
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

STEPHANIE MARUCCI DE SOUZA

**TESTES DE EFETIVIDADE E FIXAÇÃO DE
NOVA TECNOLOGIA DE RASTREAMENTO
ANIMAL**



Rio Claro
2017

STEPHANIE MARUCCI DE SOUZA

**TESTES DE EFETIVIDADE E FIXAÇÃO DE NOVA
TECNOLOGIA DE RASTREAMENTO ANIMAL**

Orientador: Prof. Dr. Milton Cezar Ribeiro

Co-orientadora: Milene Amâncio Alves-Eigenheer

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Rio Claro, para obtenção do grau de bacharela e licenciada em Ciências Biológicas.

Rio Claro

2017

591.5 Souza, Stephanie Marucci de
S731t Testes de efetividade e fixação de nova tecnologia de
rastreamento animal / Stephanie Marucci de Souza. - Rio
Claro, 2017
57 f. : il., figs., gráfs.

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura e
bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual
Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Milton Cezar Ribeiro
Coorientadora: Milene Amâncio Alves-Eigenheer

1. Ecologia animal. 2. Fixação de equipamentos. 3.
Telemetria. 4. Novas tecnologias. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento através da bolsa estudos de processo 2016/03872-7, vinculado ao projeto “*New sampling methods and statistical tools for biodiversity research integrating animal movement ecology with population and community ecology*” (Processo nº 2013/50421-2). Agradeço também pelos meses de bolsa fornecidos pela Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo nº 136095/2016-0.

Agradeço à Microsoft Research pelo fornecimento dos equipamentos testados, à toda equipe da Associação Mico Leão Dourado por nos receber e dar todo o apoio e assistência técnica em campo (e além); à bióloga Paula Cendrowicz de Souza Matias e à médica veterinária Camilla Xavier Mendes Mancini - responsáveis pelo manejo de animais no Zoológico Municipal de Piracicaba -; à Serendip Tecnologia pela parceria na elaboração dos protótipos de mochilas utilizados e à equipe Trapa-câmera pelo auxílio técnico com os equipamentos e baterias.

Não posso deixar de agradecer, é claro, ao meu pai, César, à minha mãe, Rochéle e à minha madrastra, Desirée, pelo auxílio financeiro e psicológico ao longo dos anos de graduação que permitiram a minha formação, não só profissional, como também pessoal.

Agradeço à minha co-orientadora, Milene, que me mostrou os primeiros passos dessa jornada acadêmica e científica, além de ter sido muito mais uma amiga do que uma co-orientadora. Extremamente profissional, competente e atenciosa, sou muito grata por ter sido acolhida de braços tão abertos. Da mesma forma agradeço ao meu orientador, Miltinho, que, além de ser um ser humano incrível e único, é também um profissional muito competente.

Agradeço àquele que me amparou nos momentos de maior dificuldade ao longo deste trabalho, meu namorado, Leonardo. Além do apoio emocional e em campo, sua ajuda foi essencial no desenvolvimento dos protótipos de *bal-chatri* testados neste trabalho. Agradeço à Camila, por ser tão fantástica, atenciosa e profissional, me ajudando muito também no desenvolvimento do meu TCC e disponibilizando os mapas aqui utilizados.

Agradeço ao Marcelo (Biguá) pelo auxílio em campo e compartilhamento informações sobre a movimentação dos tucanos no campus. Agradeço ao Carlos Gussoni (Pássaro) pela ajuda na identificação de algumas espécies de aves que registramos, assim como ao André Bitencourt pela ajuda em campo, e a todos os colegas e pesquisadores do Laboratório de Ecologia e Conservação que ajudaram de alguma forma, seja em esforços de campo ou em conhecimentos que foram usados para a elaboração deste estudo.

A todos o meu MUITO OBRIGADA! <3

RESUMO

Um importante fator a ser considerado em ambientes antropizados é a movimentação e o uso da paisagem por espécies animais, que pode influenciar no processo de regeneração natural das paisagens. Com os avanços tecnológicos, novos métodos e equipamentos podem ser utilizados para o monitoramento do movimento da fauna nativa brasileira. Todavia, novas tecnologias têm sido ainda pouco testadas em ambientes tropicais. Em decorrência, algumas tecnologias de rastreamento nem sempre possuem alta eficiência, o que prejudica o processo de coleta e precisão de dados, e, conseqüentemente, os resultados obtidos. Esta pesquisa visa testar a efetividade e formas de fixação do Mataki®, um novo equipamento desenvolvido pela Microsoft Research que é capaz de monitorar a movimentação animal de forma autônoma e com acesso aos dados por via remota. Duas espécies foram utilizadas nos testes: *Ramphastos toco* (tucano toco) e *Leontopithecus rosalia* (mico-leão-dourado - MLD). Para verificar a efetividade e a precisão do equipamento foram realizados testes estáticos em três diferentes paisagens (área aberta, região de borda e mata fechada). Os testes de fixação do equipamento foram realizados em cativeiro, com tucanos toco, onde o método de ‘colete’ (descrito neste trabalho) se mostrou como potencialmente viável em estudos de movimentação da espécie. Em campo foram testados protótipos de mochilas feitos em impressora 3D, desenvolvidos em parceria com a Serendip Tecnologia a um baixo custo e tempo de fabricação. Os protótipos se mostram muito resistentes e eficazes, assim como as mochilas se apresentaram como um bom método de fixação em pequenos primatas. O mau funcionamento de equipamentos com tecnologia GPS é um problema bastante comum em estudos com movimentação animal. O equipamento testado não se apresentou eficiente para a coleta de dados de movimentos, uma vez que o mesmo apresentou graves problemas de coleta de dados. Devido aos resultados bastante limitados, não recomendamos o uso do equipamento Mataki® até que o mesmo seja melhor desenvolvido. Esperamos que este estudo possa alertar sobre a importância de testes prévios com novas tecnologias. Com isto, a aquisição e uso de equipamentos pouco testados em condições de campo devem ser realizados com cautela.

Palavras-chave: fixação de equipamentos, novas tecnologias, telemetria.

ABSTRACT

An important factor to be considered in anthropic environments is the movement and use of space by animals' species. Disruptions caused by human beings actions could affect the natural regeneration of plant populations. Although there is a great potential for research in the field of movement ecology using native species in Brazil, the telemetry techniques are still in developing stage. This creates imprecision in data collection and, therefore, impacts the results negatively. This research's goal was to test efficiency in measurements and attachment efficacy of a new tracking equipment considering its potential in animal movement studies. The species *Ramphastos toco* (toco toucan) and *Leontopithecus rosalia* (golden lion tamarin) were chosen as research subjects. During static tests, the equipment's accuracy was analysed in three different landscapes: *i.* open field, *ii.* edge area and *iii.* dense vegetation. While inspecting the best attachment method tests in captive toco toucans, the "vest" method (described in this paper) showed considerable results. In field, we tested the 3D printer backpack we developed in partnership with Serendip Technolgy, which are cheap and take a short time to make. Besides, they are very resistant and the backpacks were considered a good method of attachment in small primates. The malfunctioning of GPS technology equipment is a very common problem in animal movement studies; however, the equipment presented seriously problems of data accuracy. Owing to the very limiting results, we do not recommend the use of the Mataki® equipment until corrections and improvements are made. We hope that this research can shed some light on the importance of previously testing new technologies. With this, the use of new technologies which were not

Key-words: tagging methods, new technologies, telemetry.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	Justificativa	8
1.2	Objetivos	9
2	MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1	Áreas de estudo	10
2.2	Espécies escolhidas	12
2.3	Equipamentos Matakí	13
3	RESULTADOS	20
A)	Funcionalidade das baterias	20
B)	Efetividade dos equipamentos	22
C)	Formas de fixação	26
D)	Fase de campo	29
E)	Análises estatísticas	30
4	DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	32
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
6	APÊNDICE	43

1 INTRODUÇÃO

Um aspecto relevante a ser considerado em ambientes antropogênicos é a movimentação da fauna e o uso dos diferentes elementos da paisagem pelas espécies (GRAHAM, 2001b). A movimentação animal pode ajudar na redução das consequências de perda de habitat, aumentando a chance de fluxo gênico, colonização de novas áreas e redução no risco de extinção de populações animais e vegetais (HAMRICK *et al.*, 1993, 2004; YOUNG *et al.*, 1996).

Movimento é o processo que conecta recursos, genes e processos entre diferentes locais e que promove ligações entre populações, comunidades e ecossistemas (NATHAN *et al.*, 2008; JELTSCH *et al.*, 2013). A movimentação animal em áreas fragmentadas está diretamente ligada aos diversos processos ecológicos que ocorrem numa paisagem (KREMEN *et al.* 2007; MITCHELL *et al.*, 2015), influenciando, consequentemente, na ocupação do habitat e na dinâmica populacional regional (HANSKI; GIPLIN, 1991).

O modelo conceitual de ecologia do movimento tem sido aprimorado para explicar a movimentação considerando-se a interação de quatro fatores: 1) o estado interno do animal, 2) sua capacidade de locomoção, 3) sua capacidade de navegação e 4) fatores externos ligados ao ambiente em que está inserido (DAMSCHEM *et al.*, 2008, NATHAN *et al.*, 2008; NATHAN *et al.*, 2012).

Estudos em ecologia de paisagens e do movimento preveem que a movimentação animal é delineada pela eficiência da aquisição de recursos (DE KNEGT, 2007; FERREIRA *et al.*, 2012). Segundo De Jager *et al.* (2011), a interação entre a seleção individual e a complexidade do habitat influenciam na movimentação animal, sendo que variações individuais de comportamento e as características do ambiente circundante podem influenciar em diferentes estratégias pela busca de recursos. Logo, estudar os padrões de movimentação em áreas perturbadas é de fundamental importância para propiciar o desenvolvimento de diferentes estratégias para a conservação de espécies que estão em constante contato com o homem (RIBEIRO *et al.*, 2009; BEYER, *et al.*, 2016; MUYLAERT *et al.*, 2016).

Novas tecnologias para estudos de movimento de fauna

Em estudos de fauna, o termo "telemetria" refere-se a um conjunto de técnicas que utilizam equipamentos eletrônicos sem fio para identificar a posição, os padrões de movimentação e de atividade de determinada espécie, permitindo-se observar o animal com o mínimo de interferência do observador (CANDIA-GALLARDO *et al.*, 2010). Entender a importância da influência da paisagem na movimentação de animais torna-se necessário para se compreender as melhores maneiras de se realizar estudos nessa área (KAYS *et al.*, 2015).

Os primeiros estudos usando rádio transmissores que permitiram a localização e o rastreamento de animais foram feitos na década de 60, sendo que a partir dos anos 90, com o desenvolvimento de novas tecnologias de rastreamento, o uso da telemetria se tornou mais popular (CANDIA-GALLARDO *et al.*, 2010). Novas tecnologias de telemetria como o Sistema Global de Posicionamento (GPS) permitem o monitoramento e mapeamento detalhado do movimento dos animais em estudo que trazem informações precisas sobre os caminhos, as rotas de migração e a interação desses animais com o ambiente ao redor (HEBBLEWHITE; HAYDON, 2010; CAGNACCI *et al.*, 2010, KAYS *et al.* 2015).

Segundo Mech & Barber (2002), no sistema GPS de telemetria conjuntos com mínimo de quatro satélites funcionam como transmissores do sinal, enquanto que o equipamento fixado no animal em estudo atua como o receptor deste sinal. Sua localização é estimada por meio de receptores que se utilizam da posição dos satélites e do tempo gasto para a emissão do sinal entre cada satélite alcançar o a unidade receptora do equipamento; geralmente o armazenamento dos dados coletados é feito na mesma unidade receptora (MECH; BARBER, 2002).

Diversos estudos apontam as vantagens e as desvantagens sobre o uso dessas novas tecnologias de biotelemetria em pesquisas de ecologia do movimento (BOGARD *et al.*, 2010; HEBBLEWHITE; HAYDON, 2010; CAGNACCI *et al.*, 2010). Dentre as principais vantagens destacam-se o alto potencial de coletar dados de localizações em fina escala espaço-temporal, visando reduzir a dificuldade do trabalho em campo, e viabilizar estudos de movimentação, migração e seleção de recursos (HEBBLEWHITE; HAYDON, 2010).

Algumas das desvantagens estão relacionadas a limitações tecnológicas, que incluem: 1) a capacidade de aumentar a vida útil da bateria, 2) o desenvolvimento de possíveis miniaturizações para estudos em animais de pequeno porte, 3) imprecisões na coleta de dados em ambientes com densidade de vegetação e 4) alto custo dos equipamentos (RISC, 1998; CANDIA-GALLARDO *et al.*, 2010; CAGNACCI *et al.*, 2010; BOGARD *et al.*, 2010).

Tendo em vista que novas tecnologias sempre podem apresentar problemas relacionados ao seu uso, neste trabalho realizamos dois conjuntos de testes no Mataki®, um

equipamento desenvolvido pela Microsoft Research. O primeiro diz respeito a formas de fixação do equipamento em uma espécie de ave (tucano-toco) e de um primata arborícola (mico-leão-dourado). Na segunda etapa realizamos testes em campo para avaliar a eficiência do Mataki® em monitorar movimentos de primata.

1.1 Justificativa

O potencial para a pesquisa na área de ecologia do movimento usando espécies nativas brasileiras é muito grande. Porém, por serem ainda pouco testadas em ambientes terrestres tropicais, as técnicas de rastreamento nem sempre possuem alta eficiência, o que prejudica a coleta e precisão de dados, tendo efeitos negativos na obtenção de bons resultados. Sendo assim, pesquisas na área de desenvolvimento de novas tecnologias para rastreamento de animais são de fundamental importância, e para que estes estudos sejam possíveis, novas tecnologias precisam ser criadas, aprimoradas e testadas (CANDIA-GALLARDO *et al.*, 2010).

O Brasil possui um território muito vasto que vem sofrendo uma grande perda de sua cobertura vegetal natural em detrimento de ações antrópicas (RIBEIRO *et al.*, 2009; MOLIN *et al.*, 2017). É necessário que se dê uma maior atenção aos estudos na área de movimentação animal no país, uma vez que é através dessa mobilidade que importantes processos ecológicos ocorrem (HANSKI; GILPIN, 1991; JELTSCH *et al.*, 2013). Além disso, estudos com espécies ameaçadas como o MLD são essenciais para embasar políticas públicas que visem a manutenção dos ecossistemas, preservando o patrimônio natural brasileiro e ajudando na manutenção e na conservação das paisagens não alteradas (RIBEIRO *et al.*, 2009; NIEBUHR *et al.*, 2015).

