

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Larissa Paula Silva

**Potencializando estudos na conservação de primatas: Utilização de drones para
localizar espécies ameaçadas, com destaque para os muriquis (*Brachyteles Spix, 1823*),
na Serra da Mantiqueira.**

Juiz de Fora
2024

Larissa Paula Silva

Potencializando Estudos na Conservação de primatas: Utilização de drones para localizar espécies ameaçadas, com destaque para os muriquis (*Brachyteles Spix, 1823*), na Serra da Mantiqueira.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Artur Andriolo

Coorientador: Prof. Dr. Fabiano Rodrigues de Melo

Juiz de Fora

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de
geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Silva, Larissa Paula.

Potencializando estudos na conservação de primatas: Utilização de drones para localizar espécies ameaçadas, com destaque para os miquis (Brachyteles Spix, 1823), na Serra da Mantiqueira. / Larissa Paula Silva. -- 2024.

87 p. : il.

Orientador: Artur Andriolo

Coorientador: Fabiano Rodrigues de Melo

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, 2024.

1. Distribuição geográfica. 2. Mata Atlântica. 3. Levantamentos aéreos. 4. VANTS. I. Andriolo, Artur, orient. II. Melo, Fabiano Rodrigues de, coorient. III. Título.

Larissa Paula Silva

Potencializando estudos na conservação de primatas: Utilização de drones para localizar espécies ameaçadas, com destaque para os muriquis (*Brachyteles Spix, 1823*), na Serra da Mantiqueira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação da Natureza. Área de concentração: Comportamento, Ecologia e Sistemática.

Aprovada em 22 de fevereiro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Artur Andriolo - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

Fabiano Rodrigues de Melo -

Coorientador Universidade Federal
de Juiz de Fora

Carla de Borba Possamai

Projeto Comunidade dos Primatas e Muriquis de Caratinga - MG

Alcides Pissinati

Centro de Primatologia do Rio de Janeiro - CPRJ

Juiz de Fora, 22/02/2024.

Documento assinado eletronicamente por **Artur Andriolo, Professor(a)**, em 23/02/2024, às 09:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carla de Borba Possamai, Usuário Externo**, em 23/02/2024, às 11:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **ALCIDES PISSINATTI, Usuário Externo**, em 25/02/2024, às 10:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fabiano Rodrigues de Melo, Usuário Externo**, em 22/05/2024, às 13:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-U f (www2.u f.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1715716** e o código CRC **E854BD92**.

Em especial, dedico este trabalho à minha família,
aos meus amigos, aos carismáticos muriquis e à
conservação da natureza.

*Muriqui, muriqui, tu estavas aqui bem
antes do europeu, bem antes do progresso.
Teu alegre saltar entre ramos e ventos, vai
ficando tão longe.*

Onde estás, muriqui?

És apenas uma lembrança

De um tempo que eu não vi.

Trecho do Poema de Carlos Drummond de
Andrade (“Mata Atlântica”)

*Em todos os casos, está presente a ideia
de que os primatas não humanos têm algo a
nos ensinar. Aprender com os primatas,
nestes casos, não significa aprender como é
“ser primata”, mas o que é “ser humano”
Fouts (1998).*

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aquele que tem me sustentado até aqui, meu querido e amado Deus, obrigada por toda sua força, por me sustentar nos momentos em que eu não pude, nos momentos de fragilidade, dor, fraqueza e por me proporcionar viver cada dia dessa vida com amor, saúde e resiliência. Sua força jamais permitirá que eu desista, ainda que eu tropece, o Senhor me levantará. “Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”. Josué 1:9.

Agradeço a toda minha família, especialmente aos meus pais, Madalena e Felipe, por todo apoio, suporte e amor incondicional durante toda essa trajetória, nunca mediram esforços para que eu chegasse até aqui. Minha mãe sempre dizia que se algum dia tivesse tido a oportunidade de se formar, que ela seria bióloga, e acabei herdando dela todo esse amor pelos animais, pela natureza e pela vida.

As minhas irmãs, Carol e Lidinha, por se fazerem sempre presentes em minha vida, por cuidarem tão bem de mim e me incentivarem a seguir minha profissão com amor e dedicação. Minhas melhores amigas, minha vida não teria graça sem vocês! E se em outras vidas eu pudesse escolher, escolheria em todas elas vocês!

Aos meus sobrinhos, Cauã, Maria Antônia e Manu (ainda no forninho), tão amados e queridos, que me arrancam os melhores sorrisos e me fazem parar para brincar, mesmo tendo um milhão de coisas a resolver, e nesse instante esqueço de todos os problemas e a vida fica por um instante mais leve. “Amo vocês do mais alto do céu até o fundo do mar”.

Ao meu companheiro de vida, Bernardo, por sempre compreender e apoiar minhas escolhas, mesmo que muitas das vezes elas me levassem para longe. Pelo amor, confiança e por cada sorriso seguido de um “calma, vai dar tudo certo”. Obrigada por tornarem minha vida melhor e mais feliz, tudo que sou hoje, tem o dedo de cada um de vocês. Amo incondicionalmente!

Aos meus orientadores, Artur Andriolo e Fabiano Melo, por toda atenção, paciência e dedicação e pelos puxões de orelha também, rrsr. Gratidão por acreditarem em mim. Pela confiança, pelos ensinamentos, e pelas orientações que muito contribuíram para meu crescimento científico e intelectual. Vocês me inspiram não só como profissionais, mas como seres humanos, que entende e respeita as limitações de seus alunos.

À minha companheira de campo e amiga, Camila Rezende, que compartilha comigo o amor pela Mantiqueira e pelos Muriquis, obrigada por embarcar comigo nessa expedição em busca dos Muriquis da nossa Serra (e que está apenas começando), e mais ainda por não se abster em nenhum momento em me ajudar com os mapas, voos de drone e muito mais. Pela parceria, risada, perrengues (que não podia faltar em nenhum campo rrsrs), pelo celtinha guerreiro que encarou muito buraco e lama, e pela disposição de andar muitos km montanha acima, faça chuva ou faça sol.

À minha outra parceira Luana Caiafa, que me ajudou nos momentos mais difíceis, quando minha cabeça não queria funcionar mais, e me encorajou a respirar, não surtar e seguir em frente. Aos meus amigos de profissão, e aos que não são, mas que sempre estiveram ao meu lado e entenderam por muitas vezes minha ausência e torceram por mim.

À RPPN Gigante do Itaguaré, em nome de Flávio Ojidos como proprietário, Andressa Souza Almeida como representante, Júlio Carmo e Daniel Villela como guias, e todos aqueles que de certa forma contribuíram para relatar a nova população de muriquis descoberta no município de Cruzeiro-SP, nas áreas da RPPN.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pela concessão da bolsa. À Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). À Universidade Federal de Viçosa (UFV). À Fundação Grupo Boticário. Ao MIB (Muriqui Instituto de Biodiversidade). A todos, pelos financiamentos e equipamentos concedidos para realização em campo desta pesquisa.

Enfim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma me deram força, conselho e coragem para que eu chegasse ao fim desta etapa, não foi fácil, houve épocas em que as coisas ficaram difíceis, pensei muitas vezes em desistir dessa trajetória científica/acadêmica, nada parecia contribuir para que esse trabalho desse certo, nem mesmo as coletas rrsrs mas com muita dedicação, esforço e fé em Deus, consegui chegar até aqui, e sou profundamente grata.

Apreendi que na maioria das vezes nem tudo acontecerá no nosso tempo e nem da forma que idealizamos, mesmo quando planejamos muito, mas sabendo que ao nosso lado tem pessoas que nos inspiram e nos impulsionam, no final sempre dará certo. Acreditar sempre em si e no seu propósito e colocar amor em tudo aquilo que faz, é o gás que me faz nunca querer parar de tentar. E mesmo diante das minhas limitações, sinto que cada passo que dou, estou mais perto de conquistar meus sonhos e objetivos.

Abraços de muriqui.

Resumo

Nas últimas décadas, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), tornaram-se grandes aliados nos estudos da conservação, proporcionando melhores resultados na detecção de espécies ameaçadas, em comparação com as técnicas tradicionais de levantamento. Nesse contexto, pretende-se aqui, investigar quais espécies de primatas, especialmente os muriquis (*Brachyteles hypoxanthus*) e (*Brachyteles arachnoides*), podem ser melhor detectadas, a partir do uso de drones. As espécies de muriquis estão atualmente classificadas como "Criticamente Em Perigo" de extinção pela IUCN, principalmente devido à perda de habitat, caça ilegal e baixas taxas reprodutivas. No presente estudo, utilizou-se drones com câmeras térmicas de alta tecnologia para detectar primatas. Foram realizados 83 voos de drone, em 9 localidades distintas da Serra da Mantiqueira, totalizando 403 km percorridos, com distância média por voo de 4,855 km. O tempo total dos voos foi de 23 horas e 24 segundos, com média de 16 minutos e 26 segundos por voo. A partir de imagens térmicas e RGB foi possível registrar indivíduos das espécies *Brachyteles arachnoides*, *Callicebus nigrifrons*, *Alouatta guariba* e *Sapajus nigritus*. Os drones com câmera termal provaram ser fundamentais na localização de duas novas populações de muriquis-do-sul (*Brachyteles arachnoides*) na encosta leste da Serra da Mantiqueira, bairro Gomerai, município de Guaratinguetá e na RPPN Gigantes de Itaguapé, município de Cruzeiro, estado de São Paulo. Essas novas descobertas reduzem a área entre as populações do gênero para cerca de 46 km, sendo que os animais identificados em Cruzeiro, passam a ser a população de muriquis-do-sul mais próxima já registrada da população de muriquis-do-norte, presente no Parque Nacional do Itatiaia, no Rio de Janeiro. Também abordamos os desafios na pesquisa de primatas ameaçados, que sobrevivem em baixas densidades e habitam áreas remotas e relativamente extensas. Validamos a eficácia do uso de drones equipados com câmeras térmicas, como uma nova ferramenta de pesquisa para localizar primatas, especialmente espécies de ocorrência rara, de maneira rápida, reduzindo o tempo gasto e ampliando o esforço em áreas grandes e de difícil acesso, como na Serra da Mantiqueira. Além disso, nossos resultados contribuem para ampliar o conhecimento sobre a distribuição atual do gênero *Brachyteles*, especialmente na fronteira física das espécies, fornecendo orientações para futuras investigações baseadas na localização da Serra da Mantiqueira, o que permitirá uma definição mais precisa dessa fronteira na região.

Palavras-chave: Distribuição geográfica, Mata Atlântica, Levantamentos aéreos, VANTs.

Abstract

In recent decades, Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have become significant allies in conservation studies, yielding superior results in the detection of endangered species compared to traditional survey techniques. In this context, the aim here, is to investigate which primate species, especially miquis (*Brachyteles hypoxanthus*) and (*Brachyteles arachnoides*), can be better detected through the use of drones. Miquis species are currently classified as "Critically Endangered" by the IUCN, primarily due to habitat loss, illegal hunting, and low reproductive rates. In this study, high-tech thermal cameras mounted on drones were employed to detect primates. In total, 83 drone flights were carried out in 9 different locations in Serra da Mantiqueira, covering 403 kilometers in 23 hours and 24 seconds. The average distance per flight was 4,855 kilometers ($\sigma = 1,932$ kilometers) and the average time per flight was 16 minutes and 26 seconds ($\sigma = 3$ minutes and 48 seconds). Through thermal and RGB images, individuals of the species *Brachyteles arachnoides*, *Callicebus nigrifrons*, *Alouatta guariba*, and *Sapajus nigritus* were successfully recorded. Drones with thermal cameras proved to be instrumental in locating two new populations of southern miquis (*Brachyteles arachnoides*) on the eastern slope of the Serra da Mantiqueira, Gomerai neighborhood, municipality of Guaratinguetá and in the RPPN Gigantes de Itaguapé, municipality of Cruzeiro, state from Sao Paulo. These new discoveries reduce the area between populations of the genus to around 46 km, and the animals identified in Cruzeiro become the closest southern miquis population ever recorded to the northern miquis population, present in the Itatiaia National Park, in Rio de Janeiro. We also addressed the challenges in researching threatened primates surviving in low densities and inhabiting remote and relatively extensive areas. We validated the effectiveness of using drones equipped with thermal cameras as a new research tool for quickly locating primates, especially rare species, reducing time spent, and expanding efforts in large and difficult-to-access areas, such as the Serra da Mantiqueira. Furthermore, our results contribute to expanding knowledge about the current distribution of the *Brachyteles* genus, especially at the physical boundary of the species, providing guidance for future investigations based on the location of the Serra da Mantiqueira, allowing for a more precise delineation of this boundary in the region.

Keywords: Geographic distribution, Atlantic Forest, Aerial surveys, UAVs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Área de Estudo.....	24
Figura 2. Modelo de drones - DJI Matrice 200 (M200) e Drone DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA)	25
Figura 3. Controle remoto do drone Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA), demonstrando detalhes de como é manuseado em campo.....	27
Figura 4. Detalhes do controle remoto do drone (M2EA), demonstrando a visualização em tela no momento do voo.....	28
Figura 5. Registro de uma nova população de muriquis-do-sul em Guaratinguetá (SP), bairro Gomerai.....	30
Figura 6. Fêmea adulta de muriqui-do-sul com seu filhote, localizada por drone e registrada por câmera fotográfica na RPPN Gigantes de Itaguaré.....	31
Figura 7. Macho adulto de muriqui-do-sul, localizado por drone e registrado por câmera fotográfica - RPPN Gigantes de Itaguaré.....	32
Figura 8. Fêmea subadulta de muriqui-do-sul, localizada por drone e registrada por câmera fotográfica na RPPN Gigantes de Itaguaré.....	33
Figura 9. Imagem de um relato de muriqui em 2011, cedida pelo Instituto Alto Montana, cuja espécie não pode ser identificada.....	35
Figura 10. Mapa com as novas contribuições geográficas, e ampliação da distribuição do gênero <i>Brachyteles</i>	36
Figura 11. Layout de imagens aéreas dos primatas detectados por drone, demonstrando o momento do registro com a câmera termal e visual.....	37
Figura 12. Grupo de bugios (<i>Alouatta guariba</i>), identificados via drone através de imagens aéreas.....	38
Figura 13. Grupo de sauás (<i>Callicebus nigrifrons</i>), detectados via drone, através de imagens aéreas.....	38
Figura 14. População de muriquis-do-sul (<i>Brachyteles arachnoides</i>), detectada via drone através de imagens aéreas.....	39
Figura 15. Grupo de macacos-pregos (<i>Sapajus nigritus</i>), detectados via drone através de imagens aéreas.....	40
Figura 16. Mapa de sobrevoos e detecções de espécies de primatas na Serra da Mantiqueira.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Especificações técnicas dos modelos de drones.....	26
Tabela 2. Voos e localidades percorridas na Serra da Mantiqueira.....	29
Tabela 3. Muriquis-do-sul detectados no Gomerl e RPPN Gigantes do Itaguaré.....	34
Tabela 4. Outros primatas detectados através do drone.....	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Espécies de primatas da Mata Atlântica.....	16
1.2. Veículos aéreos não tripulados (VANT's)	21
1.3. Detecção de primatas através de imagens de drones	22
2. METODOLOGIA	23
2.1. Área de estudo	23
2.2. Coleta de Dados	25
2.3. Análise de Imagem	27
3. RESULTADOS	28
3.1. Voos e primatas detectados	28
3.2. Registro de duas novas populações de miquis (<i>Brachyteles arachnoides</i>) na Serra da Mantiqueira.....	29
3.3 Primatas da Mata Atlântica detectados com sucesso através de imagens térmicas, obtidas por meio de drone de alta tecnologia.....	37
4. DISCUSSÃO.....	43
4.1 Validando o método de levantamento aéreo por drone para localizar miquis e outros primatas da Mata Atlântica.....	43
4.2 Drones como ferramenta para detecção de primatas em áreas extensas.....	44
4.3 Levantamentos aéreos e Transectos lineares.....	46
4.4 Contribuições para a ampliação da distribuição biogeográfica do gênero <i>Brachyteles</i>	48
5. CONCLUSÃO	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
APÊNDICE A – TABELA 3. LOCALIDADES E COORDENADAS DAS POPULAÇÕES NOVAS E CONHECIDAS DE MURIQUI-DO-NORTE E MURIQUI-DO-SUL.....	64
APÊNDICE B – ARTIGO DE SUBMISSÃO. Revista Primates NEW RECORD OF THE SOUTHERN MURIQUI (<i>Brachyteles arachnoides</i>) IN SERRA DA MANTIQUEIRA THROUGH THE USAGE OF HIGH-TECH DRONES.....	66

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da distribuição e densidade das espécies animais e como elas se modificam ao longo do tempo é um aspecto fundamental na gestão da conservação, e tem sido alcançado por uma infinidade de métodos terrestres e até mesmo aéreos (BUCKLAND et al., 2001; FRANKLIN, 2010; MACKENZIE et al., 2006). Desse modo, o levantamento de possíveis áreas de ocorrência nos permite descobrir novos grupos de indivíduos e estimar parâmetros populacionais, como tamanho, composição e viabilidade genética populacional.

Através do levantamento desses dados, é possível subsidiar a tomada de decisão conservacionista, mitigando as ameaças identificadas às populações selvagens de primatas em toda sua área de vida (CARVALHO et al., 2015), e ainda propor projetos de políticas públicas mais adequados aos estados para promover a recuperação das espécies em seu habitat natural (CARVALHO; KIERULFF, 2009; JERUSALINSKY; TALEBI; MELO, 2011; JERUSALINSKY; MELO, 2018; SÃO PAULO, 2014; TALEBI, 2010; TALEBI; SOARES, 2005).

A técnica padrão de levantamento e monitoramento de área para primatas consiste na realização de campanhas de amostragem em transectos lineares que, por sua vez, demandam maiores recursos financeiros, tempo e mão de obra (VALENÇA-MONTENEGRO; MELO; JERUSALINSKY, 2021). No caso de espécies ameaçadas, em que existem apenas poucos sobreviventes, os indivíduos são ainda mais difíceis de detectar (TURVEY et al., 2017), especialmente se as potenciais áreas de distribuição são de difícil acesso, como os primatas, por exemplo, que podem habitar gradientes densos de vegetação (LEHMAN; FLEAGLE, 2006; RAHMAN et al., 2021).

Dentre os biomas brasileiros que os primatas ocorrem, a Mata Atlântica, que por sua vez é um dos biomas mais ameaçados do mundo, restando apenas 12,4% de sua cobertura original (MYERS et al., 2000; SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2019). Apresenta rica paisagem heterogênea, com vegetação densa e arbustiva, que favorece a manutenção de altas taxas de biodiversidade e endemismo para diversos grupos animais (JENKINS; PIMM, 2006; DORIGO et al., 2018), sendo, portanto, considerada um dos grandes hotspots de biodiversidade do mundo (MITTERMEIER et al., 2005). Atualmente está distribuída em diversos fragmentos florestais, sendo a maioria deles pequenos e isolados por pastagens e agricultura (SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2019).

1.1 Espécies de primatas da Mata Atlântica

Callicebus nigrifrons, conhecido como sauá ou guigó, é uma espécie de pequeno porte pesando de 1 a 2 kg, com 270 – 450 mm de comprimento cabeça – corpo (HERSHKOVITZ, 1990). São animais aparentemente monogâmicos, que vivem em pequenos grupos familiares de até seis indivíduos, são predominantemente frugívoros, mas completam sua dieta com outros recursos (KINZEY, 1981). A espécie ocorre no sudeste do Brasil, ao norte de São Paulo, sul e centro de Minas Gerais, em todo o Rio de Janeiro e no extremo sul do Espírito Santo (PRINTES et al., 2013, MELO et al., 2015).

Há indícios de que a distribuição atual do táxon é reduzida em relação à sua extensão histórica de ocorrência, que atualmente é estimada em menos de 500.000 km² (MELO et al., 2015). Embora ocorra numa área relativamente ampla, sobrevivendo mesmo em pequenos fragmentos florestais e mostrando alguma tolerância a habitats perturbados, é razoável assumir que a espécie sofreu um declínio de mais de 20% nos últimos 24 anos (três gerações) devido à extensa perda e fragmentação de habitat nos remanescentes da Mata Atlântica no sudeste do Brasil. De acordo com a Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas (IUCN), o sauá é considerado como “Quase Ameaçado” (NT), ou seja, é uma espécie que não está ameaçada no presente, mas que corre o risco de ficar ameaçada num futuro próximo (JERUSALINSKY et al., 2020).

Alouatta guariba, os bugios, também conhecidos como barbados, uivadores e guariba são primatas pertencentes à família Atelidae, possuem o corpo grande, são arbóreos e folívoros-frugívoros (CROCKETT; EISENBERG, 1987). O gênero *Alouatta* também é conhecido como um dos mais notáveis primatas a emitir vocalizações de longo alcance, tendo como sua principal característica as alterações anatômicas presentes na laringe e osso hióide, que é particularmente grande, formando sacos aéreos capazes de emitir uma das vocalizações mais altas entre os animais terrestres (DUNN, et al., 2015).

No Brasil, sua distribuição é ampla ocupando os mais diferentes tipos de habitat do que qualquer primata Neotropical (CROCKETT; EISENBERG, 1987; GREGORIN, 2006). Atualmente, o bugio está dividido em duas subespécies, *Alouatta guariba guariba* (Humboldt, 1812), também chamada de população da Mata Atlântica do Norte, ocorre desde o sul do estado da Bahia até o nordeste do estado de Minas Gerais e partes do Espírito Santo (NEVES et al., 2021), e *Alouatta guariba clamitans* (Cabrera, 1940), também chamada de população da Mata Atlântica Sul, ocorre desde o Vale do Jequitinhonha, Bahia, até São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul (PRINTES et al., 2001; BUSS et al., 2021).

Alouatta guariba é considerado um dos 25 primatas mais ameaçados (MITTERMEIER et al., 2022; NEVES et al., 2021) devido à perda de habitat, caça, tráfico e mortes durante epidemias de febre amarela, que reduziram suas populações consideravelmente em 2008/2009 (ALMEIDA et al., 2012; ALMEIDA et al., 2019; ESTRADA et al., 2018) e em 2017/2021 (AGOSTINI et al., 2017; BICCA-MARQUES et al., 2017; SACCHETTO et al., 2020). Assim, a subespécie *A. g. guariba* é classificada como Criticamente em perigo (CR) e *A. g. clamitans* como Vulnerável (VU) pela Lista Vermelha da IUCN (JERUSALINSKY et al., 2021).

