats. *PLoS ONE*, 8(9), e74505. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0074505>
- Menezes, S. J. M. da C., Ribeiro, C. A. A. S., de Lima, C. A., & de Souza, M. O. A. (2017). Geotecnologias aplicadas à gestão ambiental. *Diversidade e Gestão*, 1(1), 57–69.
- Moraes, E. C. (2002). *Fundamentos de sensoriamento remoto*.
- Moreira, R. (2010). *O que é geografia?* (2nd ed., Vol. 48). Brasiliense.
- Nascimento, J. L. A. (2009). *Uso de geotecnologias no monitoramento de unidades de conservação: ocupações periurbanas na APA margem esquerda do Rio Negro - Manaus*. Universidade Federal do Amazonas.

- Nascimento, Y., Silva, L., Souza, M., Pereira, C., & Melo, E. (2022). A importância das atividades de monitoramento da fauna. *Diversitas Journal*, 7(4), 2431–2444. <https://doi.org/10.48017/dj.v7i4.2102>
- Pacheco, F. S., Vital, O. V., Ávila, L. V., Silvério, S. L. B., Silva, J. D., Franco, L. R., Massardi, N. T., Sarcinelli, R. C., de Melo, F. C. S. A., Jerusalinsky, L., & de Melo, F. R. (2021). Novas ocorrências de *Callithrix* na Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Científica MG. Biota*, 14(1), 50-68.
- Reis, L. L., de Faria, A. L. L., & de Oliveira Duarte, D. C. (2022). Uso de remotely piloted aircraft (RPA) para elaboração de mapeamentos de áreas de risco: um estudo de caso do distrito de Cachoeirinha, Viçosa-MG. *Cadernos do Logepa*, 10(1).
- Rezende, R. A. (2011). *A fragmentação da flora nativa como instrumento de análise da sustentabilidade ecológica de áreas protegidas–Espinhaço Sul (MG)*. Universidade Federal de Ouro Preto.
- Rosa, R. (2013). *Introdução ao Geoprocessamento*. Universidade Federal de Uberlândia.
- Santos, M. (2006). *A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção* (4th ed., Vol. 1). Editora da Universidade de São Paulo.
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., dos Anjos, L. H. C. dos A., de Oliveira, V. Á., Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., de Almeida, J. A., de Araújo Filho, J. C., de Oliveira, J. B., & Cunha, T. J. F. (2018). Critérios para distinção de fases de unidades de mapeamento. In *Sistema brasileiro de classificação de solos* (5th ed., pp. 291–296).
- Schier, R. A. (2003). Trajetórias do conceito de paisagem na geografia. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 7.
- Seymour, C. L., & Dean, W. R. J. (2009). The influence of changes in habitat structure on the species composition of bird assemblages in the southern Kalahari. *Austral Ecology*, 35(5), 581–592. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2009.02069.x>
- Souza, N. D., Silva, E. M. G. C., Teixeira, M. D., Leite, L. R., Reis, A. D., Souza, L. D., ... & Resende, T. A. (2013). Aplicação do Estimador de Densidade kernel em Unidades de Conservação na Bacia do Rio São Francisco para análise de focos de desmatamento e focos de calor. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 16, 4958-4965.

- Spaan, D., Burke, C., McAree, O., Aureli, F., Rangel-Rivera, C. E., Hutschenreiter, A., Longmore, S. N., McWhirter, P. R., & Wich, S. A. (2019). Thermal infrared imaging from drones offers a major advance for spider monkey surveys. *Drones*, 3(2), 34. <https://doi.org/10.3390/drones3020034>
- Spaan, D., Di Fiore, A., Rangel-Rivera, C. E., Hutschenreiter, A., Wich, S., & Aureli, F. (2022). Detecting spider monkeys from the sky using a high-definition RGB camera: a rapid-assessment survey method? *Biodiversity and Conservation*, 31(2), 479–496. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02341-1>
- Vasconcelos, M. F., & de Melo Júnior, T. A. (2001). An ornithological survey of Serra do Caraça, Minas Gerais, Brazil. *Cotinga*, 15, 21–31.
- Veloso, H. Pimenta., Rangel Filho, A. L. Rosa., & Lima, J. C. Alves. (1991). *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
- Vital, O. V. (2020). *Uso e ocupação do hábitat por Callithrix spp. em remanescentes de Mata Atlântica na microrregião de Viçosa, Minas Gerais*. Universidade Federal de Viçosa.
- Weber, E. J. (2011). *Estimativa e mapeamento da radiação solar incidente em superfícies com topografia heterogênea na zona de produção vitivinícola Serra Gaúcha*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.