Segundo Conway & Garcia (2005), o uso de equipamento da telemetria pode influenciar nas taxas de sobrevivência de corujas buraqueira, sendo que, o peso do transmissor, o método de fixação e a idade e condições físicas do espécime podem influenciar nessas taxas. Bernardo *et al.* (2011), avaliou 49 trabalhos publicados e verificou que a presença de equipamentos de telemetria para avaliação da movimentação animal obteve diversos efeitos negativos em populações selvagens e em cativeiro de aves galináceas, como variação nas taxas de sobrevivência e reprodução, na fisiologia e no comportamento dos indivíduos. Estudos prévios sobre os possíveis efeitos adversos do uso de aparelhos de telemetria são essenciais para se escolher o método que menos influencie no comportamento e na sobrevivência da espécie em estudo.

1.2 Objetivos

O principal objetivo desta pesquisa é *testar a efetividade de uma nova tecnologia de telemetria*, desenvolvida pela Microsoft Corporation (Mataki®), e *sua viabilidade em estudos de movimentação animal*. Como objetivos específicos, visamos a) verificar a eficácia de dois diferentes tipos de baterias na captação de dados pelo equipamento e b) testar diferentes formas de fixação do equipamento em animais.

A proposta inicial deste trabalho previa, além de testar a eficácia dessa nova tecnologia, realizar testes em cativeiro e campo com indivíduos de tucanos toco para descobrir qual a melhor forma de fixar o aparelho no animal. Desta forma, seria possível monitorar o movimento do organismo focal e avaliar a influência da paisagem sobre o padrão de sua movimentação e uso do espaço. Apesar de diversos esforços visando a captura dos tucanos, a mesma não foi viável. Assim, para garantir o objetivo principal de *teste do equipamento*, optamos por fixar os aparelhos e verificar sua efetividade de coleta de dados em campo, com proposta de posterior estudo de movimentação de fauna em indivíduos de MLD.

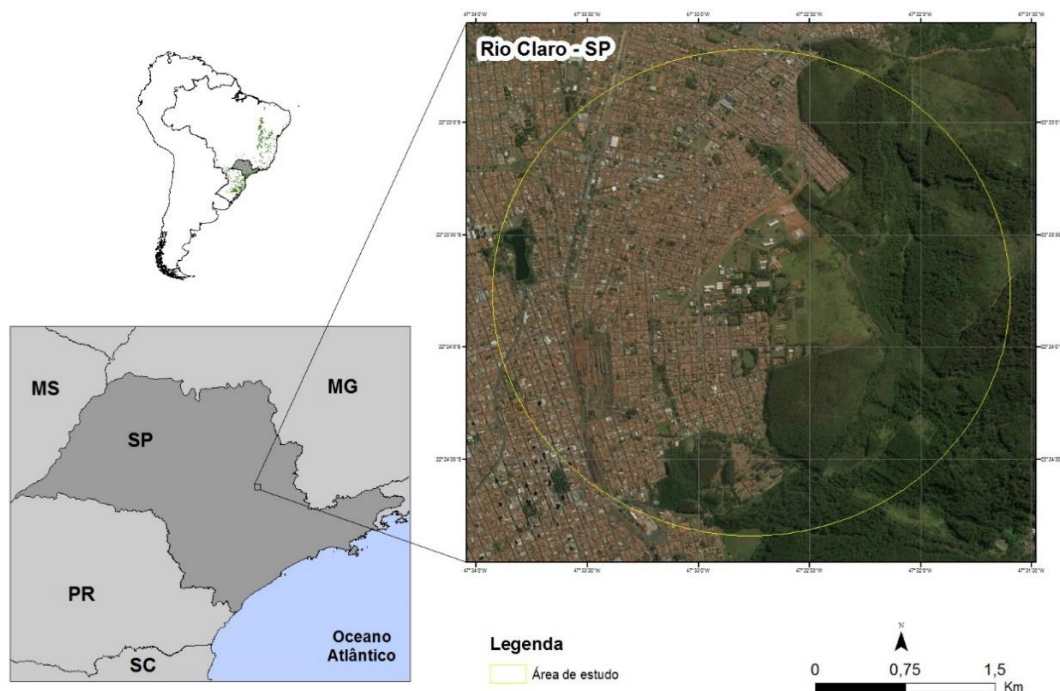
Em relação a movimentação do MLD, nossa hipótese é que os padrões de movimento dos diferentes grupos variam de acordo com o tamanho do fragmento e proximidade da borda, podendo estes não serem fatores que influenciem no uso da paisagem em fragmentos pequenos (< 50 ha), uma vez que a área de vida média dos MLD varia entre 40 e 50 ha (OLIVEIRA *et al.*, 2004). Essa hipótese foi baseada no fato de que a área de grande parte dos fragmentos da região varia entre 9 a 600 hectares (OLIVEIRA *et al.*, 2004; COELHO *et al.*, 2008).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas de estudo

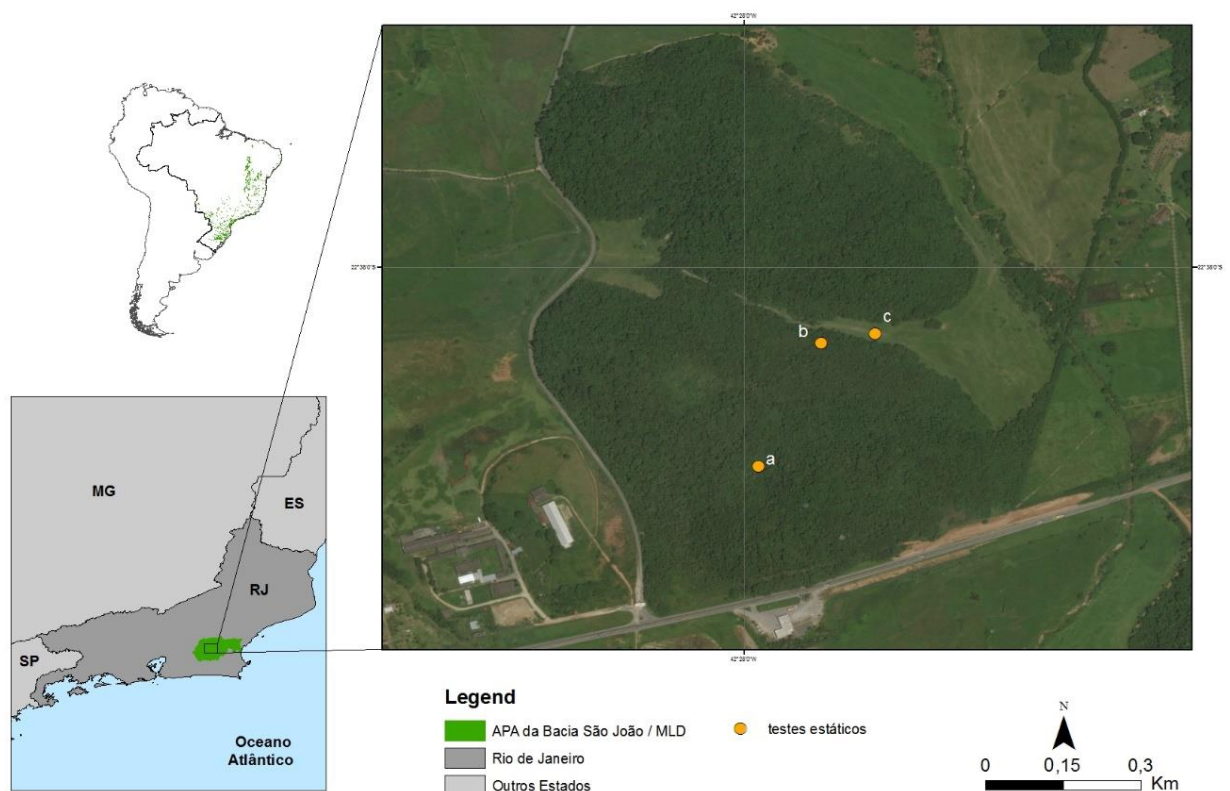
Rio Claro e Piracicaba – Estado de São Paulo: A primeira etapa deste estudo foi realizada no campus da UNESP de Rio Claro e entornos, onde fizemos testes de efetividade do equipamento e das baterias, saídas de campo para captura de tucanos e testes ativos de movimentação de cachorros domésticos. O clima local é subtropical úmido (Cwa), segundo a classificação de Köppen (KÖPPEN; GEIGER, 1928), tendo duas estações bem definidas: uma seca, de abril a setembro e outra chuvosa, de outubro a março (UDULUTSCH *et. al.*, 2004). Realizamos os testes de fixação pré-campo em cinco indivíduos de *R. toco* em cativeiro no Zoológico Municipal de Piracicaba, São Paulo.

Figura 1. Localização da área de estudo dos tucanos toco. Abrange a região próxima à UNESP de Rio Claro, num *buffer* de 3 Km. Fonte: Camila de Fátima Priante Bernardo, 2017.



Reserva Biológica Poço das Antas: A segunda etapa do trabalho ocorreu na Área de Proteção Ambiental (APA) da Bacia do Rio São João/Mico-leão-dourado, próximo à Reserva Biológica Poço das Antas (Rebio PDA). Localizada no município de Silva Jardim – Rio de Janeiro, a reserva possui uma área de ~5 mil ha (IBDF, 1981, ICMBIO, 2017). A principal fitofisionomia encontrada na região é floresta atlântica de baixada, a qual se apresenta por fragmentos florestais de variados tamanhos (CARVALHO *et al.*, 2008). A APA possui uma grande importância em nível internacional, tanto por estar localizada em um dos ecossistemas mais ameaçados do mundo, como por abrigar a Associação Mico-leão-dourado (AMLD), que está inserido no Programa de Conservação da APA, o qual está incluso em seu Plano de Manejo (MMA, 2008).

Figura 2. Localização dos pontos coletados na região próxima à Rebio Poço das Antas e à Associação Mico-leão-dourado, Estado do Rio de Janeiro. Fonte: Camila de Fátima Priante Bernardo, 2017.



2.2 Espécies escolhidas

a. Tucanos (*Ramphastos toco*): Tucanos (Ramphastidae) são animais generalistas, mas com hábito predominantemente frugívoro, e estão distribuídos amplamente nos Neotrópicos. Isso ocorre devido a sua capacidade de viajar longas distâncias entre diferentes habitats – incluindo áreas degradadas e fragmentos de floresta (FRANÇA *et al.*, 2009). A espécie pode proporcionar a dispersão de várias espécies de árvores tropicais, auxiliando na manutenção da estrutura e dinâmica populacional da comunidade vegetal das próprias áreas fragmentadas utilizadas pelos tucanos (GALETTI *et al.*, 2000).

A espécie é considerada como frugívoro de dossel, e normalmente exploram vastas áreas dentro de sua área de vida, a fim de acessar árvores frutíferas, podendo muitas vezes se deslocar de uma mancha de habitat para outra conforme a disponibilidade de frutos (GRAHAM, 2001a; GALETTI *et al.*, 2000). Isso pode afetar fortemente em sua ecologia e padrões de movimentação locais e de abundância desses tucanos (RAGUSA-NETTO, 2008).

O tucano-toco é uma das espécies que conseguiu se adaptar parcialmente e ter sucesso em áreas antropizadas, podendo ser classificado como um “*urban adapter*”, dado a sua capacidade de utilizar os ambientes urbanos (MCKINNEY, 2002; NEWSOME *et al.*, 2010). *R. toco* é o maior membro da família dos tucanos e o único que ocorre em áreas abertas e fragmentadas (SICK, 1997). Embora sejam aves notáveis por seu tamanho e exuberância do bico, pouco se sabe a respeito da ecologia desses animais (GALETTI *et al.*, 2000).

b. Mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*): O bioma Mata Atlântica abriga um dos maiores índices de riqueza e endemismo do mundo, sofrendo, porém, com altas taxas de perda de cobertura vegetal (RIBEIRO *et al.*, 2009). O Mico-leão-dourado (MLD) é um primata endêmico da Mata Atlântica da baixada costeira do Rio de Janeiro (COIMBRA-FILHO; MITTERMEIER, 1973), sendo encontrado principalmente até 550 m de altitude (KIERULFF; RYLANDS, 2003). Esse mico está na lista de espécies ameaçadas de extinção da IUCN (2017) (KIERULFF *et al.*, 2003). Pesam de 500 a 700 gramas, e alimentam-se principalmente de flores, frutos, goma, insetos e pequenos vertebrados (RUIZ-MIRANDA *et al.*, 2008).

Segundo Kleiman & Rylands (2008), dentre as causas da ameaça da espécie destacamos a destruição dos habitats naturais, a fragmentação da paisagem onde vivem, sendo esses os maiores problemas para manutenção dessa espécie na natureza. Além disso, a exportação e criação de MLD em zoológicos na década de 60, foi um fator que proporcionou a

redução em sua população, com cerca de 300 indivíduos capturados e exportados à pets e zoológicos entre os anos de 1960 e 1965 (COIMBRA-FILHO; MITTERMEIER, 1973; KIERULFF *et al.*, 2003).

Atualmente, restam 12% da cobertura vegetal original da Mata Atlântica (RIBEIRO *et al.*, 2009). Já na Bacia do Rio São João/RJ a situação é pior, com menos de 2% da região onde ocorrem os MLD apresentando fragmentos florestais (KIERULFF, 1993). Na região há um predomínio de remanescentes distribuídos em pequenas manchas florestais, em sua maioria menores que 50 ha (COIMBRA-FILHO; MITTERMEIER, 1973; KLEIMAN; RYLANDS, 2008).

Segundo a Associação Mico Leão Dourado (2017), a população atual de MLD é de mais de 3.200 indivíduos, distribuídos num mosaico de fragmentos florestais onde 60% da área é legalmente protegida, 25% não são áreas protegidas por lei, mas são consideradas “áreas seguras” e 15% do território são pequenos fragmentos desprotegidos (RUIZ-MIRANDA *et al.*, 2008).

A distribuição geográfica dos MLD, somado ao baixo número de indivíduos, dificultam o fluxo gênico entre suas populações, diminuindo a variabilidade genética e aumentando os níveis de consanguinidade entre os indivíduos, podendo resultar em doenças e outros problemas que podem afetar a sobrevivência dos pequenos grupos distribuídos entre os fragmentos de habitat (AMLD, 2017).

2.3 Equipamentos Mataki®

A Microsoft Research – área da Microsoft Corporation responsável pelo desenvolvimento de tecnologias aplicadas a ciência – cedeu 20 aparelhos Mataki® para testes a serem desenvolvidos em área tropical fragmentada. Esse equipamento é um sistema de posicionamento global (GPS) aberto, configurável, flexível, com comunicação wireless, leve (9 gramas sem bateria) e com grande potencial para pesquisa em movimentação animal. Além da coleta de posicionamento via GPS, os aparelhos podem coletar dados via rádio e também de acelerômetro, que traz informações referentes a angulação e posicionamento corporal do animal. Além dos equipamentos, foram cedidas também 20 baterias de 1050 mAh, 3,7 V de corrente e 22 g, que também tiveram sua capacidade testada.