Sapajus nigritus (Goldfuss, 1809) representada pelos macacos-prego, são primatas neotropicais que pertencem a família Cebidae, são animais de médio porte, pesam entre 2,5 e 4,5 kg, medem cerca de 50 cm e possuem cauda semi-preênsil (FRAGASZY et al., 2004). Na natureza, vivem em grupos multi-fêmeas e multi-machos, com grupos variando de 8 a 21 indivíduos de diferentes idades e possuem, em geral, uma estrutura social matrilinear e tolerante, com um macho e uma fêmea alfas (FRAGASZY et al., 2004; IZAR et al., 2012). É uma das mais abundantes espécies de primatas do Brasil (LUDWIG et al., 2005). Ocorre restritamente em áreas de Mata Atlântica, e ocupa as regiões sudeste e sul do Brasil (MG, RJ, SP, PR, SC e RS) e, também, o nordeste da Argentina nas províncias de Iguazú e Misiones (VILANOVA et al., 2005; LUDWIG et al., 2022; RYLANDS et al., 2005). O nome popular da espécie se deve à conformação do órgão reprodutor do macho que nos adultos lembra um prego (ROCHA; MARINO, 1992).

Como todas as espécies do gênero, os macacos-prego são primatas essencialmente frugívoros-insetívoros, entretanto podem ser considerados como generalistas, possuindo hábitos alimentares alternativos e bastante flexíveis (FRAGASZY et al., 2004). Como exemplo, épocas em que os frutos e artrópodes são escassos, podem se alimentar de recursos provenientes do meio antrópico, como milho, mandioca, batata-doce e cana de açúcar, apontando haver uma adaptação comportamental e ecológica (LUDWIG et al., 2006; RÍMOLI et al., 2008). Além disso, devido a sua grande habilidade manipulativa, são capazes de explorar recursos alimentares que requerem técnicas extrativas complexas, por exemplo, cerne de palmeiras (FRAGASZY et al., 2004; TAIRA, 2007).

Seus principais fatores de ameaça estão relacionados à perda, fragmentação e desconexão do habitat, expansão urbana, caça e hibridização (LUDWIG et al., 2022). Suspeita-se que estes fatores possam levar a uma redução populacional de cerca de 30% em três gerações (48 anos). Por estas razões a espécie está classificada como “Quase Ameaçada” (NT) pela Lista Vermelha da IUCN (LUDWIG et al., 2022). Contudo, apresentam grande plasticidade quanto às exigências ambientais, sendo encontrados em áreas alteradas e fragmentadas, mesmo

aquelas com elevada ocupação da paisagem por elementos não florestais (IZAWA, 1980; FRAGASZY et al., 1990).

Callithrix aurita (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1812), comumente denominado sagui-da-serra-escuro ou sagui-caveirinha, é endêmico da Mata Atlântica do sudeste do Brasil e geralmente ocupa florestas de altitude e regiões de várzea (BRANDÃO; DEVELEY, 1998). Habita os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais (MUSKIN, 1984; RYLANDS; COIMBRA-FILHO; MITTERMEIER, 2009). Como todos os calitriquídeos, *C. aurita* é insetívoro-frugívoro-gomívoro, o que significa que sua dieta pode incluir néctar, flores, frutos, exsudatos de plantas (gomas, látex e seiva), além de artrópodes, moluscos e pequenos vertebrados (BRANDÃO; DEVELEY, 1998; BECHARA, 2012; MUSKIN, 1984).

A espécie encontra-se atualmente categorizada como ameaçada de extinção, e também foi classificada como “Em Perigo” (EN) pela Lista Vermelha da IUCN e pela Lista Oficial Brasileira de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção (MELO et al., 2018, 2020), devido a uma redução populacional estimada de ~50% nos últimos 18 anos (MELO et al., 2020). Essa redução se deu devido a impactos como a perda de habitat, competição interespecífica, hibridização e doenças de congêneres alóctones, ex: *Callithrix jacchus* (Linnaeus, 1758) e *Callithrix penicillata* (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1812), que foram introduzidos em sua área de distribuição (CARVALHO et al., 2018; MELO et al., 2020), causando uma erosão genética nas populações de *C. aurita*.

Esses fatores combinados, levaram a espécie a ser incluída na lista das 25 espécies de primatas mais ameaçadas (CARVALHO et al., 2019), e enfatizam a importância do levantamento desses primatas, para avaliar a situação ao longo de sua distribuição, identificando se ainda existem populações puras de espécies nativas e como podemos protegê-las (NORRIS et al., 2011; MELO et al., 2020; CARVALHO et al., 2018).

Os miquis (Brachyteles Spix, 1823), conhecidos como os maiores primatas das Américas com peso de até 15 kg quando adultos, habitam exclusivamente a Mata Atlântica brasileira (AGUIRRE, 1971; NISHIMURA et al., 1988). A palavra “miqui” tem origem tupi e significa “povo manso e tranquilo”, em coerência ao comportamento natural observado para o gênero, dando a eles o título de macacos hippies da floresta (MENDES; SILVA; STRIER, 2010; STRIER, 1992).

Diferente de outros primatas, os miquis vivem em um sistema social não hierárquico e de baixa agressividade, com sistema de acasalamento promíscuo, no qual uma fêmea pode copular com diversos machos sem que haja disputa direta entre eles (POSSAMAI et al., 2007; STRIER, 1986). Os machos são filopátricos, isto é, permanecem por toda vida em seu grupo

de origem, enquanto as fêmeas migram de seu grupo natal ao passo que atingem a maturidade sexual, tornando-se assim responsáveis pela diversidade genética da espécie (MILTON, 1985; PRINTES; STRIER, 1999). Representantes da família Atelidae, apresentam cauda preênsil que auxilia em seu principal modo de locomoção, denominada braquiação (ROSENBERGER; STRIER, 1989), que é um tipo de locomoção que alterna o movimento dos braços e da cauda, tornando seu deslocamento pela mata rápido e eficaz.

Além das diferenciações genéticas já estudadas (CHAVES et al., 2019), os miquis também podem ser distinguidos através de características morfológicas presentes em cada uma das espécies (SÁ et al., 1990). Por exemplo, *B. hypoxanthus*, se diferencia de *B. arachnoides* principalmente pela despigmentação incompleta da face e genitálias, e pela presença de polegares vestigiais, sendo que este último não apresenta tal despigmentação e pode não possuir polegares nas mãos (RYLANDS et al., 2000; SÁ; GLANDER, 1993; VILLAVICENCIO, 2016). A despigmentação presente nos indivíduos do norte (*B. hypoxanthus*), gera padrões únicos à espécie e nos possibilita identificar individualmente os animais, que podem ser facilmente reconhecidos através das manchas pelo corpo (STRIER, 1987).

De acordo com Mendes et al. (2014), os miquis eram comuns na Mata Atlântica até meados do século XIX, onde havia, provavelmente, mais de um milhão de miquis na natureza quando os europeus chegaram ao país. Diante de ameaças à sua sobrevivência como a perda de habitat, caça ilegal e baixos índices de reprodução *in-situ* (CUNHA et al., 2009; MENDES et al., 2005; TALEBI; SOARES, 2005), as duas espécies de miquis estão atualmente classificadas pela lista vermelha da IUCN como “ criticamente Em Perigo ” de extinção (CR) (MELO et al., 2021; TALEBI et al., 2021). Estima-se que a população atual de miquis-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus*) seja de aproximadamente 1.000 indivíduos livres na natureza (MELO et al., 2021), enquanto os miquis-do-sul (*Brachyteles arachnoides*) tem sua população atual estimada em torno de 1.100 a 1.200 indivíduos de vida livre (TALEBI et al., 2021).

Um dos prejuízos ao *status* de conservação do gênero *Brachyteles* advém de sua biologia reprodutiva, que resulta em uma taxa de crescimento populacional lenta, com longo período de intervalo entre nascimentos (STRIER, 1996). Além disso, a maior parte das populações de miquis são pequenas e isoladas e possuem gerações longas e sobrepostas (STRIER, 2000). Com isso, a falta de conectividade entre as populações tem eliminado a oportunidade de fluxo gênico e a migração das fêmeas (FAGUNDES, 2005), tornando-se um gênero muito vulnerável aos efeitos da deriva genética (STRIER, 2000; STRIER et al., 2002). Isso é particularmente preocupante, dado que seu declínio populacional ou extirpação teria

potencial para alterar profundamente a dinâmica dos ecossistemas em que habitam (BELLO et al., 2017; BUFALO; GALETTI; CULOT, 2016).

Os muriquis são vertebrados folívoros-frugívoros (HAWES; PERES, 2014) e, considerando que são um dos maiores frugívoros existentes, dispersam um maior número e diversidade de espécies de sementes (BUFALO; GALETTI; CULOT, 2016; LUGON et al., 2017), contribuindo diretamente para a regeneração das florestas e saúde do habitat (CHAPMAN et al., 2012). Na Mata Atlântica, a dispersão de sementes por animais chega a 90% em algumas regiões (ALMEIDA-NETO et al., 2008), auxiliando na sua manutenção. Além disso, existem registros de que os primatas tenham atuado nos dois principais períodos de diversificação das angiospermas, impulsionando sua evolução (ERIKSSON, 2016).

Sendo assim, o destino dos primatas da Mata Atlântica, especialmente, o maior primata das Américas, está intrinsecamente ligado ao da Mata Atlântica (CUNHA; GRELE, 2008). A ausência desses animais nas matas e a extinção local da espécie, em longo prazo, pode empobrecer o número de espécies arbóreas deste bioma (SANDERSON, 2002). As matas protegem os mananciais de água potável que abastecem grandes cidades, portanto, de forma indireta, conservar esses primatas na natureza contribui para a conservação da água que utilizamos (MAZZURANA, 2016). Os primatas oferecem ainda oportunidades únicas para o estudo da evolução e do comportamento humano, além de serem valiosos modelos para o estudo de doenças emergentes (ESTRADA et al., 2017). Mesmo desempenhando todas essas atribuições para a natureza, se nada for feito, daqui a 50 anos o desaparecimento dos muriquis e outras diversas espécies de primatas será uma realidade (JERUSALINSKY; TALEBI; MELO, 2011; SMA, 2015; TALEBI, 2013).

Nesse contexto, levantamentos populacionais e estudos filogeográficos com mapas de distribuição e modelos de adequabilidade são importantes para apontar novas potenciais áreas de distribuição em que os muriquis possam ocorrer (CHAVES et al., 2019; INGBERMAN et al., 2016; IUCN, 1998; HACK et al., 2022), e assim fornecer informações altamente relevantes sobre o limite de distribuição física entre as duas espécies do gênero *Brachyteles*. Para o desenvolvimento eficaz de estratégias para a conservação de espécies ameaçadas, existe a necessidade de se obter informações atuais e precisas que comprovem a localização das populações remanescentes dos primatas em geral, mas particularmente dos muriquis (MENDES et al., 2005; MELO; DIAS, 2005; SPAAN et al., 2019).

Pesquisas terrestres de animais são inerentemente demoradas e podem cobrir apenas pequenas áreas (ANCRENAZ et al., 2004). Por outro lado, levantamentos aéreos conduzidos por aeronaves tripuladas podem cobrir maiores áreas rapidamente, mas geralmente são caros,

limitados pela disponibilidade de aeronaves e, além disso, são arriscados (WICH; KOH, 2018). Dessa forma, métodos alternativos e modernos para o levantamento de novos indivíduos têm sido utilizados como estratégia para superar esses desafios, com destaque para os drones (SOBRAL; MARTINS; OLIVEIRA, 2022), que são capazes de captar imagens por câmera termal acoplada e, de forma simultânea, captar imagens coloridas de alta resolução e (4K) que podem ser comparadas (KAYS et al., 2018; MELO, 2021; SOBRAL; MARTINS; OLIVEIRA, 2022; SPAAN et al., 2019; ZHANG et al., 2020).

1.2 Veículos aéreos não tripulados (VANT's)

Na última década, como método alternativo e complementar aos levantamentos existentes, realizaram-se estudos para o monitoramento de mamíferos terrestres através de veículos aéreos não tripulados (VANT's), popularmente conhecidos por “drones”, resultando em implicações diretas para a conservação (CHRÉTIEN; THÉAU; MÉNARD, 2016; STARK et al., 2017; WICH et al., 2016). Existem algumas limitações na utilização de drones, como (i) a baixa autonomia de voo quando comparados a veículos aéreos tripulados (COLEFAX; BUTCHER; KELAHER, 2018); (ii) duração limitada da bateria; (iii) instabilidade dos voos, que dependem das condições ambientais e (iv) condições legais, visto que na maioria dos países as operações com drones precisam seguir diretrizes governamentais, dificultando operações em determinadas áreas (PIEL et al., 2022).

No entanto, os drones surgiram como uma ferramenta mais acessível, livre de riscos e capazes de produzir uma grande quantidade de dados em um período de tempo relativamente mais curto, quando comparados às técnicas padrões de censo, como transectos, que envolvem a necessidade de mais recursos financeiros, equipes de campo e maior tempo de coleta (VALENÇA-MONTENEGRO; MELO; JERUSALINSKY, 2021; SOBRAL; MARTINS; OLIVEIRA, 2022).

Os drones também apresentam a possibilidade de acoplamento de diferentes equipamentos, como sensores térmicos em câmeras, que permitem a obtenção de dados espaciais com imagens precisas e de alta resolução em áreas amplas e inacessíveis a um custo mais acessível (MELO, 2021). Os sensores térmicos em drones têm o potencial de superar obstáculos ao escanear rapidamente grandes áreas florestais de cima, detectando e mapeando animais da vida selvagem com base no contraste térmico, entre sua temperatura corporal quente e o ambiente frio (KAYS et al., 2018), e ainda, é possível controlar algumas definições como altitude e distâncias de voo.

1.3 Detecção de primatas através de imagens de drones

A observação e a quantificação de primatas é um desafio, dado seus diferentes modos de vida, com espécies inteiramente arbóreas e outras quase inteiramente terrestres. Além disso, é comum que indivíduos não habituados fujam na presença humana, dificultando os registros (WILLIAMSON; FEISTNER, 2003). Nesse contexto, destaca-se a necessidade de métodos indiretos e de baixo impacto para fornecer dados sobre densidade e distribuição das espécies. Como exemplo, vale ressaltar Melo (2021), que registrou 22 indivíduos de *Brachyteles hypoxanthus* em apenas 8 minutos de voo com drone, o equivalente a cerca de 7% da população estimada através de transectos, durante mais de 1.700 horas de trabalho de campo, em um período de 2 anos, no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, em Minas Gerais. Isso demonstra que, mesmo com as limitações já apontadas, a eficácia dos drones podem ser grandes aliadas à conservação de primatas, especialmente para responder a ameaças da conservação em tempo real (HODGSON et al., 2018).

Devido à dificuldade de detectar primatas diretamente na copa das árvores com câmeras de espectro visual (RGB), os pesquisadores têm recorrido a drones multirotores com câmeras infravermelhas térmicas para detectar várias espécies de primatas e ter melhor probabilidade de detecção, principalmente ao amanhecer e ao anoitecer, quando a vegetação é relativamente fria (BURKE et al., 2019; KAYS et al., 2018; SPAAN et al., 2019).

Um estudo de Spaan et al. (2019) para determinar a presença e contar o número de macacos-aranha (*Ateles geoffroyi*) no México, verificou que o número de indivíduos contados foi maior para drones do que para levantamentos terrestres em 92% dos casos, sugerindo que as contagens terrestres podem subestimar o número de indivíduos em uma área. Por outro lado, Kays et al. (2018), demonstraram que as contagens terrestres eram maiores do que as contagens aéreas. No entanto, este estudo comparou a contagem de apenas dois voos, enquanto Spaan et al. (2019) comparou 28 voos. Kays et al. (2018) também utilizaram uma câmera térmica de resolução mais baixa, e a resolução da câmera térmica demonstrou afetar fortemente a detectabilidade de animais pelo drone (SPAAN et al., 2019).

Drones também foram testados em florestas tropicais da Indonésia, e os resultados de Rahman et al. (2021) se mostraram encorajadores, visto que os levantamentos com drones oferecem vantagens sobre os levantamentos terrestres, incluindo estimativa precisa de tamanho, menor perturbação e maior cobertura de área. Outra vez, os sensores térmicos ajudaram a detectar espécies que não foram detectadas com facilidade nas imagens RGB,

entretanto as imagens RGB detalhadas permitiram a identificação das espécies (RAHMAN et al., 2021). Com base nesses resultados, sugere-se que os levantamentos com drones forneçam contagens mais próximas do número real de animais que habitam uma determinada área, dado que permite que as contagens sejam realizadas mais lentamente após os voos, parando e repetindo as imagens para identificar primatas em diferentes áreas (SPAAN et al., 2019).

Os drones também podem auxiliar censos populacionais de espécies raras e ameaçadas procurando sinais indiretos da presença de espécies em diferentes habitats, como foi demonstrado por tentativas de mapear ninhos de grandes símios adormecidos em copas de árvores (ANDEL et al., 2015; BONNIN et al., 2018; WICH et al., 2016). Outro estudo, de Burke et al. (2019), com espécies ameaçadas em Sabah, estabeleceu que os orangotangos de Bornéu (*Pongo pygmaeus*) e macacos-narigudos (*Nasalis larvatus*), podem ser detectados e distinguidos uns dos outros por meio da câmera termal com base em seu tamanho.

Objetivo

No presente estudo, objetivou-se validar o uso do drone para localizar uma espécie de ocorrência rara, e avaliar se os drones são realmente mais eficientes que técnicas de campo padrão na detecção de primatas, considerando a amostragem em grandes áreas e o tempo de coleta. A partir disso, foram percorridos potenciais áreas de distribuição e os resultados foram organizados a seguir.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

Levantamentos aéreos mediante o uso de drones com câmera termal e câmera visual foram executados através de excursões em campo na Serra da Mantiqueira, que está localizada no tríplice fronteira dos estados de São Paulo, Minas Gérias e Rio de Janeiro, abrangendo as regiões sul e sudeste do país. A Serra da Mantiqueira, é caracterizada por um mosaico de formações vegetacionais composto por florestas altimontanas, florestas de araucária, campos de altitude e afloramentos rochosos (MEIRELES, et al., 2014).

Alguns municípios da Serra da Mantiqueira, como Guaratinguetá-SP, Queluz-SP, Cruzeiro-SP, Itamonte-MG, Passa Quatro-MG, Rio Preto-MG, Olaria-MG, Lima Duarte-MG

e Engenheiro Passos-RJ, foram visitados e a partir disso, determinados pontos amostrais. (Figura 1).

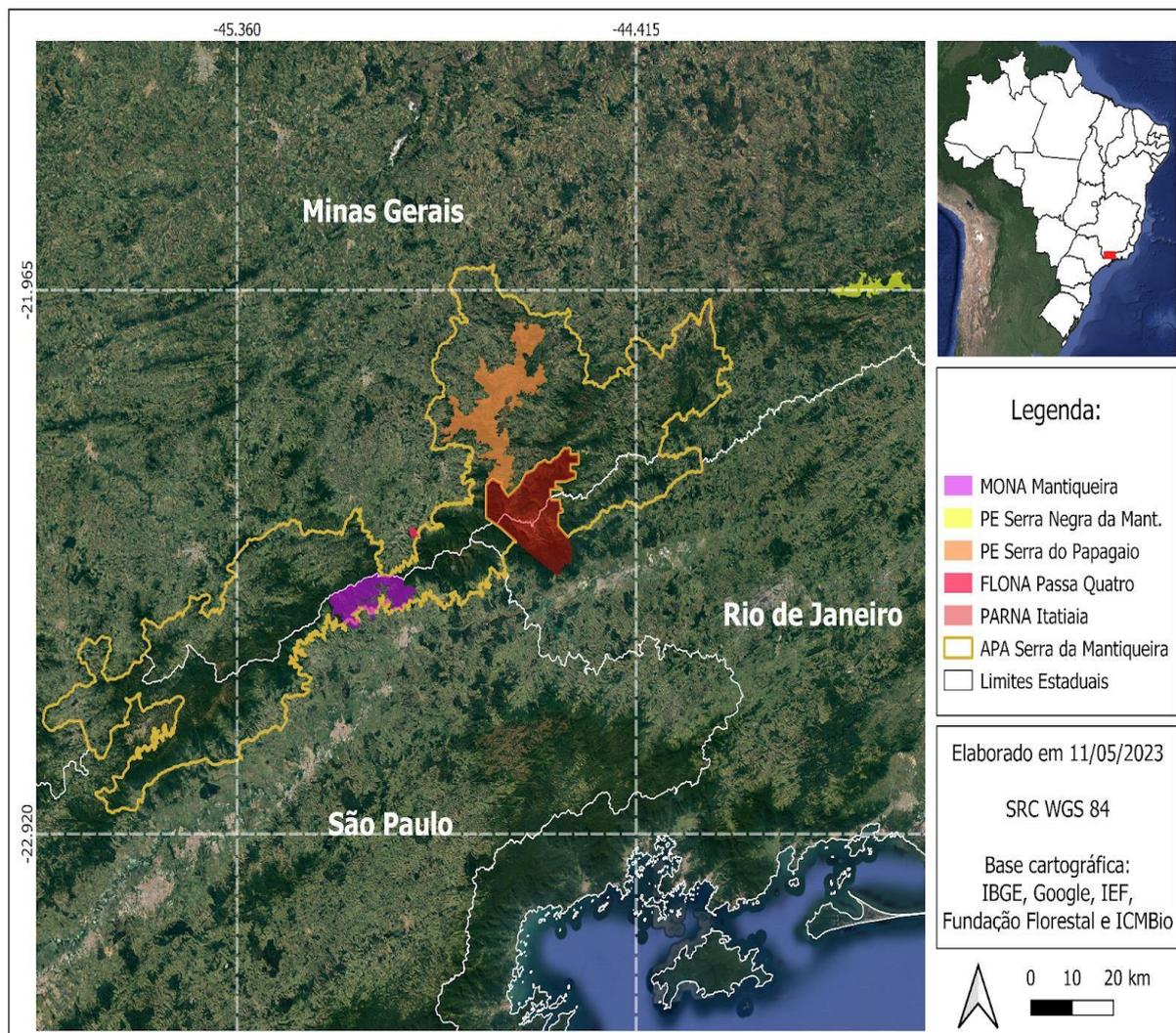


Figura 1. Área de estudo. O estudo foi realizado na Serra da Mantiqueira, tríplice fronteira dos estados de MG, RJ e SP, sendo que a maioria das regiões visitadas estão inseridas dentro da faixa de domínio da APA Serra da Mantiqueira.