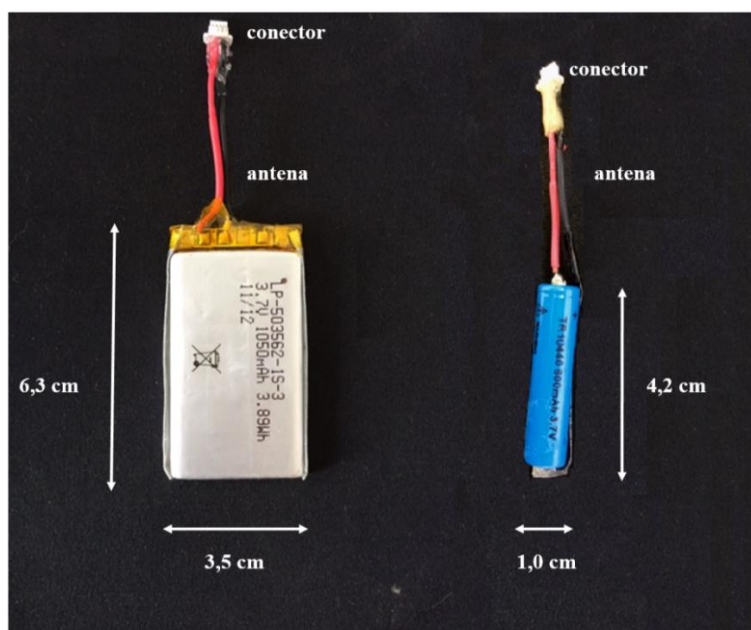
O aparelho possui dimensões de 4,3 x 2,2 cm (comprimento x largura). Por ser uma tecnologia nova, o Mataki® necessita ser testado de forma a verificar sua eficiência de funcionamento, e detectar-se possíveis falhas. Para evitar essas adversidades, este trabalho foi

dividido em duas etapas. A primeira fase foi *pré-campo*, onde alguns testes de efetividade dos equipamentos e das baterias foram realizados em laboratório. Nesta etapa também ocorreram testes de fixação em cativeiro, no Zoológico Municipal de Piracicaba – SP. A efetividade do equipamento foi testada também na *fase de campo*, em três diferentes paisagens, onde, posteriormente, analisou-se a qualidade e a quantidade dos pontos coletados. Os processos estão descritos nos tópicos abaixo.

Por ser este um trabalho predominantemente de testes, optamos por colocar grande parte das imagens em Apêndice, abreviado aqui como AP.

A) Desempenho das baterias – Nessa etapa testamos diferentes programações de coleta a fim de descobrir a durabilidade das baterias. Programamos os equipamentos para coletar dados a cada 15, 30 e 60 minutos. Após encontrarmos diversas falhas nos primeiros testes, iniciamos uma pesquisa juntamente com a empresa Trapa-câmera® em busca de uma nova bateria, mais leve, mais anatômica e com melhor durabilidade. Dezesete dos vinte aparelhos foram mandados para manutenção, e, durante esse período, encontramos uma nova bateria que se mostrou mais adequada para a realização desta pesquisa, apresentando as seguintes características: 600 mAh e 3,7 V de corrente, formato cilíndrico e peso de 9 gramas. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa R®, segundo script disponível no Apêndice 1 (AP1).

Figura 3. Baterias testadas. À esquerda está a bateria de 1050 mAh, fornecida pela Microsoft Research, pesando 22 gramas. À direita está a bateria utilizada neste estudo, de 600 mAh, pesando 9 gramas.



B) Efetividade do equipamento – Os primeiros testes tiveram o intuito de demonstrar a efetividade das funções básicas do equipamento, como ocorrência de coleta de dados, funcionamento dos softwares (*Putty & MatakiconvertLog* – cedidos pela Microsoft Research®) e dos hardwares disponibilizados (placa suporte, transmissores, bases via rádio e cabos auxiliares para carregar baterias), além de testar também a coleta de dados via *wireless*.

As funções testadas foram: **a.** *ID* (alteração da identificação do equipamento), **b.** *abort* (cancelamento da leitura de dados), **c.** *logsize* (leitura da quantidade de dados coletados), **d.** *setgps* (programação de coleta de pontos GPS), **e.** *setacc* (programação de coleta de dados de acelerômetro), **f.** *setradio* (programação de coleta via radiotransmissão), **g.** *time* (alteração na data e hora do equipamento), **h.** *base* (conversão do equipamento em base receptora de dados via wireless), **i.** *reset* (reinicialização do equipamento), **j.** *batt* (leitura da quantidade de bateria disponível), **k.** *forcedl* (download via wireless de um equipamento específico), **l.** *read* (leitura dos dados), **m.** *request* (solicita uma sequência específica de determinado equipamento), e **n.** *f_reset* (formata e reinicia o equipamento), sendo que as funções **a.**, **b.**, **c.**, **d.**, **e.**, **f.**, **g.** e **h.** são respectivas à programação do equipamento.

Para os testes de precisão de coletas realizamos dois grupos de avaliações: *i.* testes estáticos em Rio Claro/SP e Silva Jardim/RJ, e; *ii.* Testes ativos em animais domésticos cujo percurso percorrido foi o mesmo onde tucanos são frequentemente avistados nos entornos do campus da UNESP Rio Claro. Nos testes estáticos medimos a precisão e a quantidade de dados coletados com os dois tipos de baterias e programações em diferentes intervalos de coleta. Nos testes estáticos realizados em Rio Claro, foram testadas as programações para coleta a cada 15, 30 e 60 minutos (Rio Claro), enquanto que nos testes realizados em Silva Jardim/RJ, a programação de coleta foi de 20 minutos (Rebio PDA, mesma periodicidade usada no estudo de movimentação dos micos). Os equipamentos permaneceram cinco dias em campo, posicionados em três diferentes tipos de cobertura vegetal: *i.* mata fechada, *ii.* região de borda e *iii.* área aberta (AP2).

Nos testes em animais domésticos programamos três equipamentos com coleta de dados a cada 5 minutos. Os equipamentos foram fixados à coleira dos indivíduos, que foram guiados pelos pesquisadores (AP3). O trajeto percorrido foi o mesmo onde avistamos diariamente indivíduos de tucanos, nos entornos e dentro do campus da UNESP Rio Claro.

C) Formas de fixação:

Tucanos toco – Até o momento, nenhum estudo de movimentação, de nosso conhecimento, havia sido realizado com *R. Toco*. Portanto, não tínhamos precedentes da melhor maneira de fixar o equipamento nos animais, que são bem maiores que outras espécies do mesmo gênero. Com a finalidade de identificar o melhor método de fixação dos Mataki®, realizamos testes com 5 tucanos, em cativeiro, de maneira a descobrir um método que causasse menor impacto na movimentação e no comportamento da espécie. Os seguintes métodos foram testados:

- i. Fixação do equipamento com fita Tesa ® n. 4651 nas penas dorsais do animal;
- ii. Fixação do equipamento na cintura peitoral do animal, realizado com fita Tesa ® n. 4651;
- iii. Uso da bandagem elástica Co-flex® NL para fixação do equipamento no dorso do animal como um “colete”. A bandagem elástica Co-flex® NL é uma bandagem auto-aderente, não escorregadia, porosa, composta por fibras sintéticas e fios elásticos sem látex que se moldam ao corpo do animal;
- iv. Uso da bandagem elástica Co-flex® NL associada à fita Tesa ® n. 4651 para fixação do equipamento no dorso do animal como um “colete”.

Todos os testes em cativeiro foram realizados sob supervisão da bióloga Paula Cendrowicz de Souza Matias e da médica veterinária Camilla Xavier Mendes Mancini, responsáveis pelo manejo de animais no Zoológico Municipal de Piracicaba.

Mico-leão-dourado – estudos com os MLD ocorrem desde a década de 70 devido à crescente preocupação, à época, a respeito do seu grave risco de extinção. Desde então, a maior parte dos estudos de movimentação se dão por meio de telemetria com o uso de colares (DIETZ; BAKER, 1993; KIERULFF *et al.*, 2002; KUNDU *et al.*, 2013; STOLWIJK, 2013).

O pesquisador Dr. Luca Börger (Swansea University, Reino Unido) desenvolveu em seu estudo com o mico-leão-dourado, caixas emborrachadas que abrigam o aparelho de telemetria, sendo estes fixados como mochilas (Börger L., comunicação pessoal). Baseados nessa ideia desenvolvemos em parceria com a empresa Serendip Tecnologia®, vinte caixas impressas em impressora 3D, para abrigar os equipamentos e estudar a movimentação dos MLD.

O protótipo inicial das caixas possuía uma curvatura na parte dorsal que ficaria em contato com as costas do animal, apresentando uma lateral com furos estratégicos para a amarração da mochila. A espessura de sua parede era de 2 mm e sua massa total (caixa + tampa) de 22 gramas, com dimensões 6,6 x 4,5 x 2,8 cm (comprimento x largura x altura). O segundo protótipo desenvolvido obteve uma redução de 50% em seu peso, apresentando 11 gramas. As dimensões das caixas foram reduzidas para 6,6 x 3,2 x 2,5 cm e 1,5 mm de espessura de parede, resultando em um conjunto com 30 gramas (AP4). As mesmas foram fixadas aos MLD por meio de uma amarração feita com cadarços costurados, iniciando-se por entre as alças da mochila, e terminando na região peitoral do animal (AP5).

D) Fase de campo

Tucanos toco

Para uma maior compreensão da história natural e do comportamento dos tucanos, foram realizadas saídas de campo semanais na Universidade Estadual Paulista do município de Rio Claro/SP. Em campo, buscamos identificar o período que os animais permaneciam em cada área, quais os locais de preferência dos animais e a possível localização de seus ninhos, facilitando, assim, a captura dos mesmos para realização das próximas etapas.

Os esforços de captura foram realizados ao longo de um período de 110 horas durante os meses de março, abril e maio, sempre durante os períodos de maior atividade dos animais (6:00-11:00, 15:00-18:00). As tentativas de captura foram realizadas utilizando três metodologias diferentes: *i.* tarrafas em plataformas cevadas + armadilha fotográfica, *ii.* redes de neblina, e *iii.* Armadilhas *bal-chatri* adaptadas para fruto de palmito juçara (*Euterpes edulis*).

Com o objetivo de atrair os indivíduos e facilitar sua captura, montamos plataformas cevadas (100 x 60 cm) em árvores estratégicas, onde os tucanos frequentemente repousam e/ou se alimentam (*observação pessoal*). Cevamos indivíduos de *Cecropia pachystachya* (embaúba), *Ficus benjamina* (figueira), *Tabebuia chrysotricha* (ipê-amarelo). As cevas que utilizamos estavam posicionadas de 5 a 6 metros do chão e incluíam pedaços de banana, mamão, abacate, caqui e ovos de codorna em ninhos artificiais. A armadilha utilizada foi elaborada através da fixação de uma tarrafa de pesca de 2 metros de diâmetro na copa da figueira e um fio de nylon que quando acionado manualmente, caía em cima da plataforma (AP6a, AP6b).

A rede de neblina utilizada possui 3 centímetros de malha, 6 metros de comprimento e 2,5 metros de altura (AP6c) e foi fixada próxima à indivíduos de *E. edulis* que estavam frutificando. Esse local é frequentemente visitado pelos tucanos, inclusive em momentos com maior presença humana (*observação pessoal*).

As armadilhas *bal-chatri* são “gaiolas” ou armações de metal cobertas por uma camada nós deslizantes de nylon, utilizadas para envolver o local de pouso das aves, que ficam com os pés presos à armadilha (BERGER; MUELLER, 1959). Desenvolvida para capturar aves de rapina, tais armadilhas costumam ser muito eficazes (BERGER; MUELLER, 1959; DE CARVALHO-FILHO *et al.*, 2010). Por ser um fruto altamente consumido pelos tucanos toco (GALETTI *et al.*, 2000), escolhemos indivíduos de *E. edulis* para testar as armadilhas. Estes indivíduos foram escolhidos por serem visitados diariamente por bandos de tucanos. Além disso, essas árvores são espécimes mais baixos, sendo facilmente acessados por meio de uma escada – requisito necessário, uma vez que os indivíduos precisam ser removidos rapidamente sob risco de injúrias graves (BERGER; MUELLER, 1959).

Ao todo, foram construídas cinco armadilhas *bal chatri*, adaptadas em diferentes tamanhos e formas, acompanhando-se o formato dos cachos de *E. edulis*. Os tamanhos variaram de 84-112 cm de largura x 116-150 cm comprimento. O espaçamento das malhas também variou entre 5 e 10 cm e o número de nós por armadilha é de cerca de 250 nós de 12 cm de diâmetro (AP7).

Os procedimentos legais para utilização da fauna silvestre foram aprovados pelo SISBIO (protocolo número 50898-1) e pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UNESP Rio Claro (protocolo número 9484).

Mico-leão-dourado

O campo com os MLD teve duração de cinco dias e foi realizado em junho de 2017. Os MLD foram capturados por armadilhas do tipo Tomahawk, cevadas com uma banana. As armadilhas foram posicionadas a aproximadamente 1,5 m do chão e possuíam um “reforço” no fundo feito com arames e folhas, diminuindo o tamanho da malha para evitar que os micos retirassem a ceva por fora.

O local onde ocorreram os campos é um fragmento de 61 ha de extensão (OLIVEIRA *et al.*, 2008 e CARVALHO *et al.*, 2009), onde existem corredores ecológicos que são usados pelos MLD (COELHO *et al.*, 2008). É também um local onde ocorre sobreposição das áreas de vida de dois grupos, de nomes AF2 e AF3, compostos por 13 e 4 indivíduos, respectivamente (Andreia Martins, comunicação pessoal). Dois indivíduos foram selecionados para receberem

as mochilas, sendo um representante de cada grupo. Para encontrar os grupos de MLD e facilitar a recaptura dos equipamentos, os indivíduos selecionados já possuíam um rádio colar.

O indivíduo do grupo AF2 removeu seu equipamento no primeiro dia de campo, sendo que o mesmo não foi encontrado. Sendo assim, esse indivíduo foi recapturado e equipado com uma nova mochila, mas com um equipamento diferente (Daily Diary – DD, em desenvolvimento pelo Dr. Luca Borger, Swansea University), cujos dados serão utilizados na dissertação de mestrado de Kauã Duarte. Os dois indivíduos permaneceram com os equipamentos acoplados por quatro dias cada um, até a remoção do mesmo pelos pesquisadores envolvidos.

Os indivíduos foram anestesiados para que pudesse ser feita a amarração da mochila. O anestésico utilizado no procedimento foi Cetamin®. Os procedimentos legais para essa etapa do trabalho foram realizados sob a licença SISBIO nº 17409.