As regiões visitadas foram primeiramente levantadas e selecionadas conforme seu grau de relevância, de acordo com relatos e distribuição geográfica histórica e atual sugerida na literatura (AXIMOFF, 2015; CHAVES et al., 2019; INGBERMAN et al., 2016; STRIER et al., 2017), Antes do início do censo com o drone, todas as áreas de interesse amostradas foram percorridas a pé, através de trilhas para localização e mapeamento de pontos estratégicos para decolagem dos drones, identificando as possíveis áreas mais quentes nas regiões. Além disso, relatos espontâneos da ocorrência de espécies também foram levados em consideração na definição dos pontos amostrais.

2.2 Coleta de dados

Foram realizados levantamentos aéreos em 9 municípios da Serra da Mantiqueira, entre os anos de 2020 e 2023. Os dados foram coletados a partir de dois modelos de drones da marca DJI. O modelo Matrice 200 (M200), que já é uma versão pronta. Vale destacar que, antes disso, Melo (2021) adaptou um aparelho que foi considerado o primeiro drone específico para monitorar muriquis no Brasil, sendo denominado de “dronequi 1.0”. Já esta nova versão, o M200, denominado de “dronequi 2.0”, possui câmeras duplas acopladas, sendo uma delas de imagem visual colorida (RGB) e a outra de imagem termal (Figura 2A). O segundo modelo de drone denominado Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA) (Figura 2B), também é composto por câmeras duplas com um conjunto de sensores integrados a câmera termal e câmera visual (RGB).

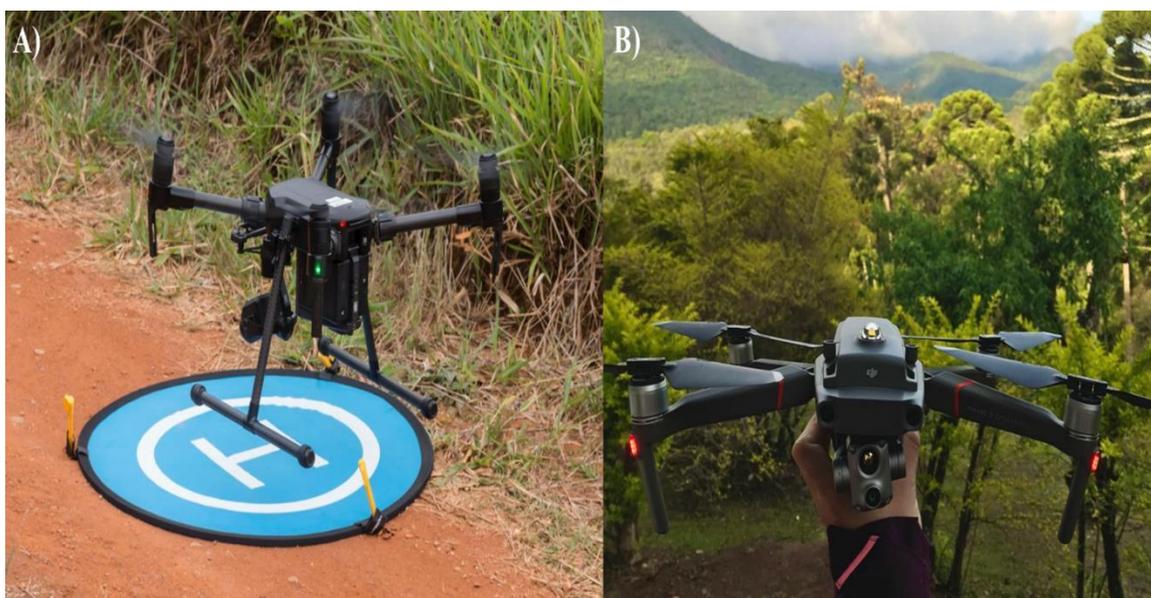


Figura 2. Detalhes dos drones: (A) DJI Matrice 200 (M200) e (B) Drone DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA).

Os drones utilizados apresentam uma tecnologia moderna, que capta a temperatura térmica de animais endotérmicos ou que diferencia o calor de objetos, animais e plantas, em diferentes paletas de cores, como em tons de cinza e branco. As demais características do drones são encontradas na tabela abaixo (Tabela 1), ou no manual do fabricante (DJI 2018; DJI 2021).

Tabela 1. Principais características e especificações técnicas dos modelos de drones utilizados para coleta de dados.

Modelos de Drones	Câmera RGB	Câmera Termal	Autonomia de voo (bateria)	Velocidade max / voo	Zoom Digital	Nº de voos
Marca DJI	<i>Resolução</i>	Pixels	Tempo	Modo P	-	-
Matrice 200	4K - Zenmuse XT2	640 x 512 - FLIR	38 min	61,2 km/h	30x	6
Mavic 2 Advanced	4K/60fps	640 x 512	31 min	50 km/h	32x	77
Total de voos						83

Legenda: 83 voos foram realizados, sendo apenas 6 voos com o modelo de drone Matrice 200, e 77 voos com o modelo Mavic 2 Advanced.

Devido a logística de campo e a algumas especificações técnicas do drone “M200”, podemos observar que poucos voos foram realizados no início da pesquisa com este drone. Apesar da tecnologia de ambos os drones serem de ponta, o “M200” é um drone mais robusto e mais pesado, e por isto mais difícil de ser levado à campo, principalmente considerando o terreno íngreme, extenso e com grande desnível de altitude como o da Serra da Mantiqueira, portanto, afim de viabilizar e otimizar a coleta de dados, este modelo foi substituído pelo “M2EA”, que é um drone mais leve, mais compacto e versátil.

Para garantir que os animais arbóreos fossem distinguidos de seu entorno, os voos foram realizados em períodos com menor incidência de luz solar direta (início da manhã e final da tarde), quando a vegetação da mata ainda estava fria e possibilitava maior contraste de temperatura térmica entre ela e os animais, diminuindo o viés de falsos positivos. Com exceções de dias nublados, no qual o período de luminosidade do dia não interferia na detecção através da câmera termal. Durante os voos, sempre que os sensores termais emitiam pontos de calor na mata, a câmera visual era utilizada a fim de comparação e de confirmação da espécie. Ademais, padrões de comportamento, locomoção, tamanho, formato e cor, também foram utilizados para confirmação das espécies.

Todas as informações sobre a utilização e segurança dos drones, incluindo as medidas de segurança e as especificações descritas acima, estão representadas em condições testes

ideais de voos e descritas no Manual de Usuário da DJI, podendo variar conforme o ambiente real de voo. Portanto, não foram realizados voos em dias de chuva, neblina forte e ventos acima de 22 km/h (DJI 2018; DJI 2021).

2.3 Análise de imagem

Os drones foram operados a partir de um controle remoto, onde os sensores de imagem térmica e visual captaram imagens simultâneas de forma autônoma, permitindo verificar e monitorar as espécies de dossel em tempo real (Figura 3), através das imagens transmitidas diretamente na tela do controle remoto, durante a realização de cada voo. No caso do drone M2EA, ainda foi possível contar com Zoom óptico de até 4x (zoom digital de 32x) durante os voos, permitindo a confirmação precisa da espécie avistada. Todos os voos foram gravados e realizados manualmente em uma forma de busca ativa, seguindo quaisquer sinais de animais detectados pelos sensores do drone (Figura 4).



Figura 3. Controle remoto do drone Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA), demonstrando todos os detalhes de como este é manuseado em campo, e como visualizamos o feed no momento do voo.

Ao detectar primatas, o drone foi posicionado na melhor forma para identificar a maior quantidade de indivíduos presentes. A maioria das detecções foram confirmadas durante os

voos, parando o drone e reduzindo sua altura AGL (altura acima do nível solo), onde o recurso de zoom para voos com o drone M2EA foi utilizado. Nos casos em que não foi possível identificar a espécie detectada no momento do voo, as imagens gravadas foram, posteriormente, minuciosamente avaliadas na melhor resolução possível, e também utilizado um software (Adobe Photoshop Premiere) com ferramentas de zoom, para identificação correta da espécie.

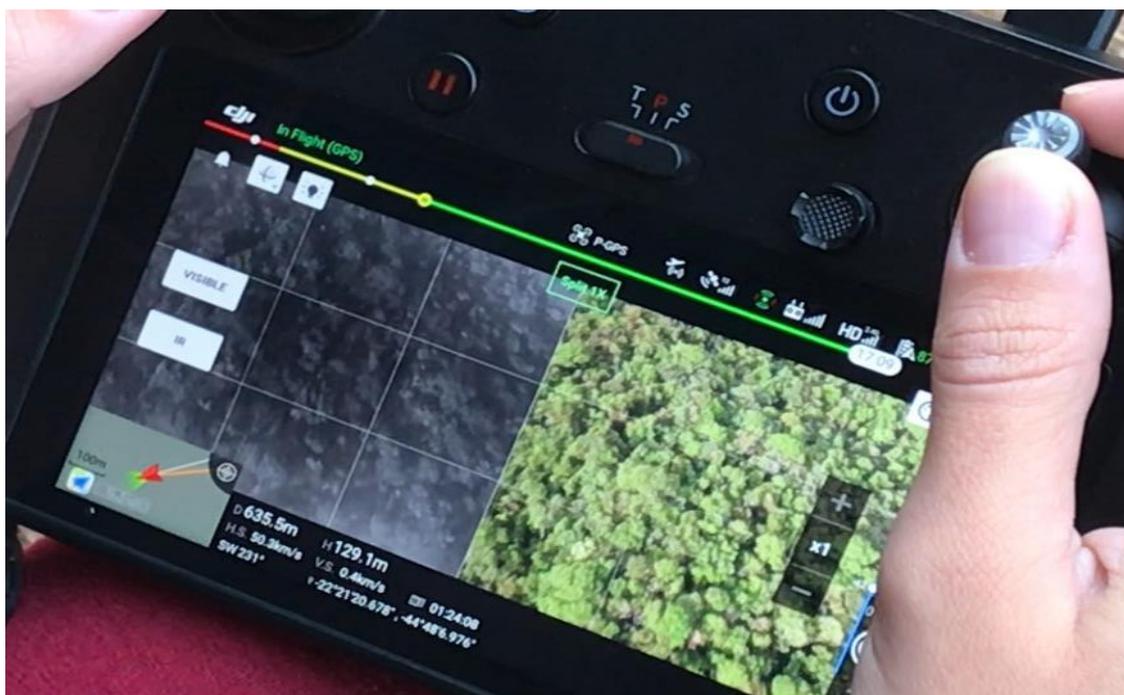


Figura 4. Detalhes do controle remoto do drone (M2EA), demonstrando como visualizamos a tela no momento do voo, com os dois tipos de imagens (térmica e colorida), que são transmitidas e capturadas através da câmera termal e da câmera visual.

3. RESULTADOS

3.1 Voos e primatas detectados

Um total de 83 voos foram realizados em 9 localidades distintas da Serra da Mantiqueira. Foram percorridos 403 km com drone, com distância média percorrida por voo de 4,855 km (+/- 1,932 km) (Tabela 2). O tempo total dos voos foi de 23 horas e 24 segundos, com média de 16 minutos e 26 segundos por voo (+/- 3 min e 48 s). O voo mais longo foi de 8,63 km e o menos longo foi de 0,67 m, o voo de maior tempo foi 21min18s e o de menor tempo foi de 05min03s.

Tabela 2. Voos e localidades percorridas na Serra da Mantiqueira.

Cidade / Município	Estado	Nº de voos	Distância Percorrida	Ano de coleta
Guaratinguetá	SP	13	66,775 km	2020/2022
Pindamonhangaba	SP	4	25,098 km	2023
Queluz	SP	9	68,921 km	2022
Cruzeiro	SP	15	57,069 km	2022/2023
Itamonte	MG	18	67,104 km	2022
Passa Quatro	MG	15	68,477 km	2022
Olaria	MG	4	18,192 km	2022
Lima Duarte	MG	3	17,700 km	2022
Rio Preto	MG	2	13,700 km	2022
Total:		83	403,036 km	

Legenda: Foram realizados voos aéreos por meio de drones acoplados a sensores térmicos, em 9 localidades das áreas levantadas, entre os estados de São Paulo e Minas Gerais, totalizando 83 voos, com aproximadamente 403 km percorridos.

3.2 Registro de duas novas populações de muriquis (*Brachyteles arachnoides*) na Serra da Mantiqueira

Através dos levantamentos aéreos realizados neste estudo foi possível descobrir duas novas populações de muriquis-do-sul, sendo uma delas na encosta leste da Serra da Mantiqueira (-22.69791, -45.40425) (-22.69748, -45.40498), bairro Gomerai, município de Guaratinguetá, São Paulo, onde um grupo com 13 indivíduos foram contados e identificados via drone, através de imagens aéreas. A utilização de câmera visual de alta resolução emparelhada com sensores de imagens térmicas, possibilitou capturar registros visuais e térmicos dos animais através do drone (Figura 5).

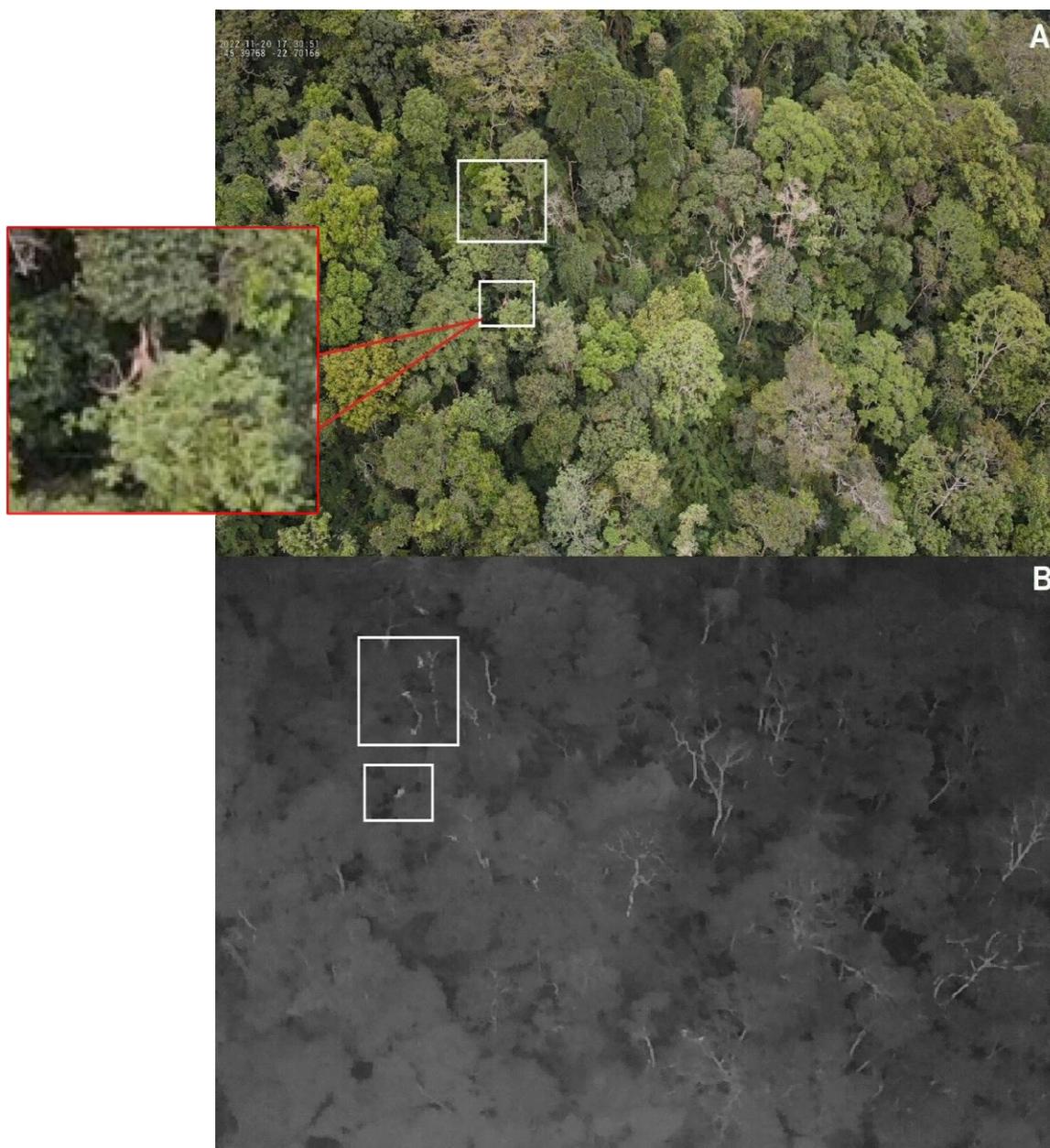


Figura 5. Registro de muriquis-do-sul em Guaratinguetá (SP) através de drone. Em A, imagem visual tipo RGB, e em B, registro termal, em que se utiliza um espectro de tons cinza e branco, sendo os pontos brancos os pontos de maior calor.

Já a segunda população foi registrada na RPPN Gigantes do Itaguaré (-22.50305, -45.08941) (-22.50636, -45.09186), no município de Cruzeiro, estado de São Paulo, com 11 indivíduos contados e identificados por drone (Figura 6, 7, 8). Essas novas descobertas reduzem a área entre as populações do gênero para cerca de 46 km, sendo que os animais identificados em Cruzeiro, passam a ser a população de muriquis-do-sul mais próxima já registrada da população de muriquis-do-norte, presente no Parque Nacional do Itatiaia, no Rio de Janeiro, ou seja, a mais próxima do limite físico sugerido para as espécies (Figura 10). Entre todas as

áreas visitadas, as duas localidades apontadas acima foram os únicos locais do estudo em que detectamos a presença de indivíduos do gênero *Brachyteles*.

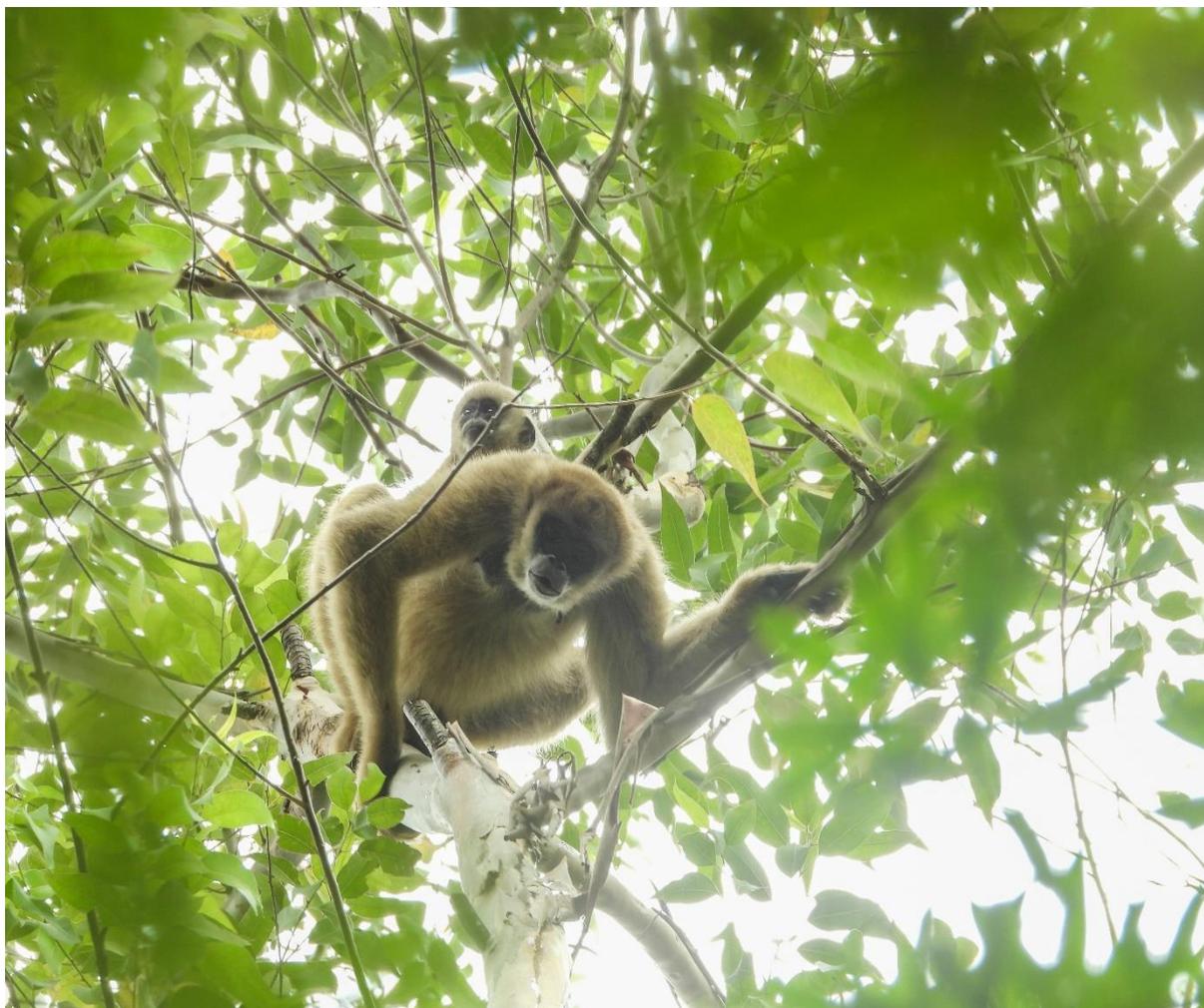


Figura 6. Fêmea adulta de muriqui-do-sul com seu filhote, localizada por drone e registrada por câmera fotográfica na RPPN Gigantes de Itaguapé, município de Cruzeiro, estado de São Paulo.

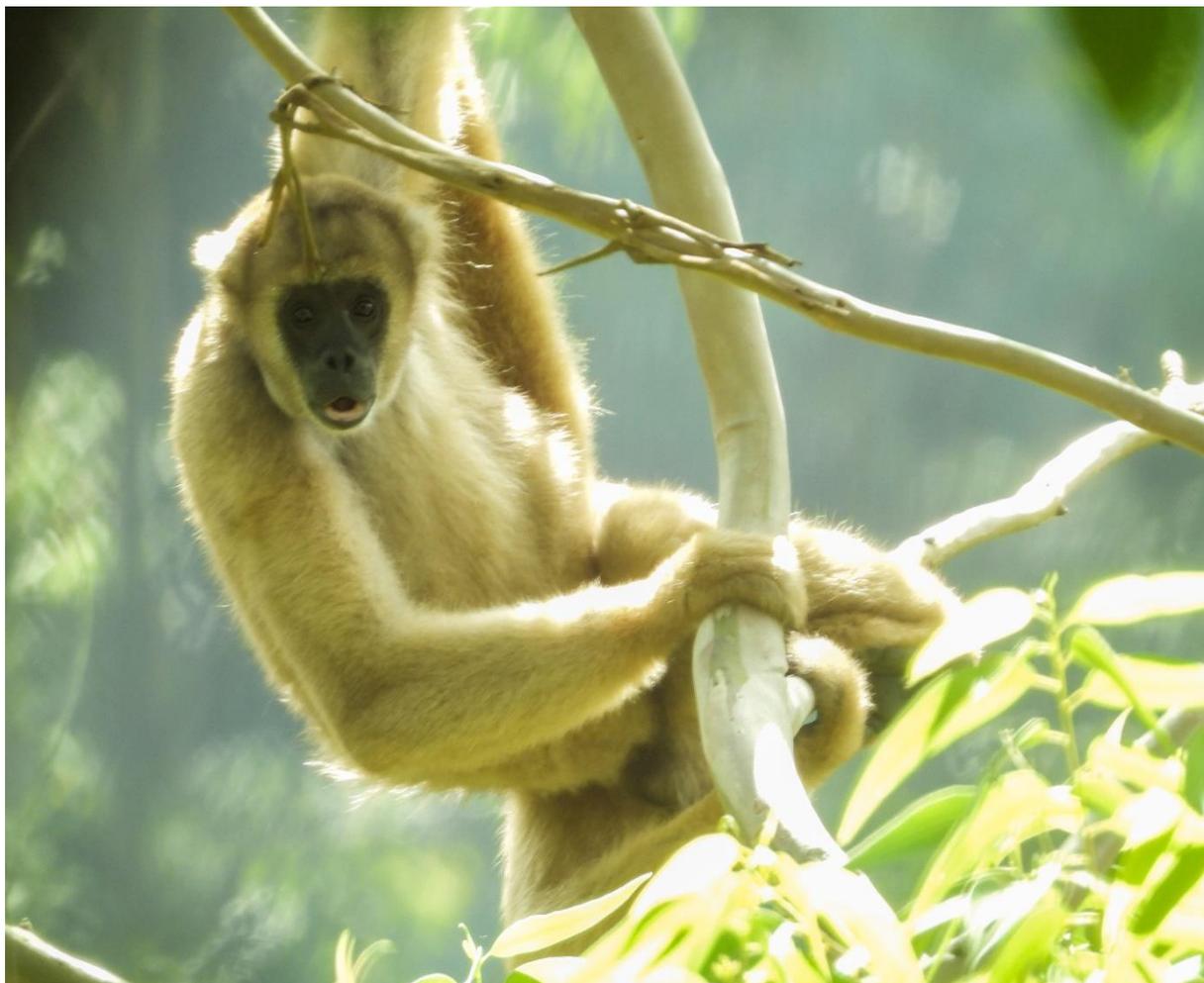


Figura 7. Macho adulto de muriqui-do-sul, localizado por drone e registrado por câmera fotográfica, na RPPN Gigantes de Itaguapé, município de Cruzeiro, estado de São Paulo.



Figura 8. Fêmea subadulta de muriqui-do-sul, localizada por drone e registrada por câmera fotográfica na RPPN Gigantes de Itaguapé, município de Cruzeiro, estado de São Paulo.

A contagem dos muriquis foi realizada considerando a direção de seu deslocamento para evitar a contagem repetida do mesmo indivíduo, onde o drone era posicionado para enquadrar todos os indivíduos que passassem pelos pontos determinados para contagem, pontos esses em que os muriquis formavam uma única linha de movimento.

Os registros com detecções foram feitos no período da tarde, entre 16:00 e 17:00hrs, e no período da manhã, entre 08:00 e 12:00 (Tabela 3). O reconhecimento da espécie *Brachyteles arachnoides* foi feito considerando seus padrões fenotípicos, como a pigmentação total da face, coloração da pelagem, presença de cauda preênsil e tipo de deslocamento.

Tabela 3. Muriquis-do-sul detectados através de drones com sensores térmicos no bairro “Gomeral” e RPPN Gigantes de Itaguapé.

N^o	Indivíduos	Data	Hora	Tipo de Detecção	Coordenadas	Localidade
1	3	27/08/2020	16:35	Drone M200	-22.69791, -45.40425	Guaratinguetá-SP
2	7	27/08/2020	16:53	Drone M200	-22.69748, -45.40498	Guaratinguetá-SP
3	13	20/11/2022	16:22	Drone M2EA	-22.70160, -45.39746	Guaratinguetá-SP
4	1	20/11/2022	16:42	Drone M2EA	-22.70049, -45.39531	Guaratinguetá-SP
5	11	20/11/2022	17:00	Drone M2EA	-22.69993, -45.39455	Guaratinguetá-SP
6	9	20/12/2023	08:55	Drone M2EA	-22.50305, -45.08941	Cruzeiro-SP
7	9	20/12/2023	09:20	Drone M2EA	-22.50355, -45.08914	Cruzeiro-SP
8	9	20/12/2023	09:57	Drone M2EA	-22.50367, -45.08891	Cruzeiro-SP
9	3	22/12/2023	11:38	Drone M2EA	-22.50636, -45.09186	Cruzeiro-SP

Durante o levantamento inicial obtivemos acesso a um relato de muriqui com uma foto de 2011 (Figura 6), e ainda um relato visual sem foto, do ano de 2019, na RPPN Instituto Alto Montana da Serra Fina, na cidade de Itamonte-MG. Os dois relatos são de apenas um único indivíduo que não pode ser identificado a nível de espécie devido à baixa qualidade da imagem.

Vasculhamos o local relatado caminhando em trilhas e sobrevoando esta e outras áreas, dentro e fora da RPPN, que está localizada na parte alta da Serra da Mantiqueira, e não encontramos nenhum indício da presença de muriquis na região. No entanto, notamos a capacidade das áreas em abrigarem as espécies devido sua extensão e magnitude da vegetação. Supomos que por ser um indivíduo isolado, possa ser uma fêmea em fase de migração.



Figura 9. Imagem de um relato de muriqui em 2011, cedida pelo Instituto Alto Montana, cuja espécie não pode ser identificada.

Diante disso, foi possível atualizar o mapa da distribuição geográfica histórica e atual dos muriquis apresentado em Chaves et al. (2019), adicionando as novas populações registradas e apresentando uma ampliação na faixa de distribuição das espécies (Figura 10).

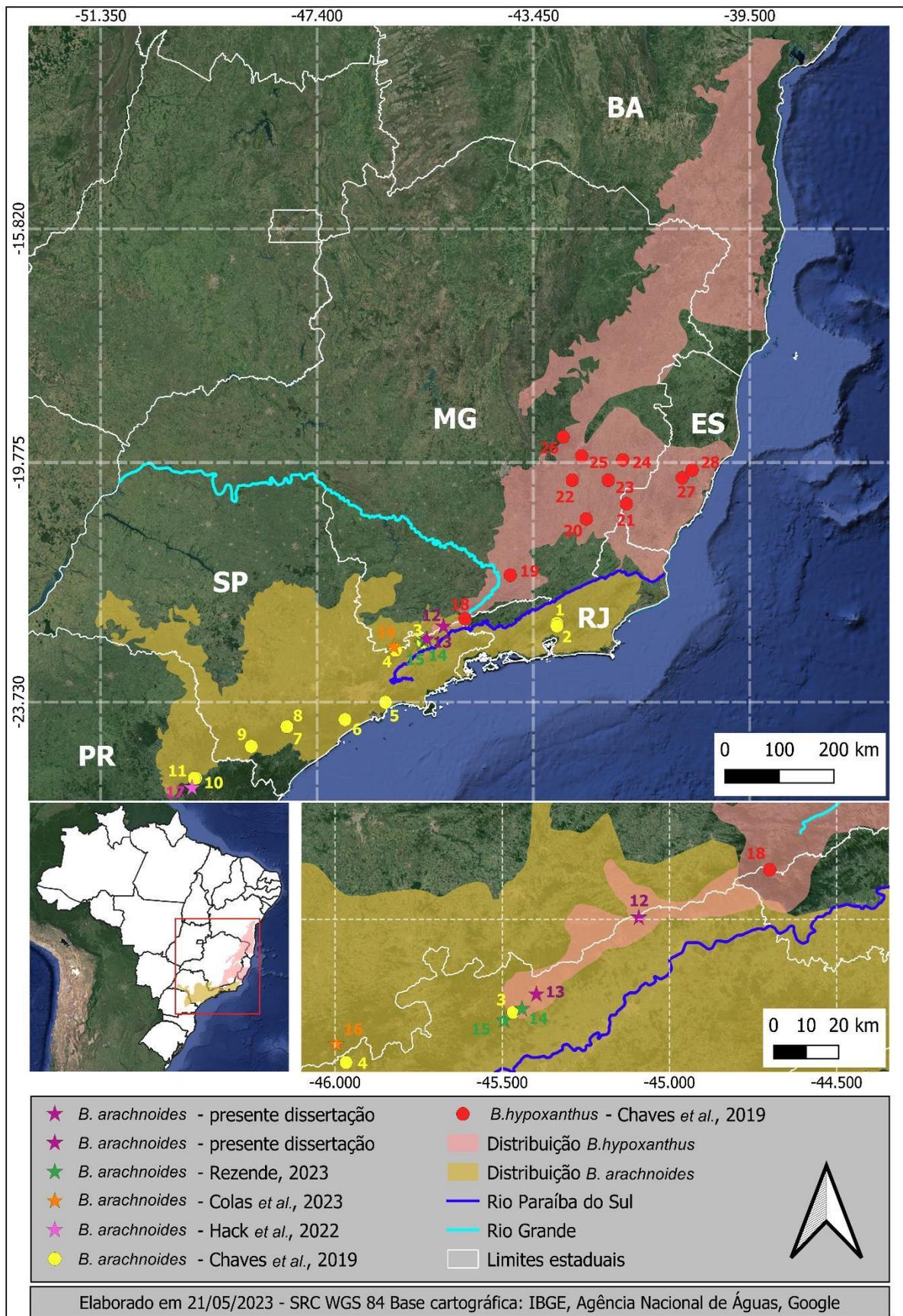


Figura 10. Distribuição geográfica das populações registradas na Serra da Mantiqueira, com ampliação na área de ocorrência. *B. arachnoides* está representada por círculos amarelos e *B.*

hypoxanthus por círculos vermelhos. As novas populações de muriquis-do-sul estão representadas por estrelas coloridas. Figura adaptada de Chaves et al. (2019). Para mais informações, verificar a tabela 1 no anexo.

3.3 Primatas da Mata Atlântica detectados com sucesso através de imagens térmicas, obtidas por meio de drone de alta tecnologia

Além das duas populações de muriquis (*Brachyteles arachnoides*), foram detectadas através de imagens térmicas, a presença de 3 espécies diferentes de primatas da Mata Atlântica, nas seguintes regiões da Serra da Mantiqueira: A) Passa Quatro; B) Itamonte; C) Guaratinguetá e D) Passa Quatro-MG, conforme demonstrado no layout abaixo (Figura 11).

Espécies como bugios (*Alouatta guariba*) (Figura 12), sauás (*Callicebus nigrifrons*) (Figura 13), muriquis-do-sul (*Brachyteles arachnoides*) (Figura 14) e macacos-pregos (*Sapajus nigritus*) (Figura 15), incluindo grupos contendo infantes, foram identificados por meio de drone com câmera termal.



Figura 11. Layout de imagens aéreas dos primatas detectados por drone neste estudo, demonstrando o momento do registro com a câmera termal e visual. Em A) bugios (*Alouatta guariba*), B) sauás (*Callicebus nigrifrons*), C) muriquis-do-sul (*Brachyteles arachnoides*) e D) macacos-pregos (*Sapajus nigritus*).



Figura 12. A) Grupo de bugios (*Alouatta guariba*), demarcados por círculos vermelhos e detectados por drone via imagem termal (pontos brancos) e visual, no município de Passa Quatro, Minas Gerais.



Figura 13. B) Grupo de sauás (*Callicebus nigrifrons*), demarcados por círculos vermelhos e

detectados por drone via imagem termal (pontos brancos) e visual, no município de Itamonte, Minas Gerais.



Figura 14. C) População de muriquis-do-sul (*Brachyteles arachnoides*), demarcados por círculos vermelhos e detectados por drone via imagem termal (pontos brancos) e visual, localizada no bairro Gomerl, município de Guaratinguetá, São Paulo, Serra da Mantiqueira.



Figura 15. D) Grupo de macacos-pregos (*Sapajus nigritus*), demarcados por círculos vermelhos e detectados por drone via imagem termal (pontos brancos) e visual, no município de Passa Quatro, Minas Gerais. Vale destacar que através do drone também foi possível registrar e observar um infante sendo carregado nas costas de sua mãe.

Através dessas câmeras, também foi possível observar e detectar a presença de diferentes espécies de dossel, incluindo mamíferos de pequeno porte, como os quatis e até mesmo aves como jacus e de rapina. Confira no link a seguir a demonstração em vídeo do registro de algumas das detecções de primatas feitas pelo drone a partir deste estudo: (<https://drive.google.com/file/d/1Wm255J5oiu0oQ26jZpZkGPkuOjAdbfMP/view?usp=sharing>).

A classificação de diferentes grupos para cada espécie encontrada, como demonstra a tabela abaixo (**Tabela 4**), foi dada conforme a posição em referência à localização dos indivíduos no momento do voo. Se estes grupos estivessem perto ou em pontos muito próximos, classificava-se como um único grupo para evitar uma superestimativa, e quando estes estavam em áreas mais distantes e em sentidos diferentes, classificavam-se como grupos distintos.

Tabela 4. Primatas detectados através de câmera termal embarcada em drone em diferentes locais na Serra da Mantiqueira.

	Espécies Encontradas	Nº do grupo	Hora	Coordenadas	Local
1	<i>Callicebus nigrifrons</i>	grupo 1	09:55	-22.366535, -44.8037464	Itamonte-MG
2	<i>Callicebus nigrifrons</i>	grupo 2 e 3	06:12	-22.363683, -44.814310 e -22.368826, -44.817923	Itamonte-MG
3	<i>Callicebus nigrifrons</i>	grupo 4	07:07	-22.357456, -44.809055	Itamonte-MG
4	<i>Callicebus nigrifrons</i>	grupo 5 e 6	07:00	-22.40749, -44.89164 e -22.39853, -44.89300	Passa Quatro-MG
5	<i>Callicebus nigrifrons</i>	grupo 7 e 8	07:17	-22.37717, -44.86681 e -22.37546, -44.87543	Passa Quatro-MG
6	<i>Callicebus nigrifrons</i>	grupo 7	07:39	-22.37396, -44.86977	Passa Quatro-MG
7	<i>Callicebus nigrifrons</i>	grupo 9	15:57	-22.43520, -44.91278	Passa Quatro-MG
8	<i>Callicebus nigrifrons</i>	grupo 10	10:10	-22.42273, -44.92565	Passa Quatro-MG
9	<i>Callicebus nigrifrons</i>	grupo 11 e 12	08:13	-22.48097, -44.97637 e -22.47943, -44.97453	Cruzeiro-SP
10	<i>Callicebus nigrifrons</i>	grupo 13	08:32	-22.47413, -44.97982	Cruzeiro-SP
11	<i>Alouatta guariba</i>	grupo 1	17:57	-22.48052, -45.01814	Passa Quatro-MG
12	<i>Sapajus nigritus</i>	grupo 1	16:18	-22.43090, -44.91521	Passa Quatro-MG
13	<i>Sapajus nigritus</i>	grupo 2	09:10	-22.47345, -44.97582	Cruzeiro-SP
14	<i>Sapajus nigritus</i>	grupo 3	07:56	-22.732578, -45.417301	Pindamonhangaba-SP

Legenda: Todas as detecções contidas nesta tabela foram feitas utilizando o drone M2EA, entre os anos de 2022 e 2023.

A seguir elaboramos um mapa com os resultados dos voos e das detecções realizadas neste estudo (**Figura 16**), contendo as regiões amostradas na Serra da Mantiqueira, por meio de VANT's (Veículos aéreos não tripulados), ou drones.

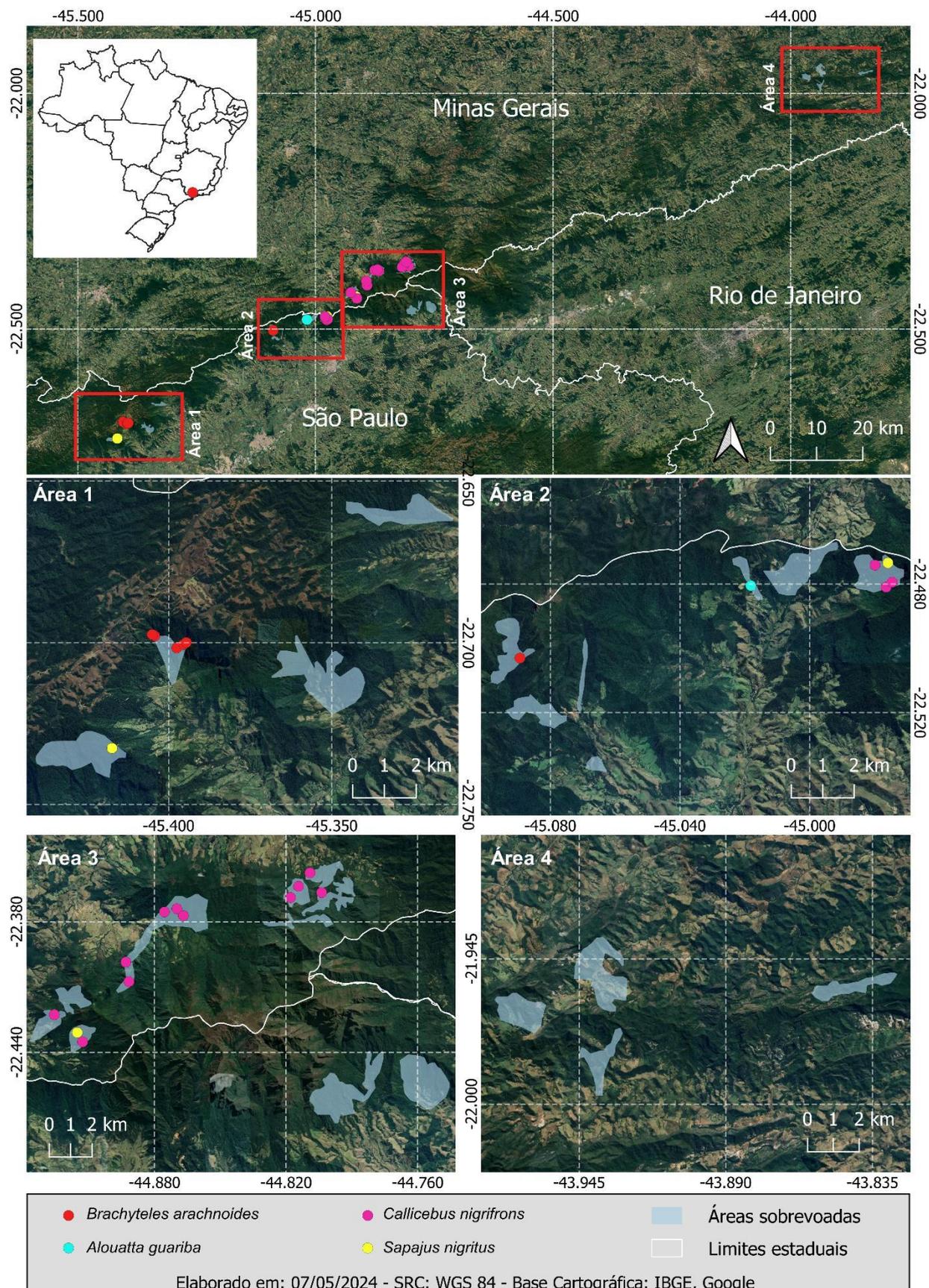


Figura 16. Mapa de sobrevoos e detecções de espécies encontradas via drone na Serra da Mantiqueira, entre Minas Gerais e São Paulo, sendo a localização da Área 1 - Guaratinguetá;

Área 2 - Cruzeiro e Passa Quatro; Área 3 - Itamonte e Queluz e Área 4 – Lima Duarte e Olaria, visto que, nesta última área nenhum primata foi identificado pelo drone.

4. DISCUSSÃO

4.1 Validando o método de levantamento aéreo por drone para localizar muriquis e outros primatas da Mata Atlântica

Confirmamos a eficiência da utilização de drones como ferramenta de detecção de primatas em grandes áreas e estimamos a ocorrência de duas novas populações de muriquis-do-sul (*Brachyteles arachnoides*) na Serra da Mantiqueira, municípios de Guaratinguetá e Cruzeiro, ambas no estado de São Paulo, bem como sua distribuição, tornando-se esta última a população de muriquis-do-sul mais próxima registrada até o momento, da população de muriquis-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus*) encontrada no Parque Nacional de Itatiaia.

Nosso levantamento através do uso de drones com câmeras térmicas e visuais combinadas mostrou-se eficiente e com potencial para nortear estudos sobre a definição da fronteira física entre as duas espécies do gênero *Brachyteles*, reduzindo seu limite de busca e rastreando novas populações, em áreas extensas e de difícil acesso. Além disso, nossos resultados demonstram que a metodologia por drone é viável e melhora o esforço porque reduz o tempo gasto, onde em pouco tempo conseguimos explorar áreas pontuais, importantes para a ocorrência da espécie e reconhecemos a espécie em duas delas.

Portanto, o drone se aplica quando temos que fazer levantamentos em extensões de áreas muito grandes e complexas. Nossa abrangência correspondeu de Minas Gerais até São Paulo, na Serra da Mantiqueira, com alguns pontos amostrais, o que seria inviável de ser feito através de transectos terrestres, em tão pouco tempo. Tínhamos uma área muito grande para percorrer, muitas áreas novas para investigar e nosso objetivo foi ver se o drone permitia ampliar o esforço em áreas que não poderíamos caminhar e poder dizer com segurança se uma espécie ocorre ou não naquela área.