E) Análises estatísticas

Para as análises convertimos os pontos coletados no sistema métrico UTM (Universal Transversal de Mercator), que permite cálculos espaciais métricos. As análises de precisão e efetividade do equipamento foram realizadas quantitativamente e calculando a distância estimada das localizações coletadas em relação à verdadeira localização do equipamento. Para maior compreensão, dividimos os erros encontrados em duas categorias: 50% e 95% dos erros mais próximos à localização real.

Para compreender os padrões de movimentação usamos o pacote ‘adehabitLT’, que permite estudar o uso do espaço e a seleção de hábitat por determinada espécie através da análise das trajetórias (CALENGE, 2006; 2015). Através do cálculo das trajetórias dos indivíduos, ou seja, do caminho percorrido quando um indivíduo se move (CALENGE, 2015), obtivemos diversas métricas de movimentação.

As análises foram realizadas com os dados obtidos pelos testes estáticos, pelos MLD e pelos cachorros domésticos, pois não foi possível realizar a captura dos tucanos. Os dados dos cães são fortemente enviesados pela orientação dos pesquisadores. No entanto, nossa intenção, nesse caso, foi o aprendizado de análises básicas com dados ativos de movimentação, e não avaliar a movimentação da espécie. Os scripts das análises estatísticas utilizadas estão disponíveis em Apêndice nº 1 (AP1).

3 RESULTADOS

A. Funcionalidade das baterias

Recarga

Durante os primeiros testes estáticos realizados identificamos problemas no recarregamento das baterias. Após a troca de fiação das mesmas o problema foi temporariamente resolvido, mas em poucas semanas as baterias voltaram a apresentar mau funcionamento, exigindo constantes ajustes ao conector. Sendo assim, optamos pela compra de novas baterias que apresentaram melhor desempenho.

Peso

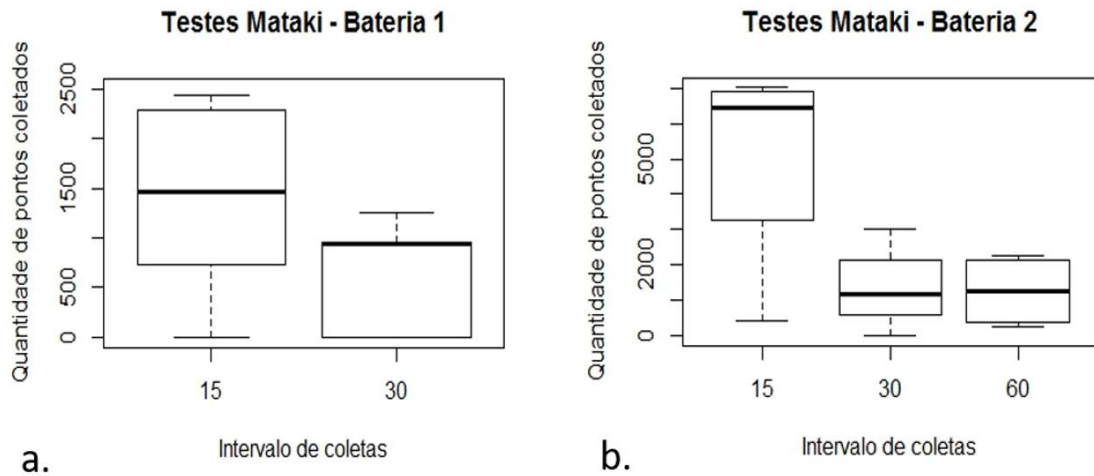
O peso inicial do conjunto testado nos tucanos (equipamento + 1ª bateria + tubo termorretrátil para proteção do equipamento), totalizou 33 gramas. Após a troca de baterias, houve uma redução no peso final do conjunto, totalizando 20 gramas. Para os MLD foram usadas já as novas baterias de 600 mAh, com conjunto final (equipamento + mochila + bateria) pesando 31 gramas.

Duração

Primeiras Baterias (1050 mAh): A duração média das primeiras baterias testadas foi de 3 dias, independente da programação de coleta de dados. A quantidade de pontos coletados variou de 0 a 2438 pontos, com uma média de 1006 coletas para a programação de 15 minutos e; de 0 a 1250 pontos, com uma média de 629 coletas para a programação de 30 minutos (Figura 4a).

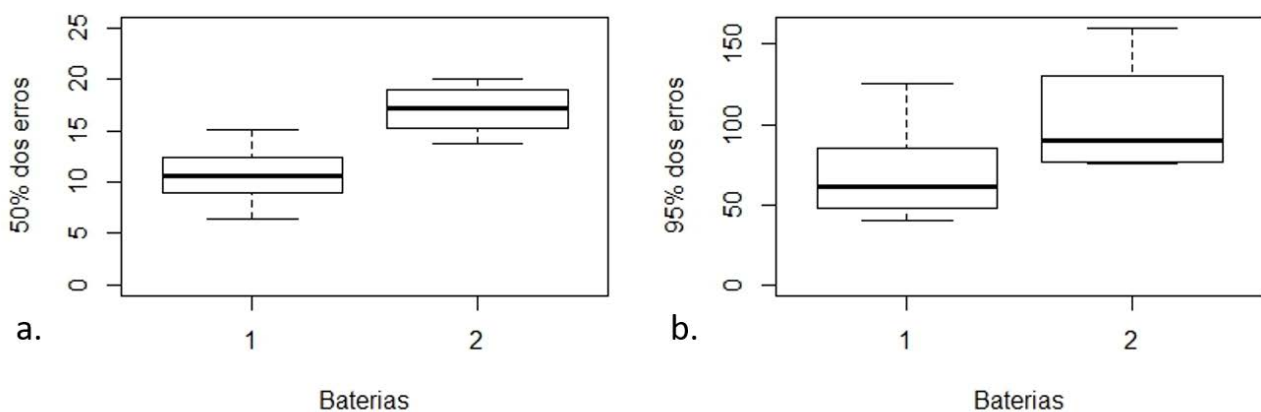
Novas baterias (600 mAh): para as segundas baterias testadas, a duração média foi de 5 dias, apresentando melhor resultado em relação à sua durabilidade. A quantidade de pontos coletados variou de 425 a 7024 pontos, com uma média de 5082 coletas para a programação de 15 minutos; e de 0 a 3027 pontos, com uma média de 1349 coletas para a programação de 30 minutos (Figura 4b).

Figura 4. Quantidade de pontos coletados nos primeiros testes estáticos com as (a) baterias de 1050 mAh; e (b) baterias de 600 mAh.



Comparativamente, a precisão de coleta de dados variou entre as duas baterias. A variação dos 50% dos erros mais próximos foi de em média, 10,7 metros para as primeiras baterias, e de 17 metros para as segundas baterias. Comparando-se com 95% dos erros mais próximos essa variação fica ainda mais evidente, com a bateria 2 coletando pontos com erro médio de 103 metros em relação à bateria 1, cuja média dos erros de coleta é de 67 metros.

Figura 5. Distribuição de (a.) 50% e; (b.) 95% dos erros de coleta mais próximos em relação à localização real do equipamento (metros). Os valores no eixo x 1 e 2, representam a primeira e segunda bateria testadas, respectivamente.



B) Efetividade dos Equipamentos

Funcionamento

Primeiramente, verificamos a viabilidade do equipamento em coletar pontos GPS e converte-los em formatos que possam ser lidas por softwares de análises espaciais e estatísticas. Os testes de coleta de dados foram programados através da função **d.** (*setgps*), não ativando a coleta de dados via **e.** (acelerômetro). Ao testar a ativação desta última, notamos que, em nenhuma das tentativas foram registrados pontos GPS. Este resultado demonstrou que quando ambos (*setgps* e *setacc*) são programados ao mesmo tempo, não há coleta de dados GPS.

Em relação à função **g.** (*time*), houve alguns desajustes na maioria das vezes em que a função era programada, como, a desconfiguração total da programação do horário, ou a leitura dos dados adiantada em 3 horas. Enquanto alguns dos pontos coletados apresentavam desconfiguração da data e hora originais, outros foram coletados corretamente.

A função **j.** (*batt*) apresentou problemas ao apresentar a voltagem correta da bateria, indicando sempre uma carga de 0,00 volts, independente da carga. A leitura correta da bateria só foi possível usando-se a função **i.** *reset*, ou no formato de tabelas após conversão dos dados.

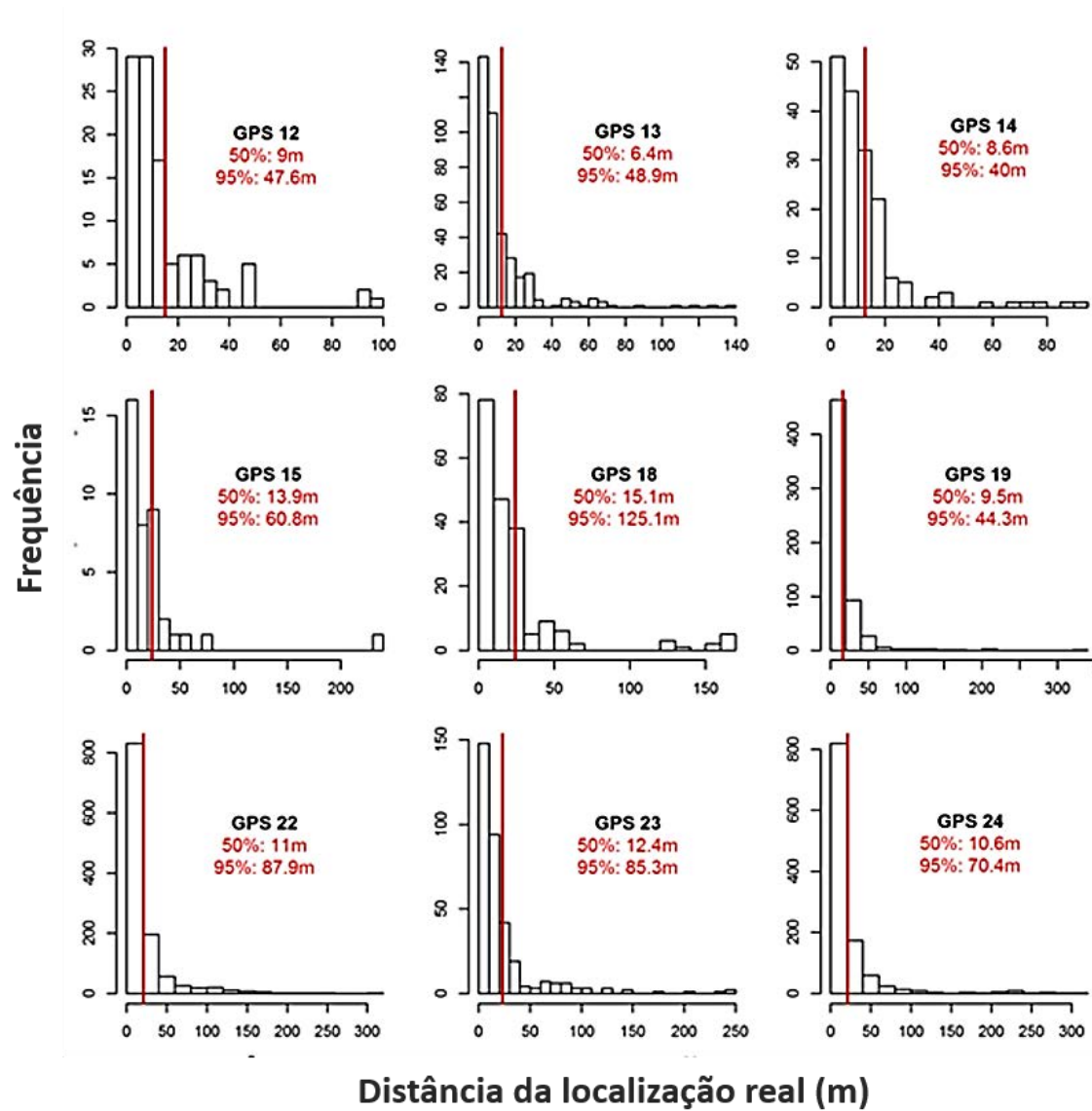
A função **k.** (*forcedl*) permitiu o download dos dados via wireless nos testes estáticos em Rio Claro, com o transmissor à 20 m de distância da base. O mesmo procedimento foi executado na Rebio PDA, porém os dados não foram baixados à distância.

A função **i.** (*read*) funcionou adequadamente na maioria dos testes, porém apresentou falhas esporádicas, como na leitura do equipamento M17 localizado na Rebio PDA.

Precisão dos dados coletados

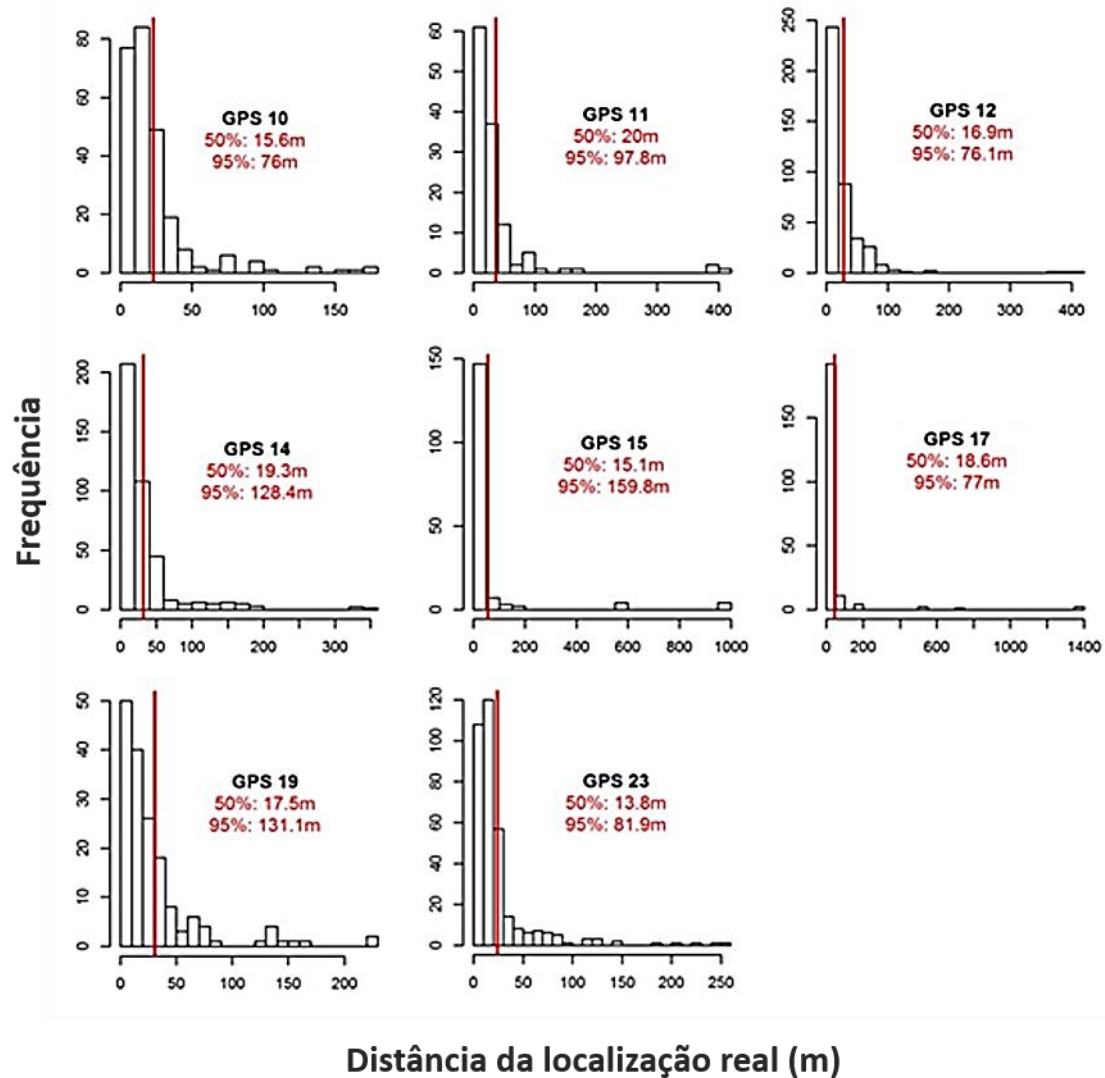
A maioria dos dados coletados se apresentaram próximos à localização original do equipamento, com alguns pontos *outliers* que apresentaram distâncias maiores. Considerando-se todos os equipamentos nos primeiros testes, o erro médio de coleta é aproximadamente 10,7 metros, se considerados 50% dos pontos. Ao se considerar 95% dos dados esse erro médio aumenta para 67,8 metros (Figura 6). Os mapas dos pontos coletados nos testes estáticos em Rio Claro estão disponíveis no Apêndice (AP8 e AP9).

Figura 6. Distâncias entre a localização real do equipamento e os pontos coletados nos primeiros testes. A linha vermelha indica a média das distâncias em relação a localização verdadeira. Em vermelho são indicados os valores médios das 50% e 95% menores distâncias.



Os testes estáticos realizados com as baterias novas, indicaram uma média das localizações das distâncias reais é de 17,1 metros e de 103,5 metros para 50% e 95% das menores distâncias, respectivamente (Figura 7). Os pontos coletados podem ser observados espacialmente no Apêndice nº 9 (AP9).

Figura 7. Distâncias entre a localização real do equipamento e os pontos coletados nos segundos testes de bateria. A linha vermelha indica a média das distâncias em relação a localização verdadeira. Em vermelho são indicados os valores médios das 50% e 95% menores distâncias.

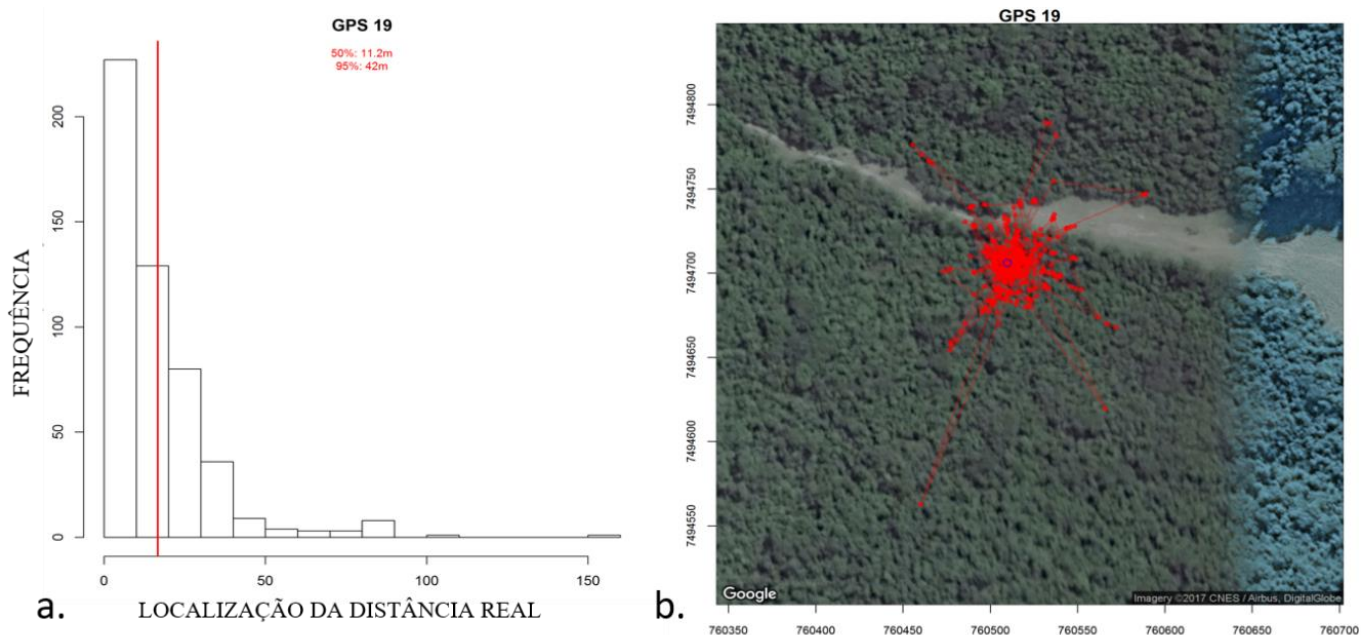


Levando em conta o conjunto peso, quantidade de pontos coletados e precisão, optamos por utilizar em campo as baterias novas. Consideramos que os maiores erros das distâncias não eram grandes o suficiente em comparação com as vantagens que a mesma ofereceu.

Testes estáticos na região da Rebio Poço das Antas

Para os testes estáticos no Rio de Janeiro, foram escolhidos locais representando três tipos distintos de ambientes: borda, interior do fragmento e área aberta. No entanto, apenas o equipamento de borda (M19) coletou dados aproveitáveis (1742 pontos). O equipamento da área aberta coletou pontos, mas os mesmos não foram convertidos pelos softwares, e o de interior do fragmento não coletou pontos. Na Figura 8 é possível observar que os 50% pontos mais próximos coletados foram de no máximo 11,2 m da localização real do equipamento, enquanto que, considerando-se 95% dos dados, o erro na precisão aumenta para 42 metros. Os demais dados foram considerados *outliers*.

Figura 8. Em **a.** Distâncias entre a localização real do equipamento e os pontos coletados. A linha vermelha indica a média das distâncias em relação a localização verdadeira. Em vermelho são indicados os valores médios das 50% (11,2 m) e 95% (42 m) menores distâncias. Em **b.** pontos coletados nos testes estáticos na Rebio PDA na região de borda. Em vermelho estão os pontos coletados e o ponto rosa indica a localização real dos equipamentos.



Testes de efetividade em animais domésticos

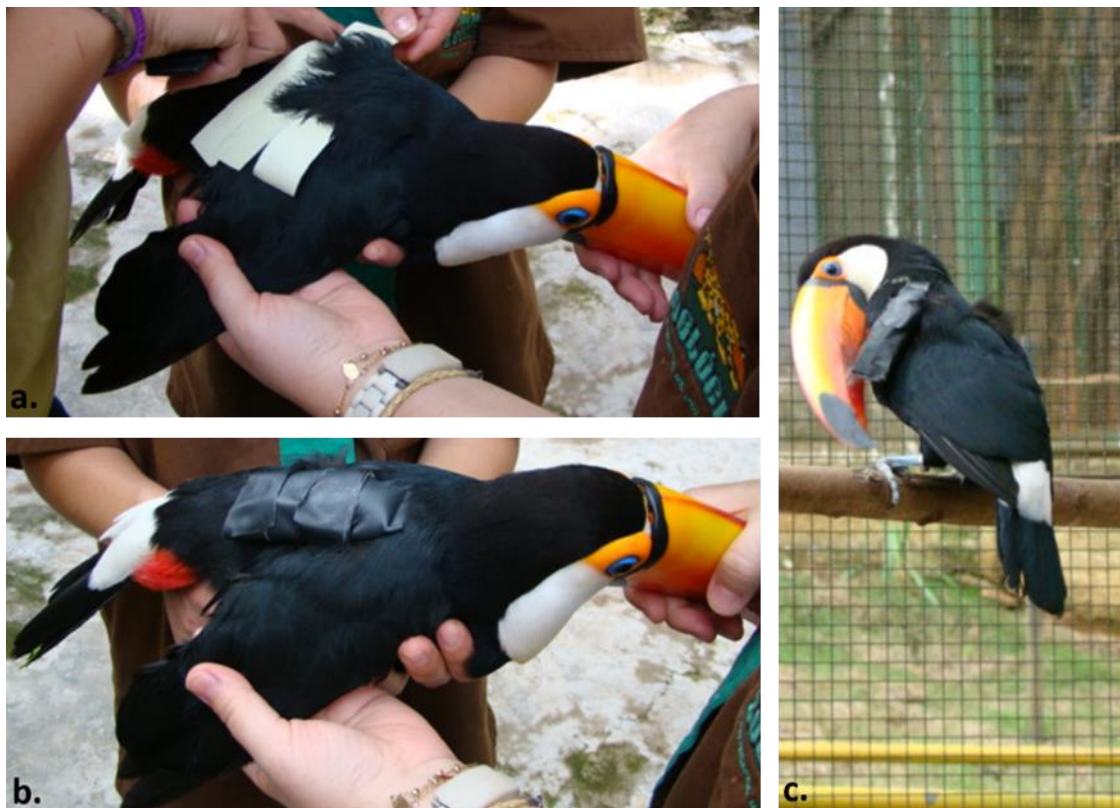
Os testes de coleta de dados em animais domésticos registraram apenas alguns dos pontos. O equipamento M18 foi o que registrou dados mais próximos do percurso real percorrido (AP10). O equipamento M16 coletou apenas dados do local onde ocorreu a fixação dos equipamentos nos animais. O equipamento M17 coletou dados, porém os mesmos não foram convertidos em tabelas pelos softwares por algum problema de software do mesmo.

C) Formas de fixação

Tucanos

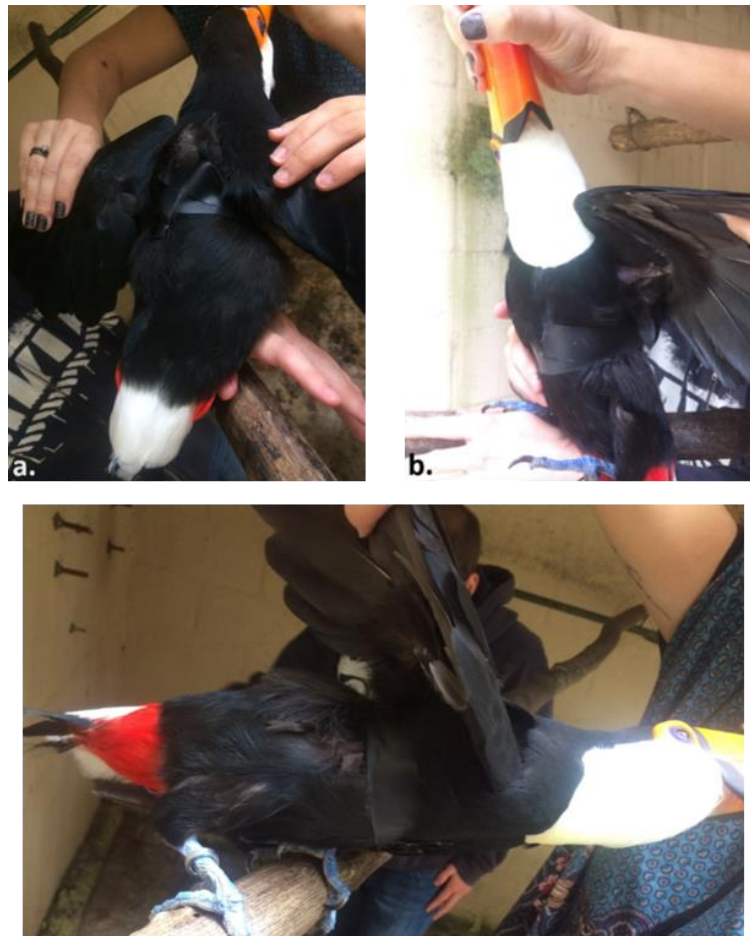
i. Fixação do equipamento com fita Tesa® n. 4651 nas penas dorsais do animal: os testes foram realizados com os dois tipos de baterias e os resultados obtidos não foram satisfatórios, uma vez que os equipamentos permaneceram fixados por poucos minutos pois os mesmos cederam e caíram ao chão (Figura 9).

Figura 9. Método de fixação do equipamento GPS com fita Tesa® n. 4651 nas penas dorsais do animal. Em **a.** temos a vista dorsal do aparelho sendo acoplado ao animal; em **b.** temos a vista aparelho fixado; em **c.** pode-se ver o tucano tentando retirar o equipamento.



ii. *Fixação do equipamento na cintura peitoral do animal com fita Tesa® n. 4651 na - testes com a nova bateria (600 mAh):* este método mostrou-se mais eficaz que o anterior em termos de tempo de fixação. Porém, ao se retirar o equipamento, algumas penas tiveram de ser cortadas, o que provocou estresse no animal. Seu vôo não apresentou grandes variações assim como seu comportamento (Figura 10).

Figura 10. Método de fixação do equipamento GPS na cintura peitoral do animal, realizado com fita Tesa®. Em **a.** temos a vista dorsal do aparelho acoplado ao animal; em **b.** temos a vista da frontal do método de fixação; em **c.** temos a vista lateral do tucano com o equipamento.



iii. *Uso da bandagem elástica Co-flex® NL para fixação do equipamento no dorso do animal como um “colete”:* o resultado desse teste se mostrou mais positivo em relação aos anteriores, com o GPS permanecendo fixado por 1 dia. O equipamento apresentava marcas de bicadas, o que pode ser sinal de uma possível ajuda dos companheiros de cativeiro para a retirada do equipamento.

iv. Uso da bandagem elástica Co-flex® NL associada à fita Tesa ® n. 4651 - Esse método apresentou ótimos resultados: 20 dias de fixação, incluindo um período de chuva intensa. Equipamento foi retirado pela bióloga do Zoológico para evitar maior estresse no animal (Figura 11).

Figura 11. Método de fixação por colete de bandagem ortopédica com conjunto (GPS + bateria) pesando 18,5 gramas. Em **a.** temos a visão do transmissor acoplado no dorso do animal. Em **b.** temos a visão a visão frontal do equipamento fixado. Em **c.** temos o indivíduo em fase de adaptação ao equipamento.