Deste modo, os resultados do nosso levantamento evidenciam claramente essa otimização no tempo de coleta e na probabilidade de detecção, visto que, o uso do drone possibilita escanear a mata com o auxílio de sensores térmicos que detectam a presença dos animais a partir de sua temperatura corpórea. Assim como o importante registro de uma espécie ameaçada de extinção, como os muriquis, a mesma metodologia se mostrou útil ao detectar a presença de diferentes espécies de primatas da Mata Atlântica, como bugios (*Alouatta*

guariba), que sofreram grandes perdas populacionais desde o último surto de febre amarela no Brasil, grupo de macacos-prego (*Sapajus nigritus*) contendo infantes registrados com sucesso, incluindo a detecção de espécies menores, como é o caso dos sauás (*Callicebus nigrifrons*), que se mostrou amplamente distribuído pelas áreas amostradas, bem como diferentes espécies de dossel como quatis, jacus e aves de rapina, indicando que este novo método também pode ser utilizado para estimar a ocorrência de outros tipos de animais, e não apenas primatas.

4.2 Drones como ferramenta para detecção de primatas em áreas extensas

Comparado a outros métodos terrestres, os levantamentos aéreos com drone permitiram a determinação mais rápida e eficiente da presença de primatas, cobrindo áreas relativamente grandes em um curto período de tempo, de modo que recursos como mãos-de-obra, equipes de campo e tempo, foram economizados (BURKE et al., 2019; CHABOT; BIRD 2015). Além disso, os VANT's são menos invasivos do que as aeronaves tripuladas, vantagens essas consolidadas por outros estudos (RAHMAN et al., 2021; ZHANG et al., 2020). Amostramos com sucesso a Serra da Mantiqueira, área com formações íngremes, de grande amplitude e declividade, corroborando com estudos que reforçam o sucesso da utilização dessa nova tecnologia para ambientes montanhosos e pouco frequentada por humanos (RAHMAN et al., 2021).

A captura de imagens visuais (coloridas) foi relevante para auxiliar na identificação das espécies, no entanto, na maioria das vezes só é possível localizar os primatas a partir da utilização das imagens térmicas, que podem ser comparadas com as visuais. Nesse contexto, somente a partir dos drones equipados com sensores infravermelhos térmicos e visuais, que foi possível identificar as diferentes espécies de primatas em meio a mata e contar mais precisamente os indivíduos das duas novas populações de muriquis-do-sul na Serra da Mantiqueira.

Câmeras térmicas também são utilizadas para a detecção e contagem de diferentes espécies de primatas como bugios de manto (*Alloutta palliata*) (KAYS et al., 2018), macacos-aranha (*Ateles geoffroyi*) (SPAAN et al., 2019), orangotangos de Bornéu (*Pongo pygmaeus*) e macacos-narigudos (*Nasalis larvatus*) (BURKE et al., 2019). Obtendo sucesso até mesmo na detecção de primatas raros, como o gibão de Hainan (*Nomascus hainanus*) e fornecendo informações importantes sobre seu comportamento noturno, como árvores de dormida (ZHANG et al., 2020) ou mesmo de preguiças-de-coleira (*Bradypus crinitus*), que é um animal críptico e de difícil monitoramento em campo (SANTOS et al., 2023).

Além disso, um estudo recente realizou o registro e a classificação sexo-etária de muriquis-do-sul por meio de imagens com drones, demonstrando ótimos resultados na identificação de *Brachyteles arachnoides* através de levantamentos aéreos com VANT's (GUIMARÃES, 2023). No geral, a utilização de drones com câmeras e sensores de alta resolução é importante para monitorar as tendências populacionais em primatas selvagens, complementando os métodos tradicionais existentes e oferecendo vantagens, como a possibilidade de que as coletas de dados sejam realizadas em períodos noturnos, por exemplo, em que os métodos tradicionais são inutilizáveis (PIEL et al., 2022).

Esses estudos foram relevantes dado que são as primeiras demonstrações da eficácia dos drones e especialmente das câmeras térmicas para detectar primatas selvagens, indicando que levantamentos aéreos com drones de alta tecnologia estão se tornando interessantes para monitorar as tendências populacionais, sobretudo naquelas ameaçadas de extinção, como os muriquis (*Brachyteles* spp.) no qual o método já vem apresentando ótimos resultados para localização e contagem de indivíduos (MELO, 2021; GUIMARÃES, 2023).

Apesar das vantagens, a utilização de drones para levantamentos enfrenta desafios a serem superados. Um deles é o clima abrupto comum às florestas tropicais, como chuva, vento ($> 10 \text{ ms}^{-1}$), neblina e névoa, que podem surgir inesperadamente. Outro desafio, especialmente encontrado em nossas regiões de estudo, é o terreno com forte gradiente de altitude, que pode atrapalhar o sinal entre o drone e seu controle remoto, que funciona por meio de sinal VHF. Além disso, a legislação nacional para uso de drones, gerenciada pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), estipula limites de altitude e distância, o que pode dificultar a amostragem nessas regiões com maior gradiente de altitude.

O aquecimento do dossel pode se tornar outro desafio sendo, portanto, necessário considerar a hora do dia, a fim de maximizar o contraste térmico (KAYS et al., 2018). Dessa forma, os voos devem ser realizados no horário em que a diferença de temperatura entre o animal de interesse e seu entorno é maior, uma vez que galhos de árvores ficam em destaque quando aquecidos pelo sol (SPAAN et al., 2019; PIEL et al., 2022).

Guimarães (2023) também apontou sobre a incidência solar utilizando drone com câmera térmica, o estudo testou o efeito da incidência solar na detecção de muriquis (presença ou ausência de muriquis durante voos) e na distância de detecção de muriquis (distância em linha reta do drone para indivíduos no terreno). O resultado demonstrou influência apenas na detecção, mas não na distância de detecção, pois durante o sol forte a chance de detectar os muriquis era reduzida, mas quando eram detectados, não houve dificuldade em vê-los com a mesma distância que um dia com pouca luz. Chamando a atenção de que o efeito da incidência

solar pode não estar nas especificações técnicas do drone, mas talvez devido a uma característica comportamental dos muriquis, que durante o sol forte, fique escondido abaixo da copa das árvores, sendo indetectável.

Outra desvantagem diz respeito ao processamento de imagens após a conclusão dos voos. Embora a resolução alcançada permita a abordagem manual acurada para a detecção de primatas, acredita-se que a análise de dados de imagem possa ser automatizada a partir de métodos de aprendizado de máquina (visão computacional), reduzindo o tempo de processamento e aumentando a precisão dos resultados (LONGMORE et al., 2017; RAHMAN et al., 2021).

4.3 Levantamentos aéreos e Transectos lineares

Durante a fase inicial do estudo, onde aplicamos transectos e caminhamos a pé para reconhecimento de trilha, notamos uma grande dificuldade em detectar a presença de primatas, e mais especificamente de muriquis, através deste método. O único primata em que conseguimos registrar por meio de transecto foi o macaco sauaá, e os registros foram apenas de vocalização, nenhum registro visual foi feito. Uma possível explicação para a dificuldade de avistamento dos primatas seria de que nós, seres humanos, estamos invadindo e ocupando cada vez mais a área de vida dos primatas, fazendo com que estes se recuem e se escondam gradativamente para o centro da mata.

Outro ponto seria o estado de conservação dos muriquis, que são animais extremamente raros e ameaçados, que sobrevivem em baixas densidades populacionais e por isso a grande dificuldade de avistamento. Além disso, a maioria das poucas populações remanescentes de muriquis habita áreas montanhosas, dificultando a localização e monitoramento das espécies (TALEBI et al., 2011). Inclusive, as áreas visitadas no presente estudo estão inseridas no domínio da Serra da Mantiqueira, principal refúgio das duas espécies de muriquis, que é composta por áreas de difícil acesso com grandes maciços florestais, densamente vegetados, acidentados e com grande desnível de altitude.

Além disso, baixas taxas de encontro e tamanhos de amostras pequenos, típicos no monitoramento de espécies ameaçadas de extinção, por meio de metodologia de transectos, podem levar a diversos problemas na análise de dados (BENNUN et al., 2004; BUCKLAND et al., 2005), o que significa que métodos alternativos de coleta de dados são necessários para informar a conservação dessas espécies (TURVEY et al., 2017). Nesse contexto, para aperfeiçoar e melhorar o potencial de localização e monitoramento de novas populações de

muriquis, sugerimos combinar o uso de transectos lineares com este método recente e moderno de levantamento por drones, que nos mostrou ser uma opção viável ao cobrir grandes áreas mais rapidamente. Este novo método, ainda gerou ótimos resultados ao identificar mais espécies de primatas em um curto espaço de tempo do que as técnicas tradicionais, e por isso merece ser usado mais extensivamente.

Dessa forma, o presente estudo comprova a eficiência do uso de drones para obter dados rápidos e precisos sobre a localização e ocorrência de espécies raras e ameaçadas, em áreas grandes e de difícil acesso, com otimização no tempo de coleta e recursos financeiros. Este trabalho contribui ainda com dados relacionados à presença e distribuição dos muriquis-do-sul (*Brachyteles arachnoides*) na Serra da Mantiqueira, favorecendo a diminuição do limite de busca pela fronteira física entre as duas espécies de muriquis, nas áreas sugeridas pelo modelo de distribuição de espécies (INGBERMAN et al., 2016), corroborando com o limite de distribuição proposto em Chaves et al. (2019).

A partir dos nossos resultados, o bairro Gomerl, que está inserido na Área de Proteção Ambiental Nacional da Serra da Mantiqueira (APA Mantiqueira), e a RPPN Gigantes do Itaguaré, são consideradas regiões estratégicas para a conservação dos recursos hídricos, florestais e turísticos do Vale do Paraíba (MENEZES, 2015), e adquirem maior destaque por abrigarem duas novas populações da maior espécie de primata das Américas.

Todavia, ainda existem lacunas relacionadas ao conhecimento de suas populações e do limite de distribuição física das áreas nas quais os muriquis potencialmente vivem. Embora parte dessas lacunas tenham sido preenchidas pelo presente estudo, sugerimos que estudos futuros devam focar em maiores levantamentos entre as regiões da Serra Fina e do Parque Nacional do Itatiaia, para melhor definição da fronteira física entre as duas espécies do gênero *Brachyteles*, devido à grande extensão de remanescentes florestais nessa região, bem como a descoberta de uma possível zona de contato entre elas, dada a proximidade geográfica entre as populações de muriquis-do-sul e do norte, tanto no Rio de Janeiro quanto em São Paulo (STRIER et al., 2017).

Por fim, em concordância com o Plano Nacional para a Conservação dos Primatas da Mata Atlântica e da Preguiça-de-coleira (ICMBio, 2019), as novas populações de muriquis-do-sul registradas devem ser incluídas em sua contagem, ser monitoradas e ter sua viabilidade populacional, em longo prazo analisada (LANNA et al., 2021). Estudos genéticos também são necessários para estimar a variabilidade genética da espécie nesta região e o seu grau de endogamia.

4.4 Contribuições para a ampliação da distribuição biogeográfica do gênero *Brachyteles*

Historicamente, a distribuição geográfica do gênero *Brachyteles* foi descrita no estado do Rio de Janeiro em 1971, quando o gênero ainda era considerado monotípico (AGUIRRE, 1971; INGBERMAN et al., 2016). Mediante novos registros de indivíduos (MARTUSCELLI et al., 1994; OLIVEIRA; MANZATTI, 1996; CUNHA et al., 2009), a distribuição foi ampliada e o gênero foi subdividido em duas espécies. A espécie do norte, *B. hypoxanthus* (Kuhl, 1820) é distribuída ao longo dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia (MELO et al., 2021). Por sua vez, a do sul, *B. arachnoides* (É. Geoffroy, 1806), apresenta sua distribuição no Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro (TALEBI et al., 2021).

A Serra da Mantiqueira, localizada na tríplice fronteira entre os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, é considerada uma área de relevância biológica especial devido ao elevado nível de endemismos de espécies (DUSÉN 1955; BRADE 1956; WILLIS 1996), é uma das regiões de maior importância para o gênero *Brachyteles*, uma vez que ambas as espécies ocorrem nesta área (GONTIJO-PASCUTTI et al., 2012; GUEDES et al., 2020; GUIMARÃES et al., 2023). Esta serra possui um relevo acidentado, com a presença de vigorosas escarpas que se elevam a centenas de metros de altitude, proporcionando um acentuado contraste altimétrico entre as baixadas litorâneas, o Vale do Paraíba e as íngremes encostas serranas (PEREIRA, 2009). Grande parte desta região está inserida em uma área de proteção, denominada APA Serra da Mantiqueira, classificada pela legislação brasileira como categoria de “uso sustentável”, que permite o uso de seus recursos naturais aliados à conservação da natureza.

Existem três populações de muriquis registradas historicamente nesta região da Serra da Mantiqueira. O primeiro registro foi feito por Aguirre (1971) no Parque Nacional do Itatiaia (PNI), estado do Rio de Janeiro. Isso foi seguido por Marstucelli et al. (1994) no distrito de São Francisco Xavier (SFX), município de São José dos Campos (SJC), estado de São Paulo. Em terceiro lugar, Oliveira e Manzatti (1996) registraram muriquis em uma propriedade particular na cidade de Pindamonhangaba, estado de São Paulo.

Devido a esses registros, por algum tempo, pensou-se que apenas *B. arachnoides* fosse encontrado em toda a região da Serra da Mantiqueira. Todavia, mais tarde, devido às evidências fenotípicas, suspeitou-se que a população do PNI fosse composta por muriquis-do-norte. Em 2015, Aximoff (2015) confirmou pela primeira vez a suspeita de *Brachyteles hypoxanthus* para a Serra da Mantiqueira através de fotografias e características morfológicas. Em seguida, Chaves et al. (2019) fizeram um estudo filogenético e filogeográfico comprovando essas

evidências, que confirmaram não só a separação do gênero em duas espécies, mas a presença de muriquis-do-norte no estado do RJ. O estudo também confirmou a presença atual de muriquis-do-sul para as outras duas localidades do estado de São Paulo: nas cidades de Pindamonhangaba e São José dos Campos.

Desse modo, a região da Serra da Mantiqueira compreende o limite físico entre as duas espécies de muriquis, demonstrando sua grande relevância para conservação (CHAVES et al., 2019; STRIER et al., 2017). Entretanto, esse limite ainda não foi totalmente compreendido, pois a maioria das poucas populações remanescentes de muriquis, habita áreas montanhosas e de difícil acesso, o que torna a definição precisa desses limites de distribuição extremamente difíceis (TALEBI et al. 2011). Nesse sentido, a presente dissertação reuniu novas descobertas para contribuir com dados sobre sua distribuição histórica e atual, perfazendo o limite físico que separa essas espécies irmãs.

Ao combinar o modelo de distribuição de espécies, com dados contidos na literatura, Ingberman et al. (2016) ajustaram a faixa histórica, mostrando que os limites de distribuição de *B. hypoxanthus* e *B. arachnoides* foi moldado não apenas por fatores ambientais, mas também por barreiras físicas (ex.: rios e montanhas) e interações bióticas. Os rios parecem ter limitado a dispersão de ambas as espécies de muriqui, delimitando seus limites históricos ao norte e ao sul da Mata Atlântica (KINZEY, 1982). Principalmente onde as espécies estão próximas, como o rio Paraíba do Sul que, aparentemente, limitou o alcance de *B. arachnoides* apenas no Rio de Janeiro, pois é provável que essa espécie tenha contornado a nascente do rio em São Paulo, atingindo assim a Serra da Mantiqueira (INGBERMAN et al., 2016).

Além disso, mesmo dentro da zona de contato prevista pelo modelo de Ingberman et al. (2016), ainda não há evidências de sobreposição das espécies. Essa falta de sobreposição pode ser devido a uma barreira física (ex.: montanhas da Serra da Mantiqueira com picos acima de 2.000m de altitude) ou biótica (ex.: espécies próximas se excluem), ou seja, o estabelecimento de uma espécie de muriqui limitou a dispersão da outra (PERES; JANSON, 1999). Portanto, além das características ambientais, barreiras físicas e bióticas potencialmente moldaram os limites da área histórica do muriqui.

Em relação ao atual estado de distribuição e limite físico dos muriquis na Serra da Mantiqueira, a população do PNI passa a representar o registro mais ao sul dentro da faixa/área de distribuição de *B. hypoxanthus*. Enquanto isso, nosso estudo demonstrou que a população de muriquis mais próxima encontrada dessa população do Itatiaia e dentro do limite físico das espécies, está na cidade de Cruzeiro, localizada na RPPN Gigantes do Itaguaré, estado de São

Paulo, seguida pela população de Guaratinguetá, bairro Gomerai, também no estado de São Paulo, cuja espécie confirmada é *B. arachnoides*.

Colas-Rosas et al. (2023) também descreveram o primeiro registro de muriquis-do-sul para o estado de Minas Gerais, na encosta noroeste da Serra da Mantiqueira, podendo mudar a ação das políticas públicas no estado, tornando este e o Rio de Janeiro os únicos estados a abrigar as duas espécies de muriquis.

Além dessa ampliação dos muriquis na Serra da Mantiqueira, houve uma importante ampliação na área de ocorrência dos muriquis-do-sul, no estado do Paraná, onde acreditava-se que o limite sul dessa espécie era a margem esquerda (norte) do rio Ribeira de Iguape, com apenas quatro populações reconhecidas (INGBERMAN et al., 2016). No entanto, descobertas de Hack et al. (2022), estenderam o limite sul conhecido de sua distribuição geográfica, ao encontrar seis novas populações, sendo uma delas em Erva, no município de Campo Largo, estendendo sua distribuição ao sul para a margem direita do rio Ribeira de Iguape. Vale ressaltar que neste estudo, voos de drones também foram utilizados para aumentar a probabilidade de detecção dos muriquis, fornecendo novas informações sobre sua área de vida e ecologia (HACK et al., 2022).

Diante desse contexto, nosso trabalho, em conjunto com evidências adicionais publicadas e registradas até o momento, suportam o reconhecimento da Serra da Mantiqueira como área limite da fronteira física entre os muriquis-do-sul e do norte, sendo preciso concentrar maiores investidas à campo nas regiões limítrofes entre a população do PNI e a população do Itaguaré, Cruzeiro. Essas novas descobertas confirmam o mapa de distribuição proposto pelo estudo filogeográfico de Chaves et al. (2019) e o modelo de adequação ambiental desenvolvido por Ingberman et al. (2016). Nesse cenário, também contribuimos com a literatura através da produção de um mapa atualizado com a junção desse e de outros estudos, que considera a distribuição geográfica histórica e atual dos muriquis, com as principais populações novas registradas, apresentando uma ampliação na faixa de distribuição das espécies.

Ainda, foi incluído um artigo em anexo, em que foi submetido a revista *Primates*, estando este em fase de correção e inclusão de novos dados, após a defesa da presente dissertação. Espera-se que o artigo contribua para ampliar o conhecimento sobre a distribuição atual do gênero *Brachyteles*, especialmente no limite físico das espécies, a fim de orientar os próximos passos de futuras investigações para encontrar novas populações que irão nos revelar uma definição mais precisa desse limite.

5. CONCLUSÕES

Acreditamos que os drones tornaram-se uma nova ferramenta notadamente confiável e bem-sucedida para auxiliar os esforços de conservação e seu uso para levantamentos multi espécies em florestas tropicais continuarão a aumentar. Para espécies como os muriquis, cujo habitat está desaparecendo e/ou mudando rapidamente, é necessário um método de pesquisa igualmente rápido para entender como essas mudanças estão afetando as populações. Como os drones podem cobrir grandes áreas em um tempo relativamente curto, eles podem fornecer uma riqueza de dados em um ritmo comparável à taxa em que os habitats são perdidos ou ameaçados. Além disso, os dados das imagens termais obtidas por drones podem ser usados para melhorar os modelos de distribuição de espécies e calcular a densidade populacional. O uso de drones pode, portanto, auxiliar no preenchimento de lacunas de conhecimento sobre o limite físico de distribuição das duas espécies do gênero *Brachyteles* na Serra Mantiqueira.

Nossos resultados ampliam os achados de estudos anteriores sobre isso e enfatizam que medidas para proteger as populações remanescentes de muriquis por parte de instituições públicas e privadas são urgentes. No momento, essa tecnologia pode ser agregada a outros métodos existentes para aumentar a eficácia e eficiência das pesquisas com esses e outros grupos de muriquis, e documentar o comportamento noturno deles, como locais de árvores de dormida. Esse novo método também pode ser potencialmente aplicado para pesquisar outras espécies de primatas, especialmente as ameaçadas ou crípticas, fornecendo informações importantes e novas para auxiliar sua conservação. As habilidades de agilidade e qualidade de imagem dos drones os tornam uma ferramenta de mapeamento vantajosa para monitoramento ambiental, mas, como evidenciado ao longo da presente dissertação, ainda existem limitações a serem superadas.

Por fim, concluímos que drones equipados com câmeras de sensores térmicos e visuais combinadas são uma ferramenta viável para detectar primatas e fornecer informações importantes sobre a presença e distribuição de espécies. Dessa forma, este novo método pode representar um caminho útil e significativo para o levantamento de primatas altamente ameaçados, obtendo dados populacionais e em ritmo comparável às atividades antrópicas de mudanças da terra. Os resultados apresentados nesta pesquisa ainda contribuíram para estimar a presença e informações populacionais do gênero *Brachyteles*, descobrindo uma nova população remanescente de muriquis-do-sul e confirmando a importância da Serra da Mantiqueira para os primatas em geral.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, A. C. **O mono *Brachyteles arachnoides* (E. Geoffroy):** Situação atual da espécie no Brasil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 1971.

AGOSTINI, I.; HOLZMANN, I.; DI BITETTI, M. The brown howler monkey (*Alouatta guariba clamitans*) in Argentina: Current status, threats and conservation challenges. In M. Kowalewski & L. I. Oklander (Eds.). **Primateology in Argentina**, p. 475–480, 2017.