O resumo dos resultados do tempo de duração por método está disponível na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados parciais dos testes de fixação dos conjuntos GPS + bateria em 5 indivíduos de tucano toco no Zoológico Municipal de Piracicaba - SP.

Testes de fixação dos equipamentos			
Teste	Método	Duração	Peso (gramas)
i.	Penas dorsais	3 – 30 min	17 / 30
ii.	Fita Tesa	120 min	17
iii.	Colete	1 440 min	17
iv.	Colete + fita	28 800 min	17

Mico-Leão-Dourado

Devido à recente epidemia de febre amarela, testes prévios em cativeiro com os MLD não foram autorizados. Portanto, o protótipo escolhido foi testado exclusivamente em campo, apresentando-se eficaz em relação à resistência da caixa. Das três tentativas de fixação de mochilas, duas apresentaram resultados positivos, permanecendo fixadas durante quatro dias.

D) Fases de Campo

Tentativas de Captura – Tucano toco

Plataformas cevadas - Os tucanos se mostraram curiosos, mas bastante relutantes em relação às cevas. A armadilha fotográfica registrou mais de 300 fotos dentre as 9 espécies que frequentaram as plataformas (AP11), porém nenhum tucano toco foi registrado pela armadilha fotográfica ou nas observações visuais. Desta forma, não foi viável testar a eficácia da arapuca com tarrafa de pesca.

Redes de neblina – Neste método, capturamos apenas indivíduos de outras espécies, como *Mimus saturninus* e *Columbina passerina*. Os tucanos não se aproximaram da rede pois notaram sua presença (*observação pessoal*).

Armadilhas Bal-chatri - A primeira armadilha do tipo *bal chatri* testada (com espaçamentos maiores, variando entre 116x150 cm) não capturou ou afetou os tucanos ou outras espécies menores que pousaram na mesma, como joão-de-barro (*Furnarius rufus*), bem-te-vi (*Pitangus sulfuratus*), neinei (*Megarynchus pitangua*), sabiá-do-campo (*Mimus saturninus*) e sabiá-barranco (*Turdus leucomelas*). Após mudanças feitas nos protótipos iniciais, reduzindo-se os espaçamentos para uma variação entre 84x112 cm e aumentando-se o número de nós (de 250 a 300/armadilha), um indivíduo de sabiá-barranco (*Turdus leucomelas*) ficou preso na armadilha, assim como um tucano toco, que conseguiu escapar antes de sua remoção.

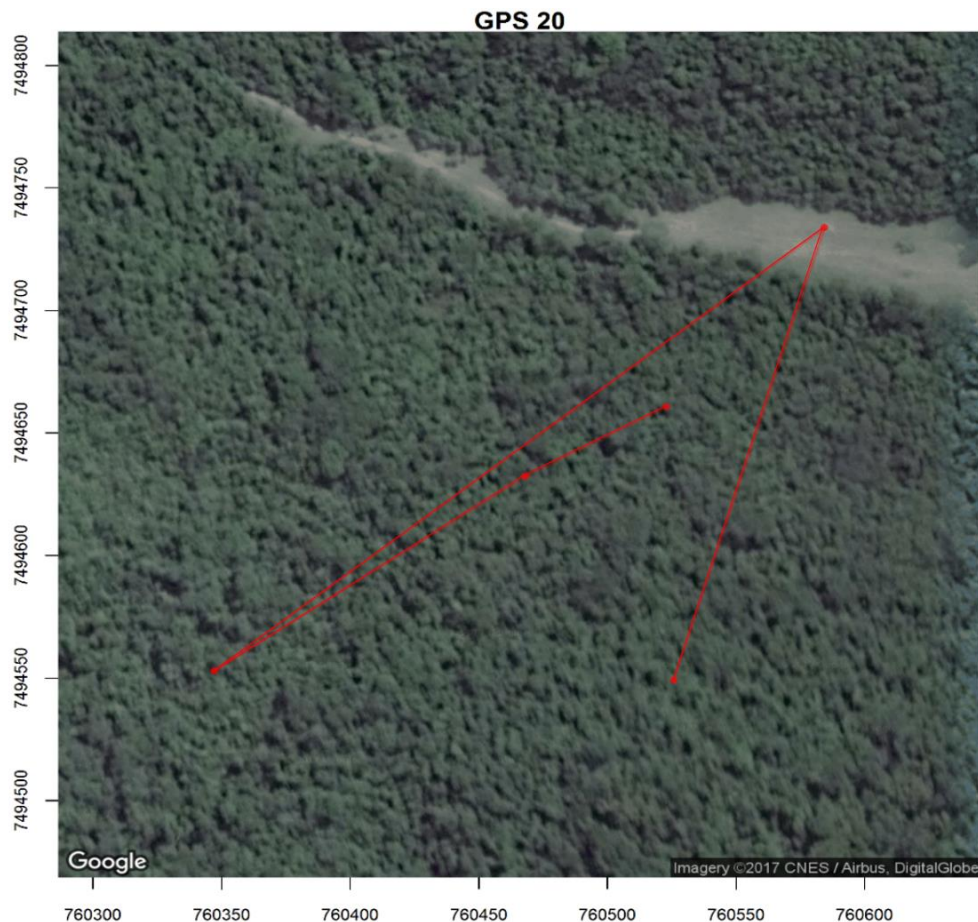
Captura dos MLD

A captura dos indivíduos de MLD foi simples e realizada com facilidade devido à experiência da equipe envolvida, assim como a mansidão da espécie. Durante os cinco dias de campo, capturamos, ao todo, 17 indivíduos, sendo a mochila colocada em apenas dois.

E) Análises

Os testes com os MLD apresentaram resultados bastante insatisfatórios. Como um equipamento foi perdido, apenas conseguimos recuperar o banco de dados do segundo Matakí®. No entanto, esse equipamento coletou apenas cinco pontos (Figura 9). Além disso, dois desses pontos tiveram seu horário desconfigurado por razões desconhecidas. As análises de movimentação não fazem sentido nesse caso, pois além da baixíssima quantidade de dados, esses pontos foram coletados no dia da soltura do indivíduo, o que pode afetar completamente sua movimentação e comportamento.

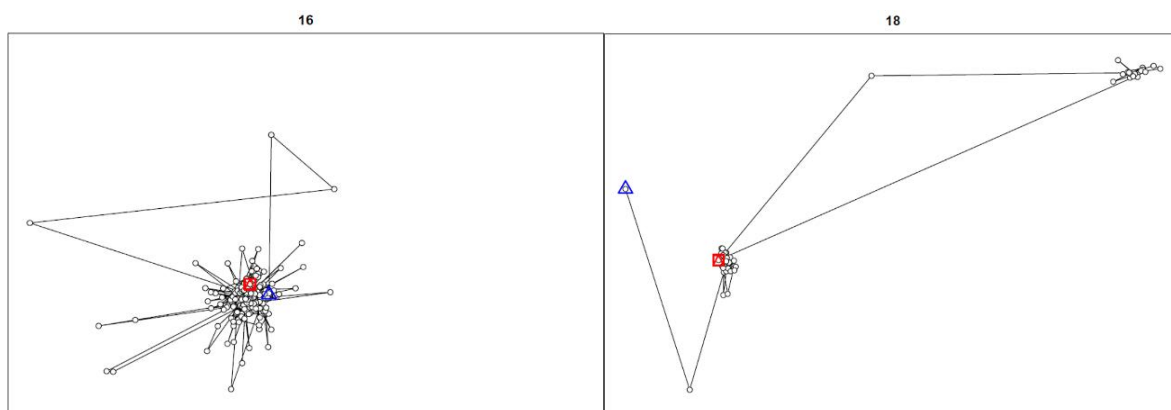
Figura 12. Cinco localizações de MLD registradas pelo equipamento na área de estudo. Os pontos vermelhos representam as localizações, e as linhas vermelhas indicam a trajetória seguida pelo indivíduo.



Aqui não apresentaremos os dados relativos ao equipamento Daily Dairy, uma vez que o teste desse equipamento não é o objetivo deste estudo e os mesmos estão sendo utilizados em outro estudo (Mestrado de Kauã Duarte, UNESP Rio Claro).

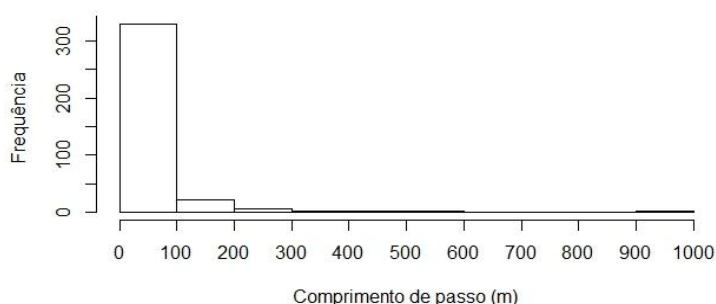
Os testes em animais domésticos são fortemente enviesados pelos pesquisadores, uma vez que os animais foram guiados na área de uso pelos tucanos com o objetivo principal de teste de efetividade em diferentes áreas. No entanto, devido à ausência de dados de tucanos ou MLD, optamos por analisar a trajetória e comprimento de passos para os cachorros domésticos. As trajetórias dos indivíduos são apresentadas na Figura 13.

Figura 13. Trajetórias dos pontos coletados para os equipamentos M16 e M18. O primeiro coletou pontos apenas no ponto inicial do experimento e apresenta alguns *outliers*. O segundo coletou diversos pontos ao longo da trajetória. O triângulo azul e o quadrado vermelho indicam o primeiro e último pontos de coleta, respectivamente.



Devido à ausência de uma trajetória real para o equipamento M16, os cálculos de comprimento de passo foram realizados apenas para o equipamento M18. Foram coletados 54 pontos. As análises indicaram uma frequência de ocorrência de comprimento de passo de até 100 metros de distância em 90,7% dos pontos. A distribuição dos passos variou de 0,75 a 924,5 metros (Figura 14).

Figura 14. Distribuição dos comprimentos de passo para o equipamento M18 utilizado por cachorro doméstico em Rio Claro/SP.



4 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Pesquisas em ecologia do movimento são frequentemente limitadas por aspectos como peso, eficácia e ajustes anatômicos dos equipamentos de telemetria relacionados à espécie a ser estudada. Cagnacci *et al.* (2010) e Kays *et al.* (2015) mostraram em suas revisões sobre o assunto os avanços desses estudos nas últimas décadas, apresentando aspectos ligados ao desenvolvimento de novas tecnologias. O equipamento de telemetria testado neste trabalho (Mataki®) apresentou diversos pontos positivos e negativos que serão discutidos abaixo.

Testes de baterias

Além das dificuldades já mencionadas a respeito das baterias (peso e formato), outro fator se mostra determinante em pesquisas de movimentação: sua durabilidade (KENWARD, 2000; CAGNACCI *et al.*, 2010; BORGARD *et al.*, 2010). Quanto maior for a frequência de emissão do sinal, maior será sua potência, porém, a durabilidade da bateria será reduzida (CÂNDIA-GALLARDO *et al.*, 2010).

De maneira geral, baterias maiores são mais pesadas, possuem maior vida útil e proporcionam uma alimentação que melhora a coleta de dados pelos transmissores (CACCAMISE; HEDIN, 1985; RISC, 1998). Nossos resultados mostraram que, a segunda bateria testada apresentou uma durabilidade maior, e, conseqüentemente, uma maior coleta de pontos, fator que pode explicar a maior imprecisão de seus dados. Apesar de certa influência negativa na precisão dos dados, a bateria de 9 gramas e 600 mAh apresentou o melhor *trade-off* entre peso, durabilidade e formato, se mostrando adequada ao objetivo desse estudo.

Efetividade do Equipamento

A movimentação animal é fundamental para e determinar a interação entre o ambiente externo e as necessidades internas de cada indivíduo (NATHAN *et al.*, 2008), sendo de suma importância obter informações precisas e apropriadas sobre o meio ambiente em estudo (BÖRGER, 2016). A tecnologia GPS oferece oportunidade de estudar as espécies à distância, sem a necessidade de um observador, provocando a mínima interferência no comportamento da espécie estudada (RISC, 1998; KENWARD, 2000; BERNARDO, 2010; CÂNDIA-GALLARDO *et al.* 2010).

O equipamento de telemetria testado neste estudo tem potencial para estudos em movimentação, porém, por ser um equipamento ainda em desenvolvimento, o Mataki® apresentou diversos problemas em seu funcionamento, desde funções básicas de seus próprios

software e hardwares até a baixa precisão de dados coletados. O mau funcionamento de equipamentos de telemetria pode se dar por inúmeras razões, tais como as características do local de coleta - áreas abertas ou fechadas, fatores climáticos (ZUCCO, 2007; CANGACCI *et al.*, 2010), imprecisões e erros na coleta de dados (KENWARD, 2000; CALENGE, 2015), a vida útil das baterias (RISC, 1998, KENWARD, 2000, HEBBLEWHITE; HAYDON, 2010; CAGNACCI *et al.*, 2010) além de problemas de mau contato.

O equipamento Matakí® foi desenvolvido para ser uma nova tecnologia de rastreamento animal via GPS, totalmente reconfigurável e apresentando um diferencial: sua função via *wireless*, que executa o *download* dos dados à distância. Ao ser testada em ambiente em meio urbano, com ausência de cobertura vegetal, o equipamento realizou a coleta de dados via *wireless*. Porém, ao testarmos essa função em campo, não foi possível executar o *download* dos dados, fator que influenciou na não localização do equipamento perdido no campo com os MLD.

Uma das maiores limitações atuais dos equipamentos GPS é a coleta precisa dos dados (HEBBLEWHITE; HAYDON, 2010; FRAIR *et al.*, 2010) principalmente em regiões de mata fechada (MECH; BARBER, 2002; CAGNACCI *et al.*, 2010, FRAIR *et al.*, 2010), fator que acreditamos ter interferido também na função *wireless* em campo. A vegetação predominante da Rebio PDA é composta por uma floresta ombrófila de vegetação secundária muito bem conservada por ser Área de Proteção Ambiental (CARVALHO *et al.*, 2009; DAN *et al.*, 2010). Segundo Frair *et al.* (2010), a densidade do dossel somado à complexidade do terreno pode resultar em erros de coleta de até 17 metros, diminuindo em até 80% a captação e a precisão dos dados coletados. Acreditamos que a densidade da vegetação possa ter influenciado no baixo número de dados coletados em campo, uma vez que, nos testes estáticos realizados em Rio Claro e nos testes com os animais domésticos, onde não havia predominância de vegetação, a coleta de dados ocorreu normalmente.