ALMEIDA, M. A. B.; SANTOS, E.; CARDOSO, J. C.; FONSECA, D. F.; NOLL, C. A.; SILVEIRA, V. R.; MAEDA, A. Y.; SOUZA, R. P.; KANAMURA, C.; BRASIL, R. A. Yellow fever outbreak affecting *Alouatta* populations in Southern Brazil (Rio Grande do Sul State), 2008–2009. **American Journal of Primatology**, v. 74, n.1, p. 68–76, 2012. <https://doi.org/10.1002/ajp.21010>

ALMEIDA, M. A.; SANTOS, E.; CARDOSO, J. D. C.; SILVA, L. G.; RABELO, R. M.; BICCA-MARQUES, J.C. Predicting yellow fever through species distribution modeling of virus, vector, and monkeys. **EcoHealth**, v. 16, n. 1, p. 95–108, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10393-018-1388-4>

ALMEIDA-NETO, M. *et al.* Vertebrate dispersal syndromes along the Atlantic Forest: broad-scale patterns and macroecological correlates. **Global Ecology and Biogeography**, v. 17, p. 503–513, 2008.

ANCRENAZ, M. *et al.* Determination of ape distribution and population size using ground and aerial surveys: A case study with orang-utans in lower Kinabatangan, Sabah, Malaysia. **Animal Conservation**, v. 7, n. 4, p. 375–385, 2004.

ANDEL, A. C. V. *et al.* Locating chimpanzee nests and identifying fruiting trees with an unmanned aerial vehicle. **American Journal of Primatology**, v. 77, p. 1122–1134, 2015.

AXIMOFF, I. A. Confirmação da ocorrência do Muriqui-do-norte (Primates, Atelidae) no Parque Nacional do Itatiaia, estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil. **Oecologia Australis**, v. 18, p. 1-5, 2015. <https://doi.org/10.4257/oeco.2014.1801.01>

BECHARA, Isabel Muniz. Abordagens metodológicas em Biogeografia da Conservação para avaliar risco de extinção de espécies: um estudo de caso com *Callithrix aurita*. **Primates: Callitrichidae**. p. 140, 2012.

BELLO, C. *et al.* Atlantic frugivory: a plant–frugivore interaction data set for the Atlantic Forest. **Ecology**, v. 98, p. 1729, 2017.

BENNUN, L. *et al.* **African Forest Biodiversity: A Field Survey Manual for Vertebrates**, Earthwatch Institute: Cambridge, UK, 2004.

- BICCA-MARQUES, J. C.; CALEGARO-MARQUES, C.; RYLANDS, A. B.; STRIER, K. B.; MITTERMEIER, R. A. *et al.* Yellow fever threatens Atlantic forest primates. **Science Advances**, v. 3, n. 1, 2017.
- BONNIN, N. *et al.* Assessment of chimpanzee Nest detectability in drone-acquired images. **Drones**, v. 2, p. 17, 2018.
- BRADE, A. C. **A flora do Parque Nacional do Itatiaia**. Boletim do Parque Nacional do Itatiaia, v. 5, p. 1-114, 1956.
- BUCKLAND, S. T. *et al.* **Distance sampling – Estimating abundance of biological populations**. London: Chapman and Hall, 446 p., 1993.
- BUCKLAND, S. T. *et al.* **Introduction to distance sampling**. Oxford University Press, Oxford, UK, 2001.
- BUCKLAND, S. T. Monitoring change in biodiversity through composite indices. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 360, p. 243–254, 2005.
- BUFALO, F. S.; GALETTI, M.; CULOT, L. Seed dispersal by primates and implications for the conservation of a biodiversity hotspot, the Atlantic Forest of South America. **International Journal of Primatology**, v. 37, p. 333-349, 2016.
- BURKE, C.; RASHMAN M. F; LONGMORE, S. N. *et al.* Successful observation of orangutans in the wild with thermal-equipped drones. **Journal of Unmanned Vehicle Systems**, v. 7, n. 3, p. 235-257, 2019.
- BUSS, G.; BICCA-MARQUES, J. C.; ALVES, S. L.; INGBERMAN, B.; FRIES, B. G.; ALONSO, A. C.; DA CUNHA, R. G. T.; MIRANDA, J. M. D.; DE MELO, F. R.; JERUSALINSKY, L.; MITTERMEIER, R. A.; CORTÉS-ORTIZ, L.; TALEBI, M. *Alouatta guariba ssp. clamitans* (amended version of 2020 assessment). **The IUCN Red List of Threatened Species**, 2021.
- CARVALHO, M. P.; KIERULFF, M. C. M. **Brachyteles arachnoides (É. Geoffroy, 1806) Primates, Atelidae**. In: BRESSAN, P. M.; KIERULFF, M. C. M; SUGIEDA, A. M. Fauna Ameaçada de Extinção no Estado de São Paulo: Vertebrados. São Paulo: Fundação Parque Zoológico de São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, p. 46, 2009.
- CARVALHO, P. M. *et al.* Plano de Ação para Conservação dos Primatas do Estado de São Paulo. **Secretaria do Meio Ambiente**, Governo do Estado de São Paulo, 2015.
- CHAPMAN, C. A. *et al.* Are primates ecosystem engineers? **International Journal of Primatology**, v. 34, n. 1, p. 1–14, 2012.

CHABOT, D.; BIRD, D. M. Wildlife Research and Management Methods in the 21st Century: Where Do Unmanned Aircraft Fit In? **Journal of Unmanned Vehicle Systems**, v. 3, n. 4, p. 137–155, 2015. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0021>

CHAVES, P. B. *et al.* Phylogeographic evidence for two species of miquiqui (genus *Brachyteles*). **American Journal of Primatology**, v. 81, n. 12, p. 1-11, 2019.

CHRÉTIEN, L. P.; THÉAU, J.; MÉNARD, P. Visible and thermal infrared remote sensing for the detection of white-tailed deer using an unmanned aerial system. **Wildlife Society Bulletin**, v. 40, p. 181–191, 2016.

COLEFAX, A. P.; BUTCHER, P. A.; KELAHER, B. P. The potential for unmanned aerial vehicles (UAVs) to conduct marine fauna surveys in place of manned aircraft. **ICES Journal of Marine Science**, v. 75, n. 1, p. 1–8, 2018.

COLAS-ROSAS, P. F.; REZENDE, C.; SILVA, L.P.; MELO, F. R. First record of the southern miquiqui (*Brachyteles arachnoides*) in the state of Minas Gerais, Brazil. **Primates**, v., 64, p. 415-419, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10329-023-01071-y>

CUNHA A. A.; VIVEIROS G. C. E.; BOUBLI, J. P. Distribution, population size and conservation of the endemic miquiquis (*Brachyteles* spp.) of the Brazilian Atlantic Forest. **Oryx**, v. 43, p. 254-257, 2009.

CUNHA, A. A.; GRELLE, C. E. V. Landscape-species for conservation planning: are miquiquis good candidates for the Brazilian Atlantic forest? **Natureza & Conservação**, v. 6, p. 125–132, 2008.

CROCKETT C. M.; EISENBERG J. F. Howlers: variations in group size and demography. In: Smuts BB, Cheney DL, Seyfarth RM, Wrangham RW, Struhsaker, editors. **Primate societies**. Chicago: University of Chicago Press, p. 54–68, 1987.

DJI. Matrice 200 (2018) User Manual v1.4. Available from <https://www.dji.com/br/matrice-200-series>. Accessed 10 apr 2022.

DJI. Mavic 2 Enterprise Advanced (2021) User Manual v1.0. Available from <https://www.dji.com/br/mavic-2-enterprise-advanced>. Accessed 10 apr 2022

DORIGO, T. A.; VRCBRADIC, D.; ROCHA, C. F. D. The amphibians of the state of Rio de Janeiro, Brazil: an updated and commented list. **Pap Avulsos Zool.** p. 58:e, 2018. doi:10.11606/1807-0205/2018.58.05

DUNN, J. C.; HALENAR, L. B.; DAVIES, T. G.; CRISTOBAL-AZKARATE, J.; REBY, D.; SYKES, D.; DENG, S.; FITCH, W. T.; KNAPP, L. A. Evolutionary Trade-Off between Vocal Tract and Testes Dimensions in Howler Monkeys. **Current Biology**, [S.L.], v. 25, n. 21, p. 2839-2844, nov. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2015.09.029>.

DUSÉN, P. K. H. **Contribuições para a flora do Itatiaia**. Parque Nacional do Itatiaia. Boletim do Parque Nacional do Itatiaia, v. 4, p. 67-91, 1955.

ERIKSSON, O. Evolution of angiosperm seed disperser mutualisms: the timing of origins and their consequences for coevolutionary interactions between angiosperms and frugivores. **Biological Reviews**, v. 91, p. 168–186, 2016.

ESTRADA, A. *et al.* Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. **Science Advances**, v. 3, e1600946, 2017.

ESTRADA, A.; GARBER, P. A.; MITTERMEIER, R. A.; WICH, S.; GOUVEIA, S.; DOBROVOLSKI, R.; NEKARIS, K. A. I.; NIJMAN, V.; RYLANDS, A. B.; MAISELS, F.; WILLIAMSON, E. A.; BICCA-MARQUES, J. *et al.* Primates in peril: the significance of Brazil, Madagascar, Indonesia and the Democratic Republic of the Congo for global primate conservation. **Peerj**, [S.L.], v. 6, p. 4869, 2018. <https://doi.org/10.7717/peerj.4869>

FAGUNDES, V. Conservation genetics of the muriqui: past, present and future. **Neotropical Primates**, v. 13, p. 85-91, 2005.

FRANKLIN, J. **Mapping species distributions: Spatial inference and prediction**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2010.

FRAGASZY, D. M.; VISALBERGHI, E.; ROBINSON, J. G. Variability and adaptability in the genus *Cebus*. **Folia Primatologica**, Liverpool, v. 54, n. 3-4, p. 114-118, 1990.

FRAGASZY, D. M.; VISALBERGHI, E.; FEDIGAN, L. M. **The Complete Capuchin: the biology of the genus *Cebus***. Cambridge University Press, 2004.

GONTIJO-PASCUTTI, A. H. F.; HASUI, Y.; SANTOS, M. *et al.* (2012). As Serras do Mar e Mantiqueira. In: Hasui Y, Carneiro CDR, Almeida FFM, Bartorelli A (ed) *Geologia do Brasil*. Beca, São Paulo, p. 549–571

GREGORIN, R. Taxonomia e variação geográfica das espécies do gênero *Alouatta Lacépède* (Primates, Atelidae) no Brasil. **Revista Brasileira De Zoologia**, v. 23, n. 1, p. 64–144, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752006000100005>

GUEDES, T. B.; AZEVEDO, J. A. R.; BACON, C. D. *et al.* Diversity, Endemism, and Evolutionary History of Montane Biotas Outside the Andean Region. In: Rull V, Carnaval AC (ed) **Neotropical Diversification, Patterns and Processes**, p. 299-328, 2020.

GUIMARÃES, C. R. (2023) **There's something out there waiting for us: drones with thermal cameras as revolutionary tools in population monitoring**. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal), Universidade Federal de Viçosa. Available from <https://locus.ufv.br/handle/123456789/31161>. Accessed 26 aug 2023.

- HACK, R. O. E. et al. Discovery of New Populations of Southern Muriquis (*Brachyteles arachnoides*) in Paraná, Brazil, and Implications for the Species' Conservation. **Primate Conservation**, v. 36, 2022.
- HAWES J. E.; PERES C. A (2014) Ecological correlates of trophic status and frugivory in Neotropical primates. **Oikos**, v. 123, p. 365–377.
- HERSHKOVITZ, P. Titis, New World monkeys of the genus *Callicebus* (Cebidae, Platyrrhini): A preliminary taxonomic review. *Fieldiana, Zoology*, New Series: 1–109, 1990.
- HODGSON, J. C. et al. Drones count wildlife more accurately and precisely than humans. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 9, p. 1160–1167, 2018.
- INGBERMAN, B. **Fatores ecológicos de influência na distribuição geográfica de Muriqui (*Brachyteles Spix 1823*) e bases para formulação de uma estratégia de conservação para o Sul do Brasil**. 2015. 85f. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2015.
- INGBERMAN, B.; FUSCO-COSTA, R.; MONTEIRO-FILHO, E. L. D. A. A current perspective on the historical geographic distribution of the endangered muriquis (*Brachyteles spp.*): Implications for conservation. **PLoS One**, v. 11, n. 3, e0150906, 2016.
- ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2019) Sumário Executivo do **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Primatas da Mata Atlântica e guaiá-de-oleira**. Ministério do Meio Ambiente, Brasil.
- IUCN. **SSC Muriqui Population and Habitat Viability Assessment (PHVA) (*Brachyteles arachnoides*)**. Belo Horizonte: Brasil, 1998.
- IZAR, P. et al. 2012. Flexible and conservative features of social systems in tufted capuchin monkeys: comparing the socioecology of *Sapajus libidinosus* and *Sapajus nigritus*. **American Journal of Primatology**, v. 74, n. 4, p. 315-331.
- IZAWA, K. Social behavior of the wild black-capped capuchin (*Cebus apella*). **Primates**, Kyoto, v. 21, n. 4, p. 443-467, 1980.
- JENKINS, C. N.; PIMM, S. L. (2006) Definindo prioridades de conservação em um hotspot de biodiversidade global. In: Rocha C. F. D., Bergallo H.G., van Sluys M., Alves M. A. S., editors. *Biologia da conservação: essências*. São Carlos: RiMA, p. 41–52.
- JERUSALINSKY, L.; TALEBI, M.; MELO, F. R. **Plano de ação nacional para a conservação dos muriquis**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Icmbio, 144 p., 2011.
- JERUSALINSKY, L.; MELO, F.R. (2018) Conservação de primatas no Brasil: perspectivas e desafios. In: Urbani B, Kowalewski M, Cunha RGT, De la Torre S, Cortés-Ortiz L (Eds) *La primatología en Latinoamérica 2*. 2nd ed. Venezuela, p. 161–186.

JERUSALINSKY, L.; BICCA-MARQUES, J. C.; NEVES, L. G.; ALVES, S. L.; INGBERMAN, B.; BUSS, G. *et al.* 2021. *Alouatta guariba* (versão alterada da avaliação 2020). **A Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN 2021**: e.T39916A190417874. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T39916A190417874.en>

JERUSALINSKY, L.; MELO, F. R.; MITTERMEIER, R. A.; QUADROS, S.; RYLANDS, A. B. 2020. *Callicebus nigrifrons*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2020**: e.T39943A17973667. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T39943A17973667.en>

KAYS, R. Hot monkey, cold reality: surveying rainforest canopy mammals using drone-mounted thermal infrared sensors. *International Journal of Remote Sensing*, v. 40, n. 2, p. 407-419, 2018.

KINZEY, W. G. 1981. The titi monkeys, genus *Callicebus*. In: Coimbra-Filho, A.F.; Mittermier, R.A. (eds.). **Ecology and behavior of neotropical primates**, v. 1, Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro., p.241–277.

LANNA, A. M.; MOREIRA, L. S.; TABACOW, F. P. *et al.* (2021). Capítulo 4: Critérios para classificação das populações de *Brachyteles* spp. quanto à viabilidade populacional. In: Valença-Montenegro MM, Melo FR, Jerusalinsky L. Protocolos para pesquisa e manejo de muriquis – gênero *Brachyteles*. Brasília: ICMBio, p. 26-27.

LEHMAN, S. M.; FLEAGLE, J. G. **Biogeography and primates: A review**. In: BARRET, L. (Ed.), *Primate biogeography. Developments in Primatology: Progress and Prospects*. Springer: US, 2006.

LONGMORE, S. N.; COLLINS, R. P.; PFEIFER, S. *et al.* Adapting astronomical source detection software to help detect animals in thermal images obtained by unmanned aerial systems. *Int J Remote Sens*, v. 38, p. 2623–2638, 2017.

LUDWIG, G.; AGUIAR, L. M.; ROCHA, V. J. Uma Avaliação da Dieta, da área da vida livre e das estimativas populacionais de *Cebus nigritus* (Goldfuss, 1809) em um fragmento florestal no norte do estado do Paraná. **Neotropical Primates**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 12–18, 2005.

LUDWIG, G.; AGUIAR, L. M.; ROCHA, V. J. Comportamento de obtenção de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae), mandioca, por *Cebus nigritus* (Goldfuss) Primates, Cebidae) como uma adaptação alimentar em períodos de escassez. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, p. 888–890, 2006.

LUDWIG, G.; DE MELO, F. R.; MARTINS, W. P.; MIRANDA, J. M. D.; LYNCH ALFARO, J. W.; ALONSO, A. C.; DOS SANTOS, M. C; RÍMOLI, J. 2022. *Sapajus nigritus* (amended version of 2021 assessment). **The IUCN Red List of Threatened Species 2022**: e.T136717A210336199. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2022-1.RLTS.T136717A210336199.en>

LUGON, A. P. *et al.* Persistence of the effect of frugivore identity on post-dispersal seed fate: consequences for the assessment of functional redundancy. **Biotropica**, v. 49, p. 293-302, 2017.

MACKENZIE, D. I. *et al.* **Occupancy estimation and modeling: Inferring patterns and dynamics of species occurrence**. Academic Press, Burlington, USA, 2006.

MARTUSCELLI, P.; PETRONI, L.; OLMOS, F. Fourteen new localities for the mურიკი (*Brachyteles arachnoides*). **Neotropical Primates**, v. 2, p. 12–15, 1994.

MAZZURANA, E. R. Mata Atlântica: patrimônio natural, cultural e biológico do Brasil. **Encontros Teológicos**, v. 31, n. 3, p. 459-472, 2016.

MEIRELES, L. D.; KINOSHITA, L. S.; SHEPHERD, G. J. Composição florística da vegetação altimontana do distrito de Monte Verde (Camanducaia, MG), Serra da Mantiqueira Meridional, Sudeste do Brasil. *Rodriguésia*, [S.L.], v. 65, n. 4, p. 831-859, dez. 2014. **FapUNIFESP** (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201465403>.

MELO, F. R. Drones for conservation: New techniques to monitor mურიკი. **Oryx**, v. 55, n. 2, p. 71, 2021.

MELO, F. R. *et al.* *Brachyteles hypoxanthus* (amended version of 2019 assessment). **The IUCN Red List of Threatened Species**, 2021.

MELO, F. R.; DIAS, L. G. Mურიკი populations reported in the literature over the last 40 years. **Neotropical Primates**, v. 13 (supl.): p. 19–24, 2005.

MELO, F. R.; QUADROS, S.; JERUSALINSKY, L. 2015. Avaliação do Risco de Extinção de *Callicebus nigrifrons* (Spix, 1823) no Brasil. Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira. **ICMBio**.

MENDES, S. L.; SILVA, M. P. STRIER, K. B. **O Mურიკი**. Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica, Vitória, ES, 2010. 95p.

MENDES S. L. **O Mურიკი: símbolo da Mata Atlântica**. Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica, Vitória, ES, 2014. 2 ed. 156p.

MENDES, S. L. *et al.* Directives for the conservation of the northern mურიკი, *Brachyteles hypoxanthus* (Primates, Atelidae). **Neotropical Primates**, v. 13, p. 7–18, 2005.

MENEZES, D. (2015) **Comunicação e Mobilização na Gestão Participativa de Unidades de Conservação: O Caso da APA da Serra da Mantiqueira**. Master thesis. Universidade Estadual de Campinas, Brazil. Available from <http://repositorio.unicamp.br/Acervo/Detalhe/957958>. Accessed 10 jul 2023

MILTON, K. Mating patterns of woolly spider monkeys, *Brachyteles arachnoides*: implications for female choice. **Behavioral Ecology And Sociobiology**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 53-59, maio 1985. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/bf00299429>.

MITTERMEIER, R. A. *et al.* Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Chicago: **University of Chicago Press**; 2005.

MITTERMEIER, R. A.; REUTER, K. E.; RYLANDS, A. B.; JERUSALINSKY, L.; SCHWITZER, C.; STRIER, K. B.; RATSIMBAZAFY, J.; HUMLE, T. (Eds.). (2022). Primates in peril: The world's 25 most endangered primates 2022–2023. **IUCN SSC Primate Specialist Group**.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

NEVES, L. G.; JERUSALINSKY, L.; TALEBI, M.; MITTERMEIER, R. A.; CORTÉS-ORTIZ, L.; MELO, F. R. (2021). *Alouatta guariba* ssp. *guariba* (amended version of 2020 assessment). **The IUCN Red List of Threatened Species 2021**: e.T39917A190420483. Downloaded on 25 junho 2023.

NISHIMURA, A. *et al.* The Muriqui, Genus *Brachyteles*. In: MITTERMEIER, R. A.; RYLANDS, A. B.; COIMBRA-FILHO, A.; FONSECA, G. A. B. **Ecology and Behavior of Neotropical Primates**, v. 2, p. 577-610, 1988.

OLIVEIRA, M. F.; MANZATTI, L. New locations for the muriqui (*Brachyteles arachnoides*) in the state of São Paulo, Brazil. **Neotropical Primates**, v. 4, p. 84-85, 1996.

PEREIRA, A. B. MATA ATLÂNTICA: uma abordagem geográfica. **Nucleus**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 27-52, 20 abr. 2009. Fundação Educacional de Ituverava.
<http://dx.doi.org/10.3738/1982.2278.152>.

PERES, C. A.; JANSON, C. H. Species coexistence, distribution and environmental determinants of neotropical primate richness: a community-level zoogeographic analysis. In: Fleagle JG, Janson CH, Reed KE, editors. **Primate communities**. Cambridge: **Cambridge University Press**; 1999. p. 55–74.

PIEL, A. K. *et al.* Noninvasive Technologies for Primate Conservation in the 21st Century. **International Journal of Primatology**, v. 43, n. 1, p. 133-167, 2022.

POSSAMAI, C. B.; YOUNG, R. J.; MENDES, S. L.; STRIER, K. B. Socio-sexual behaviour of female northern muriquis (*Brachyteles hypoxanthus*). **American Journal of Primatology**, v. 69, p. 766-776, 2007.

PRINTES, R. C.; STRIER, K. B. Behavioral correlates of dispersal in female miqui (*Brachyteles arachnoides*). **International Journal of Primatology**, v. 20, p. 941-960, 1999.

PRINTES, R. C.; LIESENFELD, M. V. A.; JERUSALINSKY, L. *Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940: A new southern limit for the species and for Neotropical primates. **Neotropical Primates**, v. 9, n. 3, p. 118-121, 2001.