De maneira geral, a precisão de coleta apresentada nos testes de efetividade indicou baixa variação nos erros, com média de 17 metros, considerando-se 50% dos erros, e de 103,5 metros ao se considerar 95% dos erros. Portanto, se o objetivo do estudo necessita de medidas de fina escala, como por exemplo, uso de *stepping stones* (BOSCOLO *et al.*, 2008) ou identificação de ninhos (POWELL *et al.*, 2005) este equipamento pode não ser o mais indicado. No entanto, segundo Frair *et al.* (2010) e Borger (2016), o desenvolvimento de novas ferramentas em estudos de movimentação referentes não só a melhorias relacionadas aos equipamentos, mas também aos novos softwares e modelos matemáticos, são fatores que

propiciam uma melhor qualidade na correlação entre os fatores biológicos, paisagísticos e estatísticos.

A inferência estatística adequada requer atenção para que essa correlação seja apropriada entre as localizações reais, as localizações tendenciosas (enviesadas pela imprecisão de coleta de dados) e a percepção ecológica da espécie a ser estudada (FRAIR *et al.*, 2010). As novas ferramentas estatísticas de estudos em ecologia do movimento são capazes de diminuir a probabilidade de erros e garantir uma melhor qualidade da obtenção de dados GPS, através da utilização de modelos matemáticos que amenizam a imprecisão na leitura dos dados coletados (BÖRGER, 2016). Frair *et al.* (2010) apresenta em seu estudo que na rádio-telemetria a precisão dos pontos pode variar entre 200-600 metros em comparação a uma média de 100 metros ou menos para dados coletados via GPS.

Concluimos, portanto, que, apesar de alguns problemas nas funções do equipamento Matakí® e do não funcionamento de sua função *wireless* em campo, as imprecisões de coleta não apresentaram grande variação. Se realizados os devidos ajustes de precisão, a maioria dos estudos de movimentação e migração, assim como de uso do espaço, poderiam obter resultados satisfatórios.

Métodos de fixação

Tucanos toco

Segundo o Resources Information Standards Committee (RISC, 1998) e Kenward (2000), é necessário que alguns protocolos gerais sejam seguidos para se reduzir os efeitos do acoplamento dos aparelhos de telemetria nos animais. Para tal, algumas ponderações são essenciais, como, por exemplo, testar diferentes métodos de fixação em cativeiro antes do período de campo; avaliar o tempo médio e os possíveis riscos de efeitos adversos no manuseio do animal durante o processo de acoplamento e; verificar se há ou não necessidade de sedação do animal (CANDIA-GALLARDO *et al.*, 2010).

No início dos testes, os resultados que obtivemos foram insatisfatórios, pois o peso do conjunto excedia o valor dos 5% do peso do animal permitidos (CANDIA-GALLARDO *et al.*, 2010, KENWARD, 2000). Acreditamos que dias chuvosos também tenha interferido no período de fixação dos equipamentos, pois a fita Tesa® n. 4651 possui alta sensibilidade à umidade (Dell'omo, G., comunicação pessoal). Para a maioria das espécies consideradas de grande porte (>200 g), os efeitos de carregar transmissores podem ser reduzidos ajustando-se o conjunto de maneira proporcional ao corpo do animal em estudo (CACCAMISE; HEDIN,

1985). Baseados nesta informação, realizamos a troca das baterias, diminuindo o peso do conjunto em 13 gramas, além de tornar o ajuste mais anatômico para a espécie.

O método de fixação por coleite se mostrou eficaz em cativeiro, onde a movimentação dos animais é restringida. Os tucanos são animais muito ativos e podem chegar a voar distâncias maiores que 1 km (GALETTI *et al.*, 2000; MARUCCI, S.S., *observação pessoal*). Apesar de sua capacidade de locomoção ser limitada em cativeiro, acreditamos que esta técnica poderia ser eficaz em campo. O equipamento ficou vinte dias fixado ao animal sem afetar em seu comportamento, voo e interação com outros indivíduos, além deste não ter apresentado nenhum dano físico, como perda de penas ou alergias, após a remoção do coleite (De Souza, P. C – *bióloga do Zoológico de Piracicaba*, contato pessoal).

Este estudo mostrou a importância dos testes antes do período de campo com espécies animais (BERNARDO, 2010). Todos os testes realizados permitiram o desenvolvimento de técnicas que buscaram se adequar aos animais em estudo, assim permitiram-nos responder algumas das perguntas propostas.

Mico Leão Dourado

Os fatores peso e forma também influenciam em estudos de movimentação de primatas (KENWARD, 200). Para facilitar a recaptura do equipamento, foi-nos sugerido fixar a mochila naqueles indivíduos que já possuíam um rádio collar. Apesar do sobrepeso do equipamento de rádio telemetria somado ao peso do GPS, os espécimes permaneceram apenas quatro dias com as mochilas e nenhum dano físico (ou social) foi causado nos indivíduos e bandos.

No entanto, outros aspectos relacionados ao bem-estar do animal são fundamentais. Bernardo (2010) *apud* Dunstan (1977) aponta que já houve registros de injúrias que provocaram a mortalidade de indivíduos, como animais e equipamento presos à vegetação. Pelo hábito dos MLD de dormirem em ocos (KIERULFF, 2000; DE OLIVEIRA *et al.*, 2008), concluímos que as dimensões das mochilas desenvolvidas não foram as mais adequadas ao estudo. Porém, se houverem reduções, os protótipos de mochila 3D podem ser tornar eficazes em estudos de movimentação não só de MLD como de outros pequenos primatas, como *Callithrix penicillata*, cujos estudos de movimentação já são realizados por meio de mochilas há alguns anos (DE ELVIRA; ABBOTT, 1986; BLACK, 1995).

As mochilas recuperadas se apresentaram quase intactas, contendo apenas alguns arranhões, ainda que o tempo de campo tenha sido curto. Mesmo com o baixo *n* amostral, acreditamos que mais estudos devem ser realizados com os protótipos desenvolvidos. O baixo

custo e tempo de fabricação das caixas, a liberdade na escolha do design, além do material usado na impressão, que é leve e biodegradável, são fatores que se mostram positivos para o método. Fatores como descrição do equipamento também relevantes para evitar a predação do animal (KENWARD, 2000; MECH; BARBER, 2002; BERNARDO, 2010) e também foram pensados na elaboração das mochilas, optando-se pela coloração verde que não provocou muito contraste na pelagem do animal e os mantiveram “camuflados” em meio à vegetação.

Avaliações de campo

Tucano toco

Atribuíamos à ineficiência das plataformas cevadas ao período de frutificação de outras árvores na região, como palmito juçara (*E. edulis*), abacate (*Persea americana*), embaúba (*Cecropia* sp) entre outras espécies das quais os tucanos se alimentam (GALETTI *et al*, 2000). Com tamanha disponibilidade de recursos, os tucanos não se sentiram atraídos pelas cevas, não tendo sendo possível, portanto, testar a arapuca desenvolvida com tarrafa de pesca.

Acreditamos que as redes de neblina não obtiveram sucesso possivelmente pela alta percepção visual da armadilha pelo tucano. Estudos realizados com outras espécies de tucanos em áreas florestais costumam utilizar esse método em seus caminhos de voo (GRAHAM 2001a) ou em dosséis próximos a áreas de frutos (HOLBROOK, 2011, KAYS *et al*, 2011). Em mata fechada, a captura por meio de redes de neblina se torna mais eficaz, uma vez que a rede fica mais imperceptível visualmente, porém, área de uso do tucano toco na região em estudo é composta principalmente de áreas abertas e fragmentadas.

A adaptação do método *bal-chatri* aqui testado foi o único método com alguma captura da espécie alvo. Por ser leve e discreta e quase não tendo sido notada pelos tucanos, acreditamos que, com os devidos ajustes, sua captura, e, possivelmente de outros indivíduos que visitem os frutos de *Euterpe edulis*, seja uma alternativa viável.

Movimentação

O acompanhamento da movimentação dos tucanos-toco não foi possível por não termos obtido sucesso em sua captura, enquanto que, os dados coletados em campo com os MLD foram insuficientes para se realizarem análises. Porém, obtivemos alguns dados com os cachorros domésticos. Essas análises permitiram verificar que o equipamento possui capacidade para coleta de dados de movimentação animal, especialmente em áreas abertas ou com pouca presença de vegetação.

O mau funcionamento de equipamentos com tecnologia GPS é um problema bastante comum em estudos com movimentação animal, como já discorrido ao longo deste trabalho (RISC, 1998; KENWARD, 2000; MECH; BARBER, 2002; ZUCCO, 2007; CAGNACCI *et al.*, 2010; CANDIA-GALLARDO *et al.*, 2010; FRAIR *et al.*, 2010; HEBBLEWHITE; HAYDON, 2010). Diversos estudos que estão sendo realizados no Laboratório de Ecologia Espacial e Conservação apresentaram falhas parciais ou totais na coleta de dados (Claudia Kanda, Julia Oshima, *comunicação pessoal*).

Devido aos resultados bastante limitados, não recomendamos o uso do equipamento Mataki® até que o mesmo apresente melhorias na coleta de dados. O equipamento apresenta alto potencial, mas precisa de diversas melhorias antes de sua ampla utilização em espécies animais. Esperamos que este estudo possa alertar sobre a importância de testes prévios a atividades de campo com novas tecnologias, levando em conta a qualidade do equipamento testado, assim como o bem-estar da espécie alvo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMLD - ASSOCIAÇÃO MICO-LEÃO-DOURADO. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.micoleao.org.br/>>. Acesso em maio de 2017.
- BERGER, D. D.; MUELLER, H. C. The bal-chatri: a trap for the birds of prey. **Bird-banding**, v. 30, n. 1, p. 18-26, 1959.
- BERNARDO, C. S. S. Reintrodução de mutuns-do sudeste *Cra blumenbachii* (Cracidae) na mata atlântica da Reserva Ecológica de Guapiaçu (Cachoeiras de Macacu, RJ, Brasil), 2010.
- BERNARDO, C. S. S. *et al.* Selection of radio transmitter and attachment method for post-release monitoring of captive-bred reintroduced Red-billed Curassow *Crax blumenbachii*, Brazil. **European Journal of Wildlife Research**, v. 57, n. 3, p. 689-694, 2011.
- BLACK, Harvey. Female pecking order and fertility. **BioScience**, v. 45, n. 9, p. 583-585, 1995.
- BOGRAD, S. J. *et al.* Biologging technologies: new tools for conservation. Introduction. **Endangered Species Research**, v. 10, p. 1-7, 2010.
- BOSCOLO, D.; METZGER, J. P. Is bird incidence in Atlantic forest fragments influenced by landscape patterns at multiple scales?. **Landscape Ecology**, v. 24, n. 7, p. 907-918, 2009.
- BÖRGER, L. Stuck in motion? Reconnecting questions and tools in movement ecology. **Journal of Animal Ecology**, v. 85, n. 1, p. 5-10, 2016.
- CACCAMISE, D.F; HEDIN, R.S. An aerodynamic basis for selecting transmitter loads in birds. **Wilson Bull.** 97:306-318, 1985.
- CAGNACCI, F. *et al.* Animal ecology meets GPS-based radiotelemetry: a perfect storm of opportunities and challenges. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1550, p. 2157-2162, 2010.
- CALENGE, Clément. The package “adehabitat” for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals. **Ecological modelling**, v. 197, n. 3, p. 516-519, 2006.
- CALENGE, Clement. Analysis of animal movements in R: the adehabitatLT package. 2015.
- CANDIA-GALLARDO, C.*et al.* Rastreamento de aves através de telemetria por rádio e satélite. **Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento**, p. 257-279, 2010.
- CARVALHO, A. F. *et al.* Composição, riqueza e heterogeneidade da flora arbórea da bacia do rio São João, RJ, Brasil. **Acta botanica brasílica**. São Paulo. v. 22, n. 4. 2008.
- CARVALHO, F. A. *et al.* Estrutura da comunidade arbórea de fragmentos de Floresta Atlântica Ombrófila Submontana na região de Imbaú, município de Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, p. 695-710, 2009.
- COELHO, A. S. *et al.* Comportamento do mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*, Linnaeus 1766) em relação à fragmentação do habitat. **Conservação do mico-leão-dourado**, v. 28820, p. 58, 2008.

- COIMBRA-FILHO, A. F.; MITTERMEIER, R.A. Distribution and ecology of the genus *Leontopithecus* lesson, 1840 in Brazil. **Primates**, v. 14, n. 1, p. 47-66, 1973.
- CONWAY, C. J.; GARCIA, V. Effects of radiotransmitters on natal recruitment of burrowing owls. **Journal of Wildlife management**, v. 69, n. 1, p. 404-408, 2005.
- DAMSCHEIN, E. I. *et al.* The movement ecology and dynamics of plant communities in fragmented landscapes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 49, p. 19078-19083, 2008.
- DAN, M *et al.* Estrutura da comunidade arbórea de fragmentos de floresta estacional semidecidual na bacia hidrográfica do rio São Domingos, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia-Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 61, n. 4, 2010.
- DE CARVALHO-FILHO, E. P. M. *et al.* Anilhamento e técnicas de capturas de Falconiformes no estado de Minas Gerais. **Ornithologia**, v. 1, n. 1, p. 19-24, 2010.
- DE ELVIRA, M.-C. R.; ABBOTT, D. H. A backpack system for long-term osmotic minipump infusions into unrestrained marmoset monkeys. **Laboratory animals**, v. 20, n. 4, p. 329-334, 1986.
- DE JAGER, M.*et al.* Lévy walks evolve through interaction between movement and environmental complexity. **Science**, v. 332, n. 6037, p. 1551-1553, 2011.
- DE KNEGT, H. J. *et al.* Patch density determines movement patterns and foraging efficiency of large herbivores. **Behavioral Ecology**, v. 18, n. 6, p. 1065-1072, 2007.
- DIETZ, J. M.; BAKER, A. J. Polygyny and female reproductive success in golden lion tamarins, *Leontopithecus rosalia*. **Animal Behaviour**, v. 46, n. 6, p. 1067-1078, 1993.
- ESRI. **ArcGIS Desktop**: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2015.
- FERREIRA, A. S. *et al.* The influence of the environment on Lévy random search efficiency: fractality and memory effects. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 391, n. 11, p. 3234-3246, 2012.
- FRAIR, J. L. *et al.* Resolving issues of imprecise and habitat-biased locations in ecological analyses using GPS telemetry data. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1550, p. 2187-2200, 2010.
- FRANÇA, L. F *et al.* V. Consumo de frutos e abundância de Tucano Toco (*Ramphastos toco*) em dois habitats do Pantanal Sul. **Biota Neotrop**, v. 9, n. 2, p. 125-130, 2009.
- GALETTI, M. *et al.* A. Frugivory by Toucans (Ramphastidae) at Two Altitudes in the Atlantic Forest of Brazil 1. **Biotropica**, v. 32, n. 4, p. 842-850, 2000.
- GRAHAM, C. H. Factors Influencing Movement Patterns of Keel-Billed Toucans in a Fragmented Tropical Landscape in Southern Mexico. **Conservation Biology**, v. 15, n. 6, p. 1789-1798, 2001(a).
- GRAHAM, C. H. Habitat selection and activity budgets of Keel-billed Toucans at the landscape level. **The Condor**, v. 103, n. 4, p. 776-784, 2001(b).