PRINTES, R. C.; JERUSALINSKY, L.; CARDOSO, M.S.; RODRIGUES, L. R. R.; HIRSCH, A. 2013. Zoogeography, Genetic Variation and Conservation of the Callicebus personatus Group. In: A. A. Barnett, L. M. Veiga, S. F. Ferrari and M. A. Norconk (eds), Evolutionary Biology and Conservation of Titis, Sakis and Uacaris, p. 43-49. **Cambridge University Press**, Cambridge, UK.

RAHMAN, D. A. *et al.* From Coastal to Montane Forest Ecosystems, Using Drones for Multi-Species Research in the Tropics. **Drones**, v. 6, n. 1, p. 6, 2021.

RÍMOLI, J.; STRIER, K.B.; FERRARI, S.F. 2008. Seasonal and longitudinal variation in the behavior of free-ranging black tufted capuchins *Cebus nigritus* (Goldfuss, 1809) in a fragment of Atlantic Forest in Southeastern Brazil p. 130-146. In: A Primatologia no Brasil - 9 (S.F. Ferrari & J. Rímoli, Eds.) Aracaju, Sociedade Brasileira de Primatologia, Biologia Geral e Experimental – UFS.

ROCHA, V. J.; MARINO, J. H. F. Observações sobre o Comportamento Social diferenciado de um grupo de Macacos-prego em condição semi-selvagem. In: X ENCONTRO DE ETOLOGIA, 1992, Jaboticabal, SP. Anais de Etologia, 10. Jaboticabal, SP: Editora da UNESP, v.1. 232 pp,1992.

ROSENBERGER, A. L.; STRIER, K. B. Adaptive radiation of the Atelinae primates. **Journal of Human Evolution**, v. 18, p. 717–750, 1989.

RYLANDS, A. B. *et al.* An assessment of the diversity of New World primates. **Neotropical Primates**, v. 8, n. 2, p. 61–93, 2000.

RYLANDS, A. B.; KIERULFF, M. C. M.; MITTERMEIER, R. A. Notes on the taxonomy and distributions of the tufted capuchin monkeys (*Cebus*, Cebidae) of South America. **Lundiana**, v. 6, p. 97–110, 2005.

SÁ, R. M. L. *et al.* A pilot study of genetic and morphological variation in the miqui (*Brachyteles arachnoides*). **Primate Conservation**, v. 11, p. 26-30. 1990.

SÁ, R. M. L.; GLANDER, K. E. Capture techniques and morphometrics for the woolly spider monkey, or miqui (*Brachyteles arachnoides*, E. Geoffroy 1806). **American Journal of Primatology**, v. 29, p. 145-153, 1993.

SACCHETTO, L.; SILVA, N. I. O.; REZENDE, I. M. D.; ARRUDA, M. S.; COSTA, T. A. *et al.* Neighbor danger: Yellow fever virus epizootics in urban and urban-rural transition

areas of Minas Gerais state, during 2017–2018 yellow fever outbreaks in Brazil. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 14, n.10, 2020. e0008658.
<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008658>

SANDERSON, E. W. *et al.* A conceptual model for conservation planning based on landscape species requirements. **Landscape and Urban Planning**, v. 58, p. 41–56, 2002.

SANTOS, P. M.; KAIZER, M. C.; MOREIRA, D. O.; MELO, F. R.; MENDES, S. L. Every flight is a surprise: first records of the southern maned three-toed sloth (*bradypus crinitus*: *Bradypodidae*) through drones. **Mammalia**, [S.L.], v. 87, n. 3, p. 223-227, 2023.
<https://doi.org/10.1515/mammalia-2022-0123>

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA nº 71 de 3 de setembro de 2014. Dispõe sobre a instalação da Comissão Permanente de Proteção dos Primatas Nativos do Estado de São Paulo – Pró-Primatas Paulistas e dá providências correlatas. Diário Oficial, Poder Executivo, São Paulo, SP, p. 61, 2014.

SMA. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Plano de ação para a conservação de primatas do estado de São Paulo**, 2015.

SOBRAL, G.; MARTINS, G. S.; OLIVEIRA, C. A. Thermal imaging aids behavioural studies: the case of a diurnal neotropical primate. **Mastozoología Neotropical**, v. 29, n. 1, p. 001-020, 2022.

SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica. **Relatório Técnico**, 2019. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/10/Atlas-mata-atlanticaDIGITAL.pdf>. Acesso em 11 mai. 2023.

SPAAN, D. *et al.* Thermal Infrared Imaging from Drones Offers a Major Advance for Spider Monkey Surveys. **Drones**, v. 3, n. 2, p. 34, 2019.

STARK, D. J.; VAUGHAN, I. P.; EVANS, L. J.; KLER, H.; GOOSSENS, B. Combining drones and satellite tracking as an effective tool for informing policy change in riparian habitats: A proboscis monkey case study. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, v. 4, n. 1, p. 44-52, 2017. <https://doi.org/10.1002/rse2.51>

STRIER, K. B. **Reprodução de *Brachyteles arachnoides* (Primates: Cebidae)**. In: MELLO, M. T. (Ed.). *A Primatologia no Brasil*, 1986.

STRIER, K. B. 1987. Activity budget of woolly Spider monkeys or muriquis (*Brachyteles arachnoids*). **American Journal of Primatology**, v. 13, n. 4, p. 385–395, 1987.

STRIER, K. B. **Faces in the forest: the endangered muriqui monkeys of Brazil**. Nova York: Oxford University Press, 1992.

STRIER, K. B. **Reproductive ecology of female miquis (*Brachyteles arachnoides*)**. In: NORCONK, M.A.; ROSENBERGER, A.L. & GARBER, P.A. (eds.). *Adaptative radiations of neotropical primates*. Plenum Press, New York, p. 511-532, 1996.

STRIER, K. B. Population viability and regional conservation priorities for miquis (*Brachyteles arachnoides*) in Brazil's Atlantic Forest. **Biotropica**, v. 32, p. 903-913, 2000.

STRIER, K. B. *et al.* The miquis of the Estação Biológica de Caratinga, Minas Gerais, Brazil: Updates. **Neotropical Primates**, v. 10, p. 115-119, 2002.

STRIER, K. B. *et al.* Demographic monitoring of wild miquis populations: criteria for defining priority areas and monitoring intensity. **PloS One**, v. 12, 2017.

TAIRA, J. T. **Consumo do palmito juçara (*Euterpe edulis* Mart.) por macacos-pregos (*Cebus nigritus*): estratégia de forrageamento ótimo ou requinte de um gourmet?**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Acesso em: 16 set. 2023.

TALEBI, M. *et al.* *Brachyteles arachnoides* (amended version of 2019 assessment). **The IUCN Red List of Threatened Species**, 2021.

TALEBI, M. *et al.* **Contextualização sobre *Brachyteles arachnoides* e *Brachyteles hypoxanthus***. In: TALEBI, M.; MELO, F. R., Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Miquis, ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade), 2011.

TALEBI, M. G. ***Brachyteles arachnoides* Geoffroy, 1806**. In: MACHADO, A. M. M.; DRUMOND, G. M.; PAGLIA, A.P. (Eds.). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte, MG: Fundação Biodiversitas, p. 730-732, 2010.

TALEBI, M. G. **Genus *Brachyteles*: Handbook of the Mammals of the World**, Lynx Edicions, Barcelona, 2013.

TALEBI, M. G.; SOARES, P. Conservation research on the southern miquis (*Brachyteles arachnoides*) in São Paulo State, Brazil. **Neotropical Primates**, v. 13, p. 53–59, 2005.

TURVEY, S. T. *et al.* How many remnant gibbon populations are left on Hainan? Testing the use of local ecological knowledge to detect cryptic threatened primates. **American Journal of Primatology**, v. 79, n. 2, p. 225-233, 2017.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M.; MELO, F. R.; JERUSALINSKY, L. **Protocolos para Pesquisa e Manejo de Miquis (Gênero *Brachyteles*)**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 72 p., 2021.

VILLAVICENCIO, J. E. S. (2016). **Taxonomy of the genus *Brachyteles* Spix, 1823 and its phylogenetic position within the subfamily Atelinae Gray, 1825**. Dissertação. Biblioteca digital de teses e dissertações da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil.

VILANOVA, R.; SILVA JUNIOR, J. S.; GRELLE, C. E. V.; CERQUEIRA, G. M. R. Limites climáticos e vegetacionais das distribuições de *Cebus nigrinus* e *Cebus robustus* (Cebinae, Platyrrhini). **Neotropical Primates**, v. 13, n. 1, 2005.

WICH, S. A.; KOH, L. P. **Conservation drones: Mapping and monitoring biodiversity**. Oxford University Press, Oxford, UK, 2018.

WICH, S. *et al.* A preliminary assessment of using conservation drones for Sumatran orangutan (*Pongo abelii*) distribution and density. **Journal of Unmanned Vehicle Systems**, v. 4, p. 45–52, 2016.

WILLIS, E. O. Estimating diversity in Brazilian birds: in the Mantiqueira Range. In: Bicudo, C.E. & Menezes, N.A. (orgs.). Biodiversity in Brazil: a first approach. **CNPq**, São Paulo, p. 297-307, 1996.

WILLIAMSON, E. A.; FEISTNER, A. T. C. **Habituating primates: Processes, techniques, variables and ethics**. In: SETCHELL, J. M.; CURIS, D. J. (Eds.), Field and laboratory methods in primatology: A practical guide. Cambridge University Press, 2003.

ZHANG, H. *et al.* Thermal infrared imaging from drones can detect individuals and nocturnal behavior of the world's rarest primate. **Global Ecology And Conservation**, v. 23, p. 1-9, 2020.

ANEXO A

Tabela 1. Localidades e coordenadas de populações novas e já registradas de muriquis-do-sul (*Brachyteles arachnoides*) e muriquis-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus*).

Ponto	Localidade	Estado	Latitude	Longitude	Espécie
1	PARQUE NACIONAL SERRA DOS ÓRGÃOS RIO PAQUEQUER	RJ	-22.444985	-43.01865	<i>B. arachnoides</i>
2	PARQUE NACIONAL SERRA DOS ÓRGÃOS RIO SOBERBO	RJ	-22.485503	-43.019001	<i>B. arachnoides</i>
3	RPPN FAZENDA SÃO SEBASTIÃO DO RIO GRANDE	SP	-22.7500	-45.4667	<i>B. arachnoides</i>
4	SFX CRIADOURO TOCA DA RAPOSA	SP	-22.884399	-45.966797	<i>B. arachnoides</i>
5	BERTIOGA TOCA DA RAPOSA	SP	-23.733333	-46.15	<i>B. arachnoides</i>
6	MONGAGUÁ - ZOOLOGICO QUINZINHO DE BARROS	SP	-24.015735	-46.888962	<i>B. arachnoides</i>
7	PARQUE ESTADUAL CARLOS BOTELHO	SP	-24.1314	-47.9492	<i>B. arachnoides</i>
8	JUQUITIBA	SP	-24.131389	-47.949167	<i>B. arachnoides</i>
9	PETAR	SP	-24.45	-48.6	<i>B. arachnoides</i>
10	FAZENDA CAPOEIRINHA VALE ITAMBÉ	PR	-24.962689	-49.616492	<i>B. arachnoides</i>
11	FAZENDA LAGOA ALEGRE	PR	-24.964935	-49.642818	<i>B. arachnoides</i>
12	CRUZEIRO	SP	-22.49	-45.09	<i>B. arachnoides</i>
13	BAIRRO GOMERAL, GUARATINGUETÁ	SP	-22.70160	-45.39746	<i>B. arachnoides</i>
14	PINDAMONHANGABA 1	SP	-22.741046	-45.440846	<i>B. arachnoides</i>
15	PINDAMONHANGABA 2	SP	-22.771801	-45.495123	<i>B. arachnoides</i>
16	CAMANDUCAIA - MONTE VERDE	MG	-22.835811	-45.995989	<i>B. arachnoides</i>
17	CAMPO LARGO - HACK	PR	-25.123833	-49.683417	<i>B. arachnoides</i>

18	PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA	RJ	-22.3667	-44.7000	<i>B. hypoxanthus</i>
19	PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA	MG	-21.6500	-43.8700	<i>B. hypoxanthus</i>
20	PARQUE ESTADUAL SERRA DO BRIGADEIRO	MG	-20.7167	-42.4833	<i>B. hypoxanthus</i>
21	RPPN MATA DO SOSSEGO	MG	-20.0700	-42.0812	<i>B. hypoxanthus</i>
22	RPPN FELICIANO MIGUEL ABDALA	MG	-19.733333	-41.816667	<i>B. hypoxanthus</i>
23	FAZENDA ESMERALDA	MG	-20.071111	-42.739444	<i>B. hypoxanthus</i>
24	PARQUE ESTADUAL RIO DOCE	MG	-19.6667	-42.5667	<i>B. hypoxanthus</i>
25	ESMERALDA DE FERROS	MG	-19.347056	-42.905417	<i>B. hypoxanthus</i>
26	PARQUE NACIONAL DO CAPARAÓ	MG/ES	-20.466667	-41.75	<i>B. hypoxanthus</i>
27	SANTA MARIA DE JETIBÁ	ES	-20.0333	-40.7333	<i>B. hypoxanthus</i>
28	RESERVA BIOLÓGICA AUGUSTO RUSCHI	ES	-19.9000	-40.5500	<i>B. hypoxanthus</i>

ANEXO B - Artigo submetido à revista Primates

(Qualis A3, FI = 1.8)

Larissa P. Silva¹, Camila Rezende², Fabiano R. de Melo², Artur Andriolo¹

Abaixo o artigo na íntegra submetido a Revista Primates, que se encontra em processo de edição e inclusão de novos dados levantados.

Primates
NEW RECORD OF THE SOUTHERN MURIQUI (*Brachyteles arachnoides*) IN SERRA DA MANTIQUEIRA THROUGH THERMAL DRONES
 –Manuscript Draft–

Manuscript Number:	
Full Title:	NEW RECORD OF THE SOUTHERN MURIQUI (<i>Brachyteles arachnoides</i>) IN SERRA DA MANTIQUEIRA THROUGH THERMAL DRONES
Article Type:	Original Article
Keywords:	Endangered Primates, New records, UAVs, Surveys
Corresponding Author:	LARISSA PAULA SILVA, BSc. UFJF: Universidade Federal de Juiz de Fora Juiz de Fora, MINAS GERAIS BRAZIL
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	UFJF: Universidade Federal de Juiz de Fora
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	LARISSA PAULA SILVA, BSc.
First Author Secondary Information:	
Order of Authors:	LARISSA PAULA SILVA, BSc. CAMILA REZENDE, MSc. FABIANO RODRIGUES DE MELO, PhD ARTUR ANDRIOLO, PhD
Order of Authors Secondary Information:	
Funding Information:	
Abstract:	Muriquis (<i>Brachyteles</i> sp.) are endemic to the Brazilian Atlantic Forest; its genus is divided into two species, the northern muriqui (<i>B. hypoxanthus</i>), and the southern muriqui (<i>B. arachnoides</i>), both assessed as Critically Endangered and at risk of extinction, respectively, by the IUCN Red List. The endangered status of muriquis is associated with habitat loss, fragmentation, hunting, and other anthropogenic actions, confining the species to fragments restricted to conservation units. Serra da Mantiqueira has a sizable continuous remnant of the Atlantic Forest with a high degree of biological diversification. Since both species of muriquis occur in this region, and given that there are at least eight populations currently recognized for both of them, it is one of the most critical regions for the genus <i>Brachyteles</i> . Nonetheless, new records may fill gaps in the distribution limit between the physical boundary of the two muriquis species, identifying possible overlapping areas. However, recording and estimating primate populations over large areas through standard field techniques, such as linear transects, can be costly in terms of time and financial resources. In addition, given its altitude gradient, the Serra da Mantiqueira region is remote and difficult to access for systematic biodiversity surveys. Thus, aerial surveys were carried out using thermal sensors attached to drones, which made it possible to record a new group of southern muriquis (<i>Brachyteles arachnoides</i>) in Serra da Mantiqueira. Thus, we confirm that this new method represents an effective way to survey highly-threatened primates.
Suggested Reviewers:	

NEW RECORD OF THE SOUTHERN MURIQUI (*Brachyteles arachnoides*) IN SERRA DA MANTIQUEIRA THROUGH THERMAL DRONES

Larissa P. Silva¹, Camila Rezende², Fabiano R. de Melo², Artur Andriolo¹

Correspondent author: Larissa P. Silva - biologialarissap@gmail.com

¹ Departamento de Zoologia e Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, Universidade Federal de Juiz de Fora, 36036-330, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil

² Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-900, Viçosa, Minas Gerais, Brazil

ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to the Federal University of Juiz de Fora (UFJF), the Federal University of Viçosa (UFV), the Muriqui Institute of Biodiversity (MIB) and the Fundação Grupo Boticário for the field funding granted to carry out the primate survey study, through the use of high-tech drones in Serra da Mantiqueira.

ABSTRACT

Muriquis (*Brachyteles* sp.) are endemic to the Brazilian Atlantic Forest; its genus is divided into two species, the northern muriqui (*B. hypoxanthus*), and the southern muriqui (*B. arachnoides*), both assessed as Critically Endangered and at risk of extinction, respectively, by the IUCN Red List. The endangered status of muriquis is associated with habitat loss,

fragmentation, hunting, and other anthropogenic actions, confining the species to fragments restricted to conservation units. Serra da Mantiqueira has a sizable continuous remnant of the Atlantic Forest with a high degree of biological diversification. Since both species of miquis occur in this region, and given that there are at least eight populations currently recognized for both of them, it is one of the most critical regions for the genus *Brachyteles*. Nonetheless, new records may fill gaps in the distribution limit between the physical boundary of the two miquis species, identifying possible overlapping areas. However, recording and estimating primate populations over large areas through standard field techniques, such as linear transects, can be costly in terms of time and financial resources. In addition, given its altitude gradient, the Serra da Mantiqueira region is remote and difficult to access for systematic biodiversity surveys. Thus, aerial surveys were carried out using thermal sensors attached to drones, which made it possible to record a new group of southern miquis (*Brachyteles arachnoides*) in Serra da Mantiqueira. Thus, we confirm that this new method represents an effective way to survey highly-threatened primates.

KEYWORDS: Endangered primates, New records, UAVs, Surveys

INTRODUCTION

The Atlantic Forest is one of the richest ecosystems in endemism and species richness, harboring 24 primate species, of which 20 are endemic, and 15 are classified as threatened (Costa et al. 2005). Among these primates, the *Brachyteles* spp., popularly known as miqui, stands out as the largest primate in the Americas. The genus *Brachyteles* is divided into two species, the northern miqui (*Brachyteles hypoxanthus*) and the southern miqui (*Brachyteles arachnoides*), both evaluated as Critically Endangered by the IUCN Red List (Melo et al. 2021; Talebi et al. 2021). The southern miquis differs from the northern miquis by having a pigmented facial region and lack of a vestigial thumb (Nishimura et al. 1988; Sá and Glander

1993). In addition, they have a current estimated population of 1,100 to 1,200 individuals distributed in small populations in the states of São Paulo, Rio de Janeiro, and Paraná (Talebi et al. 2021), and recently, a new population of the southern miquis has been recorded in Monte Verde, in the state of Minas Gerais (Colas-Rosas et al. 2023), widening the species's occurrence in this state. The northern miquis have their current population estimated at around 1,000 individuals, distributed in forest fragments of Minas Gerais, Espírito Santo and Rio de Janeiro (Jerusalinsky et al. 2011; Aximoff, 2015; Strier et al. 2017; Chaves et al. 2019). The miquis' endangered status is associated with anthropogenic actions, such as loss and fragmentation of its habitat, palm-heart related poaching, and low rates of ex-situ reproduction (Talebi 2005; Talebi and Soares 2005). All these factors worsen the southern miquis conservation level, including it in the "Critically Endangered" (CR) category (Talebi et al. 2021).

Under these circumstances, protected areas are vital in preserving and maintaining primate species (Estrada et al. 2008). The Serra da Mantiqueira, located on the border of the states of Minas Gerais, São Paulo, and Rio de Janeiro, is a continuous remnant of Atlantic Forest with a high biodiversity of fauna and flora (Gontijo-Pascutti et al. 2012; Guedes et al. 2020), and most of its area is inserted in Environmental Protection Areas (APA). It is considered one of the most significant regions for the genus *Brachyteles*, considering that phylogeographic studies suggests the presence of a physical boundary between the two species in the Serra da Mantiqueira, making it essential to increase the monitoring efforts in the area in order to locate remaining miquis populations (Ingberman et al. 2016; Strier et al. 2017).

Currently, three populations of miquis are recognized throughout the Serra da Mantiqueira. The northern miquis population closest to a southern miquis population is the population of Itatiaia National Park, in Rio de Janeiro, which is 199 km away from the southern miquis population in the city of Pindamonhangaba, state of São Paulo, followed by the district

of São Francisco Xavier, municipality of São José dos Campos. (Aximoff 2015; Chaves et al. 2019; Oliveira and Manzatti 1996).

Developing strategies for protecting endangered species requires frequent and accurate information on population parameters, such as species abundance, presence, and density (Spaan 2019). However, recording and estimating primate populations over large areas through traditional research methods is arduous and demands more time, financial resources, and personnel (Valença-Montenegro et al. 2021).

In general, results obtained via these techniques may need to be improved in determining the presence and population size of endangered species, considering their difficulty of detection due to low densities (Turvey 2017). In addition, the Serra da Mantiqueira regions are extensive areas and difficult to access for biodiversity surveys, given their high-altitude gradient relief (Meireles et al. 2014; Valença-Montenegro et al. 2021).

Thus, alternative collection methods are needed to improve the potential for locating and monitoring threatened primate populations (Zhang et al. 2020). To minimize this challenge, Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) or drones are used, providing the possibility of capturing high-resolution visual images while simultaneously capturing images through an attached thermal camera, which facilitates the detection of muriquis, since it allows their differentiation from their surrounding environment (Melo, 2021).

Therefore, this study aims to verify the occurrence and distribution of muriquis in Serra da Mantiqueira regions through drones equipped with thermal and visual cameras. This study bolsters the importance of this region for the genus, and its results may support and optimize new studies in the field of ecology and behavior of critical populations by filling in gaps in the distribution and physical boundary between the two species of muriquis in Serra da Mantiqueira.

METHODS

Study area

Aerial surveys using drones with thermal and RGB cameras was carried out throughout the years of 2020 to 2023 in the following municipalities of interest in Serra da Mantiqueira: Itamonte (MG), Passa Quatro (MG), Lima Duarte (MG), Queluz (SP), Cruzeiro (SP) and Guaratinguetá (SP), in 2020 and 2022. The target areas were selected according to their degree of relevance based on reports, as well as historical and current geographical distribution suggested in the literature (Aximoff 2015; Chaves et al. 2019; Ingberman et al. 2016; Strier et al. 2017) (Figure 1). Before the start of the drone census, all the areas of interest sampled were surveyed through traditional trails in order to map out strategic take-off locations for the drones and identify the hottest areas.

[insert figure 1 here]

Fig. 1 Map of Protected Areas included in the region of interest for the study. MONA is a Natural Monument included in the full protected area category; PE is a State Park included in the full protected area category; FLONA is a National Forest included in the sustainable use protected area category; PARNA is a National Park included in the full protected area category; and APA is an Environmental Protected Area included in the sustainable use protected area category

Data obtention and Image analysis

Data was collected from two models of the DJI brand drones. The Matrice 200 (M200) model was used since it's already a complete version. Previously, Melo (2021) had adapted a device that was considered the first drone specifically to monitor muriquis in Brazil, named "dronequi 1.0". This new version, the M200, was nicknamed "dronequi 2.0" It is a robust drone with dual cameras attached named Zenmuse XT2. One of the cameras is a 4K resolution color visual imaging (RGB) camera, and the other is a thermal imaging camera of the FLIR brand

(640 x 512 pixels resolution), which captures the thermal temperature of endothermic animals and differentiates between the warmth of objects to those from animals or plants in distinctive color pallets or in shades of gray. In addition, the M200 has a maximum flight speed of 61.2 km/h in P mode and a total flight time of 24 min per battery (Figure 2A). The Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA) model is more compact than the M200, which allows the use in regions only with trail access. It also comprises a dual camera with sensors integrated into the thermal camera (640 x 512 pixels resolution) and visual camera (48 MP) with 4K/60 fps video resolution in its RGB sensor camera. The M2EA drone supports up to 32x zoom in photo mode and 4x in video mode in the 1920 x 1080 pixels resolution, with a maximum flight time of 31 min per battery and a 50 km/h top-flight speed in P mode (Figure 2B).

[insert figure 2 here]

Fig. 2 Details of the drones: (A) DJI Matrice 200 (M200) and (B) DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA) drone.

All information on the operation and safety of the drones, including the security measures and specifications described above, are depicted under ideal flight test conditions and described in the DJI User Manual and, therefore, may vary depending on the actual flight environment. Therefore, flights are not conducted on rainy days, with heavy fog, and winds above 22 km/h (DJI 2018; DJI 2021).

The drones were operated from a remote control, from which the thermal and visual image sensors captured synchronous images autonomously, allowing us to verify and monitor the canopy species in real-time through the images transmitted directly on the remote-control screen during each flight. In the case of the M2EA drone, it was also possible to enlarge images with a digital zoom during flights, allowing precise confirmation of the species sighted. All

flights were recorded and performed manually as an active patrol, following any sign of animals detected by the sensors.

To ensure that arboreal animals were distinguished from their surroundings, flights were conducted in periods with less direct sunlight (early morning and late afternoon) when the forest vegetation was still cool - except for cloudy days in which the brightness of the day did not interfere with detection by the thermal camera. These conditions allowed for more excellent thermal temperature contrast between the forest and the animals, reducing the false positive bias. During flights, whenever the thermal sensors emitted heat spots in the canopy, the visual camera was used to compare and confirm the species. We also chose manual flights instead autonomous flight, enhancing the possibility to find the primates during the search. In addition, patterns of behavior, movement, size, shape, and color were also used for this confirmation.

Upon detecting individuals of the miquis species, the drone was positioned optimally to identify the most significant number of individuals present. During the flights, most detections were confirmed by stopping the drone and reducing its AGL height (above ground level), whereby the zoom feature for flights with the M2EA drone was used. In cases where it was not possible to identify the detected species at the time of the flight, the recorded images were subsequently evaluated at the best possible resolution using software with zoom tools (Adobe Photoshop Premiere).

RESULTS

In total, 72 flights were performed in different regions of Serra da Mantiqueira. The drone covered 367.08 km, with an average distance of 5.09 km per flight. The overall flight time was approximately 19h46min22s, with an average of 16min29s per flight. The furthest flight was 8.63 km, and the longest was 21min18s.

Based on the flights conducted in this study (Figure 3), it was possible to discover a new population of southern muriquis on the eastern slope of Serra da Mantiqueira at the coordinates 22°50'09"S and 45°59'46"W. The latest population was found in the Gomerall neighborhood (Guaratinguetá - São Paulo), making it the closest southern muriquis population ever recorded to the northern muriquis population in Itatiaia National Park. Among all the target areas, this was the only location of the study where it was detected the presence of individuals of the genus *Brachyteles* (Figure 3). Furthermore, during the drone census it was also possible to identify smaller primates, such as the black-fronted titi monkey (*Callicebus nigrifrons*), the black-capuchin (*Sapajus nigritus*), and the brown howler monkey (*Alouatta guariba*) (video of primates detected by drones in Supplementary material 1).

[insert figure 3 here]

Fig. 3 Map of the drone's surveyed area and detections of species spotted with drones in Serra da Mantiqueira, between the Minas Gerais and São Paulo.

In sum, a single group with a maximum count of 13 individuals of southern muriquis was detected in the aerial images. Using a high-resolution visual camera paired with thermal imaging sensors made it possible to capture color (RGB) and thermal images of the animals via the drone (Figure 4).

[insert figure 4 here]

Fig. 4 Images of muriquis from the south of Guaratinguetá (SP) via drone (indicated by red circles), and demonstration the visual image of the color (RGB) type, and the thermal image, in which a spectrum of gray and white tones is used, the white points being the points of the most extraordinary heat.

The muriquis were counted considering the direction of their movement to prevent repeated counting of the same individual, and the drone was positioned to frame all individuals that passed through the designated points for counting, at which points the muriquis formed a single movement line. All registrations with detections were made in the afternoon, between 4 p.m. and 5 p.m. (Table 1). The recognition of the *Brachyteles arachnoides* was made considering its phenotypic patterns, such as the total pigmentation of the face and coloration of the fur.

	Indivíduos	Data	Hora	Tipo de Detecção	Coord.
1	3	27/08/2020	16:35	Drone M200	-22.69791, -45.40425
2	7	27/08/2020	16:53	Drone M200	-22.69748, -45.40498
3	13	20/11/2022	16:22	Drone M2EA	-22.70160, -45.39746
4	1	20/11/2022	16:42	Drone M2EA	-22.70049, -45.39531
5	11	20/11/2022	17:00	Drone M2EA	-22.69993, -45.39455

Tab. 1 Southern muriquis detected using drones with thermal sensors.

DISCUSSION

We confirmed a new population of southern muriquis (*Brachyteles arachnoides*) in Serra da Mantiqueira and its distribution, making it the closest population to the northern muriquis population in Itatiaia National Park. Our mapping through the use of drones with combined thermal and color cameras proved to be efficient and has the potential to guide studies on identifying the physical boundaries between the two species of the genus *Brachyteles*, reducing their search limit. Based on our study, the new population of southern muriquis should be considered in the National Action Plan which cover all of Brazil's Atlantic Forest primates and the maned three-toed sloth (*Bradypus torquatus*), including its population count, monitoring and evaluating their long-term population viability (Lanna et al. 2021).

In regards to the current state of occurrence of the muriquis in Serra da Mantiqueira, the Itatiaia National Park population represents the southernmost area of distribution of *B. hypoxanthus*. Meanwhile, our study demonstrated that the population of *B. arachnoides* closest recorded to this population and within the physical limit of the species is in the city of Guaratinguetá, district of Gomerá, in the state of São Paulo, thus coming closer to the physical distribution limit proposed by some studies (Chaves et al. 2019; Ingberman et al. 2016; Strier et al. 2017)

Additionally, there has been a recent widening of the occurrence area of *Brachyteles arachnoides*. Colas-Rosas et al. (2023) described the first record of southern muriquis in the state of Minas Gerais, in the northwest hillside of Serra da Mantiqueira, being able to change public policy in the mentioned state. Finally, beyond the Muriquis of Mantiqueira, in the state of Paraná, discoveries made by Hack et al. (2022), extended the known southern limit of its geographical distribution by finding six new populations, one of which was in the municipality of Campo Largo, on the right bank of the Ribeira de Iguapé river. It is worth noting that in this study, drones were also used to increase the probability of detecting muriquis, providing new information about their home range and ecology (Hack et al. 2022).

Compared to other terrestrial methods, aerial drone surveys have enabled faster and more efficient identification of primate presence, covering relatively large areas in a short period, saving resources and staffing, as well as being less invasive than crewed aircraft, which are advantages consolidated by other studies (Burke et al. 2019; Chabot and Bird 2015; Rahman et al. 2021; Zhang et al. 2020). We successfully sampled the Serra da Mantiqueira, an area with steep formations of great amplitude and slope, corroborating studies that reinforce the success of utilizing this new technology for mountainous environments sparsely frequented by humans (Rahman et al. 2021). The collection of visual images was relevant to assist in species identification. However, thermal images have demonstrated a superior detection

capacity and consequently facilitated the counting of individuals, as demonstrated in Melo (2021).

In this sense, drones with thermal infrared sensors have demonstrated to be an effective and accurate tool to detect and count the individuals of the new population of southern muriquis, as well as for other species. Thermal cameras are also used to detect and measure different primate species, such as the mantled howler (*Alloutta palliata*) (Kays et al. 2018), geoffroy's spider monkeys (*Ateles geoffroyi*) (Spaan et al. 2019), bornean orangutans (*Pongo pygmaeus*) and the proboscis monkeys (*Nasalis larvatus*) (Burke et al. 2019). They succeed even in detecting rare primates such as the hainan gibbon (*Nomascus hainanus*), and providing important information about their nocturnal behavior, such as sleeping in trees (Zhang et al. 2020). In addition, a recent study has registered and classified the sex and age of southern muriquis using drone images, demonstrating excellent results in collecting demographic information from populations of *Brachyteles arachnoides* through UAV surveys (Guimarães, 2023). Overall, the use of drones with high-resolution cameras and sensors is essential for monitoring population trends in wild primates, supplementing existing traditional methods and providing several advantages, such as the possibility of collecting data at night, for example, when traditional methods are useless (Piel et al. 2022).

Despite the benefits, using drones for surveys has its challenges to overcome. One of which is the abrupt weather typical to tropical forests, such as rain, wind ($> 10 \text{ ms}^{-1}$), fog, and mist, which can arise unexpectedly. Another challenge, especially found in our study regions, is the terrain with a steep altitude gradient, which can disrupt the signal between the drone and its remote control, which works through a VHF signal. In addition, the national legislation for the use of drones, managed by ANAC (National Civil Aviation Agency), stipulate limits of altitude and distance, which can make sampling more difficult in these regions with a greater altitude gradient.

Canopy heating can become another challenge; many authors have pointed that is necessary to consider the time of day to maximize thermal contrast and avoid tree branches are highlighted when heated by the sun (Kays et al. 2018; Spaan et al. 2019; Piel et al. 2022). Guimarães (2023) also pointed about solar incidence using drone with a thermal camera, the study tested the effect of solar incidence in the detection of muriquis (presence or absence of muriquis during flights) and in the detection distance of muriquis (straight line distance from the drone to individuals on the ground). The result is an influence only in the detection, but not on the detection distance, drawing attention that the effect of solar incidence may not be on the technical specifications of the drone, but perhaps due to a behavioral characteristic of the muriquis.

Another drawback concerns image processing after flights are completed. While the attained resolution allows the accurate manual approach for primate detection, it is believed that image data analysis can be automated from machine learning methods (computer vision), reducing processing time and increasing the accuracy of results (Longmore et al. 2017; Rahman et al. 2021).

Thus, the present study contributes with data related to the presence and distribution of the southern muriquis (*Brachyteles arachnoides*), which favors the reduction of the search limit for the physical border between the two muriquis species in the areas suggested by species distribution models (Ingberman et al. 2016), and supporting the distribution limit proposed by Chaves et al. (2019). Based on our results, the Gomeral neighborhood, which is inserted in the Serra da Mantiqueira National Environmental Protection Area (APA Serra da Mantiqueira) and is considered a strategic region for the conservation of water, forest, and tourism resources in the Paraíba Valley (Menezes 2015), is especially noteworthy for hosting the new population of the largest primate species in the Americas.

In this scenario, and in agreement with Chaves et al. (2019), we suggest that future studies should focus on defining the physical boundary between the two species of the genus *Brachyteles* due to the large extent of forest remnants in this region, as well as the discovery of a possible contact zone between them, given the geographical proximity between the southern and northern muriquis populations, both in Rio de Janeiro and São Paulo (Strier et al. 2017). Finally, in accordance with the National Conservation Plan for Atlantic Forest Primates and Maned Three-toed Sloth (ICMBio 2019), genetic studies of the newly recorded group of southern muriquis are needed to estimate the species' genetic variability in this region and the degree of endogamy.

CONCLUSION

We conclude that drones equipped with a combination of thermal and color sensor cameras are a viable tool to detect arboreal primates in a fast and efficient way, contributing with crucial information on species presence and distribution in a mountainous region. Hence, this new method may represent a valuable and meaningful pathway for surveying highly-threatened primates and obtaining population data at a pace comparable to land-changing anthropogenic activities. The results presented in this research contributed to estimating the occurrence and geographical distribution of the genus *Brachyteles*, providing populational information on a new remnant population of southern muriquis being discovered in Serra da Mantiqueira, and confirming its importance for primates in general.

DECLARATION

Competing interests: The authors declare they don't have a conflict of interests.

Funding: The Federal University of Juiz de Fora (UFJF), Federal University of Viçosa (UFV), the Muriqui Institute of Biodiversity (MIB) and the Boticário Group Foundation (Programa de conservação do muriqui-do-norte em minas gerais: mudanças climáticas, parâmetros demográficos, manejo populacional e monitoramento terrestre e aéreo com o uso de eco- drones – PROG_0017_2016) were responsible for financing the drone survey study in Serra da Mantiqueira, which resulted in the discovery presented in this article.

REFERENCES

Aximoff IA (2015) Confirmação da ocorrência do Muriqui-do-norte (Primates, Atelidae) no Parque Nacional do Itatiaia, estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil. *Oecol. Aust.* 18:1-5. <https://doi.org/10.4257/oeco.2014.1801.01>

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2019) Sumário Executivo do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Primatas da Mata Atlântica e preguiça-de-coleira. Ministério do Meio Ambiente, Brazil. Available from <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/pan/pan-primatas-ma-e-preguica-de-coleira>. Accessed 10 jun 2023

Burke C, Rashman MF, Longmore SN et al (2019) Successful observation of orangutans in the wild with thermal-equipped drones. *J Unmanned Veh Syst* 7(3):235-257. <http://dx.doi.org/10.1139/juvs-2018-0035>

Chaves PB, Magnus T, Jerusalinsky L et al (2019) Phylogeographic evidence for two species of muriqui (genus *Brachyteles*). *Am J Primatol* 81(12):e23066. <https://doi.org/10.1002/ajp.23066>

Chabot D, Bird DM (2015). Wildlife Research and Management Methods in the 21st Century: Where Do Unmanned Aircraft Fit In? *J Unmanned Veh Syst* 3(4):137–155. doi:10.1139/juvs-2015-0021.

Colas-Rosas PF, Rezende C, Silva LP, Melo FR (2023) First record of the southern muriqui (*Brachyteles arachnoides*) in the state of Minas Gerais, Brazil. *Primates* 64:415-419. <https://doi.org/10.1007/s10329-023-01071-y>

Costa LP, Leite YRL, Mendes SL, Ditchfield AD (2005) Mammal Conservation in Brazil. *Conserv Biol* 19(3):672-679. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00666.x>

DJI. Matrice 200 (2018) User Manual v1.4. Available from <https://www.dji.com/br/matrice-200-series>. Accessed 10 apr 2022

DJI. Mavic 2 Enterprise Advanced (2021) User Manual v1.0. Available from <https://www.dji.com/br/mavic-2-enterprise-advanced>. Accessed 10 apr 2022

Estrada A, Garber PA, Mittermeier RA et al (2018) Primates in peril: the significance of Brazil, Madagascar, Indonesia and the Democratic Republic of the Congo for global primate conservation. *PeerJ* 6:4869:1-57 <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.4869>

Gontijo-Pascutti AHF, Hasui Y, Santos M et al (2012) As Serras do Mar e Mantiqueira. In: Hasui Y, Carneiro CDR, Almeida FFM, Bartorelli A (ed) *Geologia do Brasil*. Beca, São Paulo, pp 549–571

Guedes TB, Azevedo JAR, Bacon CD et al (2020) Diversity, Endemism, and Evolutionary History of Montane Biotas Outside the Andean Region. In: Rull V, Carnaval AC (ed) Neotropical Diversification, Patterns and Processes, pp 299-328

Guimarães, CR (2023) There's something out there waiting for us: drones with thermal cameras as revolutionary tools in population monitoring. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal), Universidade Federal de Viçosa. Available from <https://locus.ufv.br/handle/123456789/31161>. Accessed 26 aug 2023.

Ingberman, B, Fusco-Costa R, Monteiro-Filho ELA (2016) A Current Perspective on the Historical Geographic Distribution of the Endangered Muriquis (*Brachyteles spp.*): Implications for Conservation. PLoS One 11(3):e0150906. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150906>

Kays R, Sheppard J, Mclean K et al (2018) Hot monkey, cold reality: surveying rainforest canopy mammals using drone-mounted thermal infrared sensors. Int J Remote Sens 40(2):407-419. <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2018.1523580>

Lanna AM, Moreira LS, Tabacow FP et al (2021). Capítulo 4: Critérios para classificação das populações de *Brachyteles spp.* quanto à viabilidade populacional. In: Valença-Montenegro MM, Melo FR, Jerusalinsky L. Protocolos para pesquisa e manejo de muriquis – gênero *Brachyteles*. Brasília: ICMBio, pp 26-27

Sá RML, Glander KE (1993) Capture techniques and morphometrics for the woolly spider monkey, or muriqui (*Brachyteles arachnoides*, E. Geoffroy 1806). *Am J Primatol* 29:145-153. <https://doi.org/10.1002/ajp.1350290206>

Longmore SN, Collins RP, Pfeifer S et al (2017) Adapting astronomical source detection software to help detect animals in thermal images obtained by unmanned aerial systems. *Int J Remote Sens* 38:2623–2638. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1280639>.

Melo FR (2021) Drones for conservation: New techniques to monitor muriquis. *Oryx* 55(2):71. <https://doi.org/10.1017/S0030605321000028>

Melo FR, Boubli JP, Mittermeier RA et al (2021) *Brachyteles hypoxanthus* (amended version of 2019 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species. Available from https://www.researchgate.net/publication/351823699_Brachyteles_hypoxanthus_Northern_Muriqui_Amendment_version. Accessed 10 Jun 2023

Meiros LD, Kinoshita LS, Shepherd GJ (2014) Composição florística da vegetação altimontana do distrito de Monte Verde (Camanducaia, MG), Serra da Mantiqueira Meridional, Sudeste do Brasil. *Rodriguésia* 65(4):831-859. <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201465403>.

Menezes D (2015) Comunicação e Mobilização na Gestão Participativa de Unidades de Conservação: O Caso da APA da Serra da Mantiqueira. Master thesis. Universidade Estadual de Campinas, Brazil. Available from <http://repositorio.unicamp.br/Acervo/Detalhe/957958>. Accessed 10 Jul 2023

Nishimura A, Fonseca GAB, Mittermeier RA et al (1988) The Muriqui, Genus *Brachyteles*. In: Mittermeier RA, Rylands AB, Coimbra-Filho A, Fonseca GAB. Ecology and Behavior of Neotropical Primates, pp 577-610

Oliveira MF, Manzatti L (1996) New locations for the muriqui (*Brachyteles arachnoides*) in the state of São Paulo, Brasil. Neotrop Primates 4:84-85.

Piel AK, Crunchant A, Knot IE et al (2022) Noninvasive Technologies for Primate Conservation in the 21st Century. Int J Primatol 43(1):133-167.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10764-021-00245-z>

Rahman DA, Sitorus ABY, Condro AA (2021) From Coastal to Montane Forest Ecosystems, Using Drones for Multi-Species Research in the Tropics. Drones 6(1):6.
<http://dx.doi.org/10.3390/drones6010006>.

Spaan D, Burke C, Mcaree O et al (2019) Thermal Infrared Imaging from Drones Offers a Major Advance for Spider Monkey Surveys. Drones 3(2):34.
<http://dx.doi.org/10.3390/drones3020034>

Strier KB, Possamai CB, Tabacow FP et al (2017) Demographic monitoring of wild muriqui populations: criteria for defining priority areas and monitoring intensity. PLoS One 12(12):e0188922.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188922>

Talebi M, Jerusalinsky L, Martins M et al (2021) *Brachyteles arachnoides* (amended version

of 2019 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species. Available from <https://www.iucnredlist.org/species/2993/191692658>. Accessed 10 jun 2023

Talebi MG (2005) Factors affecting food choices and digestive efficiency of the critically endangered miquis (*Brachyteles arachnoides*, Primates - E. Geoffroy, 1806) of Brazilian Atlantic Forest. PhD Thesis. University of Cambridge, UK. 249p. <https://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.615142>

Talebi MG, Soares PP (2005) Conservation Research on the Southern Miquis (*Brachyteles arachnoides*) in São Paulo State, Brazil. *Neotrop Primates* 13:53–59. Available from https://www.researchgate.net/publication/230898042_Conservation_research_on_the_southern_miquis_Brachyteles_arachnoides_in_Sao_Paulo_State_Brazil. Accessed 11 jun 2023

Turvey ST (2017) How many remnant gibbon populations are left on Hainan? Testing the use of local ecological knowledge to detect cryptic threatened primates. *Am. J. Primatol.* 79:e22593. <https://doi.org/10.1002/ajp.22593>.

Valença-Montenegro MM, Melo FR, Jerusalinsky L (2021) Protocolos para pesquisa e manejo de miquis – gênero *Brachyteles*, Brasília: ICMBio, pp 26-27

Zhang H, Wang C, Turvey ST et al (2020) Thermal infrared imaging from drones can detect individuals and nocturnal behavior of the world's rarest primate. *Glob Ecol Conserv* 23:1-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01101>