HAMRICK J.L. *et al.* The influence of seed dispersal mechanisms on genetic structure of tropical tree populations. **Plant Ecology**, 107, 281-297, 1993.

HAMRICK J.L. Response of forest trees to global environmental changes. **Forest Ecology and Management**, 197, 323-335, 2004.

HANSKI, I.; GILPIN, M. Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 42, p. 3-16, 1991.

HEBBLEWHITE, M.; HAYDON, D. T. Distinguishing technology from biology: a critical review of the use of GPS telemetry data in ecology. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1550, p. 2303-2312, 2010.

HOLBROOK, K. M. Home range and movement patterns of toucans: implications for seed dispersal. **Biotropica**, v. 43, n. 3, p. 357-364, 2011.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Unidades de Conservação – Mata Atlântica**. Disponível em: <www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao>. Acesso em maio de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. Plano de manejo da Reserva Biológica de Poço das Antas. 1981.

IUCN (WORLD CONSERVATION UNION). IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-1. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 16 May 2017.

JELTSCH, F. *et al.* Integrating movement ecology with biodiversity research-exploring new avenues to address spatiotemporal biodiversity dynamics. **Movement Ecology**, v. 1, n. 6, 2013.

KAYS, R., *et al.* Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. **Science**, v. 348, 2015.

KENWARD, Robert E. **A manual for wildlife radio tagging**. Academic Press, 2000.

KIERULFF, M. C. M. Avaliação das populações selvagens de mico-leão-dourado, *Leontopithecus rosalia*, e proposta de estratégia para sua conservação. **Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte**, 1993.

KIERULFF, M.C.M *et al.* Behavioural ecology of lion tamarins. In: Kleiman, D.G., Rylands, A.B. (eds.), *Lion tamarins: biology and conservation*. Smithsonian Institution Press, Washington DC, USA, 2002.

KIERULFF, M. C. M.; RYLANDS, A. B. Census and distribution of the golden lion tamarin (*Leontopithecus rosalia*). **American Journal of Primatology**, v. 59, n. 1, p. 29-44, 2003.

KIERULFF, M.C.M., *et al.* Past, Present, and Future of the Golden Lion Tamarin and its Habitat. In: GALINDO – LEAL and CÂMARA, IG. (eds.). **The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats, and Outlook**, C. Washington, DC: Island Press. 488 p, 2003.

KLEIMAN, D. G.; RYLANDS, A. B. Biologia e conservação dos micos-leões: Uma síntese e desafios para o futuro. **Micos-Leões: Biologia e Conservação**. MMA, Brasília, p. 186-215, 2008.

KREMEN, C. *et al.* Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land use change. **Ecology Letters**, 10:219–314. doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x, 2007.

KUNDU, Ina *et al.* Collar-Integrated Small Mammal GPS Tracker. In: **International Telemetry Conference Proceedings**. International Foundation for Telemetry, 2013.

MECH, L. David; BARBER, Shannon M. A critique of wildlife radio-tracking and its use in national parks. **Biological Resources Management Division, US National Park Service, Fort Collins, CO Technical Report**, 2002.

METZGER, J. P. *et al.* O uso de modelos em ecologia de paisagens. **Megadiversidade**, p. 64, 2007.

MCKINNEY, M. L. Urbanization, Biodiversity, and Conservation. The impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. **BioScience**, v. 52, n. 10, p. 883-890, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Plano de manejo da área de proteção ambiental da bacia do rio São João/Mico-leão-dourado. 2008.

MITCHELL, M. G. E. *et al.* Reframing landscape fragmentation's effects on ecosystem services. **Trends in Ecology and Evolution**, 30:190–198, 2015.

MUYLAERT, R. *et al.* Threshold effect of habitat loss on bat richness in cerrado-forest landscapes. **Ecological Applications**, v. 26, n. 6, p. 1854-1867, 2016.

NATHAN, R. *et al.* A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 49, p. 19052-19059, 2008.

NATHAN, Ran *et al.* Using tri-axial acceleration data to identify behavioral modes of free-ranging animals: general concepts and tools illustrated for griffon vultures. **Journal of Experimental Biology**, v. 215, n. 6, p. 986-996, 2012.

NEWSOME, S. D. *et al.* Stable isotopes evaluate exploitation of anthropogenic foods by the endangered San Joaquin kit fox (*Vulpes macrotis mutica*). **Journal of Mammalogy**, v. 91, n. 6, p. 1313-1321, 2010.

NIEBUHR, B. B. S. *et al.* Survival in patchy landscapes: the interplay between dispersal, habitat loss and fragmentation. **Scientific reports**, v. 5, 2015.

OLIVEIRA, L. C. *et al.* Uso de fragmentos pequenos de Mata Atlântica pelo mico-leão-dourado, *Leontopithecus rosalia*. **Primatologia no Brasil**, 2004.

PAULA, R. C. Adequabilidade ambiental dos biomas brasileiros à ocorrência do lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e efeitos da composição da paisagem em sua ecologia espacial, atividade e movimentação. **Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo**, 2016.

POWELL, Larkin A. *et al.* Use of radio-telemetry to reduce bias in nest searchin. **Journal of Field Ornithology**, v. 76, n. 3, p. 274-278, 2005.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, 2015.

RAGUSA-NETTO, J. *Toco* toucan feeding ecology and local abundance in a habitat mosaic in the Brazilian cerrado. **Ornithologia Neotropical**19, p. 345-359, 2008.

RESOURCES INFORMATION STANDARDS COMMITTEE (RISC). Wildlife radio-telemetry. Resources Inventory Committee, Province of British Columbia. Standards for components of British Columbia's biodiversity number 5. Victoria. **British Columbia, Canada**, 1998.

RIBEIRO, M. C. *et al.* The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

RUIZ-MIRANDA, C.R. *et al.* Behavioral and ecological interactions between reintroduced golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia* Linnaeus, 1766) and introduced marmosets (*Callithrix* spp, Linnaeus, 1758) in Brazil's Atlantic Coast forest fragments. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 1, p. 99-109, 2006.

RUIZ-MIRANDA, C. R. *et al.* A espécie e sua situação na paisagem fragmentada. **Conservação do mico-leão-dourado**, v. 28820, p. 6, 2008.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1997.

STOLWIJK, R. C. **The golden lion tamarin (*Leontopithecus rosalia*): a flagship species for the Atlantic Forest of Brazil**. University of Utrecht: Master Thesis, 2013.

TURCHIN, P. Quantitative analysis of movement. Sinuaer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, 1998.

UDULUTSCH, R. G. *et al.* Florística de trepadeiras numa floresta estadual semidecídua, Rio Claro – Araras, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, n1, 125-134p. 2004.

ZUCCO, C. A. Desenvolvimento de alternativa de baixo custo para monitoramento da atividade de veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*) com tecnologia GPS no Pantanal Central do Brasil. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2007.

YOUNG A, *et al.* The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. **Trends in Ecology and Evolution**, 11, 413-418, 1996.

6 APÊNDICE

AP 1 – Scripts das análises realizadas no Software R, versão 3.3

Análises do estudo "Teste de nova tecnologia de rastreamento

em estudo de movimentação e uso de paisagem por Ramphastos toco

Script para plotar dados de movimentação animal em imagens do Google Maps

Baseado no script de Carlos André Zucco - Setembro de 2014

```
plot.google <- function(sp,points=TRUE,transpp=0.3,cex=0.3,pcol="yellow",
                        track=TRUE,lcol="white",transpl=0.3,lwd=0.3,scale=2,add=F,main=""){
  require(sp)
  require(RgoogleMaps)
  require(rgdal)
  require(png)
  if(inherits(sp,"SpatialPoints")==FALSE){stop("sp argument should be a SpatialPoints or
SpatialPointsDataFrame object")}
  if(is.na(proj4string(sp))){stop("CRS of sp argument should be assigned")}
  if(add==F){
    ## coordinate range of polygons
    bboxUTM<-SpatialPoints(t(bbox(sp)),CRS(proj4string(sp)))
    bboxLL<-spTransform(bboxUTM,CRSobj=CRS("+proj=longlat +datum=WGS84"))
    satmap<-
    GetMap(bbox(latR=range(coordinates(bboxLL)[,2]),lonR=range(coordinates(bboxLL)[,1]),
              destfile="MyTyle.png",maptype='satellite',SCALE=scale)
    tyle=readPNG("MyTyle.png")
    bbox=SpatialPoints(matrix(unlist(satmap$BBOX)[c(2,4,1,3)],2,2)
                        ,proj4string=CRS("+proj=longlat +datum=WGS84"))
    bbox=data.frame(spTransform(bbox,CRSobj=CRS(proj4string(sp))))
    ## Return data to UTM CRS format ##
    lat<-coordinates(sp)[,2]
    long<-coordinates(sp)[,1]
    ## Plot Tyle and Data ##
    par(mar=c(3,3,1,1))
```

```

plot(bbox[,1],bbox[,2],xaxs="i",yaxs="i",type="n",xlab="Longitude",ylab="Latitude",cex.axis=0.8,main=main)

  tyle2<-rasterImage(tyle,bbox[1,1],bbox[1,2],bbox[2,1],bbox[2,2])
  if(points==TRUE){points(long,lat,pch=16,col=adjustcolor(pcol,transpp),cex=cex)}
  if(track==TRUE){points(long,lat,col=adjustcolor(lcol,transpl),type='l',lwd=lwd)}
} # end add=T
if(add==T){
  lat<-coordinates(sp)[,2]
  long<-coordinates(sp)[,1]
  if(points==TRUE){points(long,lat,pch=16,col=adjustcolor(pcol,transpp),cex=cex)}
  if(track==TRUE){points(long,lat,col=adjustcolor(lcol,transpl),type='l',lwd=lwd)}
} # end of add=F
}

plot.pol.google<- function(spatpol,col="red",transp=0.3,border=NA,lwd=0.3,scale=2,add=F){
if(!require(RgoogleMaps)) { install.packages("RgoogleMaps", dep = T);
library(RgoogleMaps) }
if(!require(rgdal)) { install.packages("rgdal", dep = T); library(rgdal) }
if(!require(png)) { install.packages("png", dep = T); library(png) }

if(inherits(spatpol,"SpatialPolygons")==FALSE){stop("spatpol should be a SpatialPolygon or
SpatialPolygonDataFrame object")}
if(is.na(proj4string(spatpol))){stop("CRS of sp argument should be assigned")}
if(add==F){
  ## coordinate range of polygons
  bboxUTM<-SpatialPoints(t(bbox(spatpol)),CRS(proj4string(spatpol)))
  bboxLL<-spTransform(bboxUTM,CRSobj=CRS("+proj=longlat +datum=WGS84"))

  ## get PNG tyle from Google Maps and extract UTM bbox of tyle
  satmap<-
  GetMap(bbox(latR=range(coordinates(bboxLL)[,2]),lonR=range(coordinates(bboxLL)[,1]),
            destfile="MyTyle.png",maptype='satellite',SCALE=scale)
  tyle=readPNG("MyTyle.png")
  bbox=SpatialPoints(matrix(unlist(satmap$BBOX)[c(2,4,1,3)],2,2)

```

```

        ,proj4string=CRS("+proj=longlat +datum=WGS84"))
bbox=data.frame(spTransform(bbox,CRSobj=CRS(proj4string(spatpol))))

## Plot Tyle and Data
par(mar=c(3,3,1,1))
plot(bbox[,1],bbox[,2],xaxs="i",yaxs="i",type="n",xlab="Longitude",ylab="Latitude",cex.axis=0.8)

tyle2<-rasterImage(tyle,bbox[1,1],bbox[1,2],bbox[2,1],bbox[2,2])
pols = unlist(lapply(spatpol@polygons, function(i)slot(i, 'Polygons'))))
pols = lapply(pols, function(pols)slot(pols, 'coords'))
for(i in 1:length(pols)){
  polygon(pols[[i]],density = NULL,col=adjustcolor('red',transp),border=border,lwd=lwd)}
} # end add=T
if(add==T){
  pols = unlist(lapply(spatpol@polygons, function(i)slot(i, 'Polygons'))))
  pols = lapply(pols, function(pols)slot(pols, 'coords'))
  for(i in 1:length(pols)){
    polygon(pols[[i]],density = NULL,col=adjustcolor('red',transp),border=border,lwd=lwd)}
  } #end of add=F
}

```

```
## Script para os testes estáticos ##
```

```

if(!require(rgdal)) { install.packages("rgdal", dep = T); library(rgdal) }
if(!require(png)) { install.packages("png", dep = T); library(png) }
if(!require(RgoogleMaps)) { install.packages("RgoogleMaps", dep = T);
library(RgoogleMaps) }
if(!require(sp)) { install.packages("sp", dep = T); library(sp) }
if(!require(raster)) { install.packages("raster", dep = T); library(raster) }

```

```
# Importar código plot google
```

```

setwd("C:\\____\\input")
source("plot.google_2.1_source_code.R")

```

Leitura dos dados

```
test.files <- list.files('.', pattern = 'csv') # List files in the current folder
```

```
for(i in 1:length(test.files))
```

```
{
```

```
  if(i == 1) static <- read.table(file = test.files[i], sep = ",", header = T) # Reads the first data sheet
```

```
  else static <- rbind(static, read.table(file = test.files[i], sep = ",", header = T)) # Append the other data to the existing one
```

```
}
```

```
str(static)
```

```
head(static)
```

Organização dos dados

```
static$datetime <- substr(static$datetime, 1, 19) # Remove frações de segundos de datetime
```

```
static <- static[!grepl("2010", static$datetime, fixed = T),] # Remove dados de 2010 (erros)
```

Calcular médias de pontos registrados em um mesmo segundo

```
static.mean <- aggregate(static[,c('lat','lon')], list(GPS = static$node, datetime = static$datetime), mean)
```

```
static.mean <- static.mean[order(static.mean$GPS),]
```

```
head(static.mean)
```

Transformar data frame em data frame de pontos espaciais

```
coordinates(static.mean) <- c('lon', 'lat')
```

```
proj4string(static.mean) <- CRS("+init=epsg:4326") # define datum WGS 84 e projeção lat-lon
```

Mudar sistema de coordenadas: WGS 84 lat-lon para WGS 84 UTM 23S

```
new.CRS <- CRS("+proj=utm +datum=WGS84 +zone=23 +south +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0")
```

```
static.mean.utm <- spTransform(static.mean, new.CRS)
```

Ler dados de tempo como objeto tipo POSIXct

Sempre checar a timezone - https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_tz_database_time_zones

```
static.mean.utm$datetime <- as.POSIXct(static.mean.utm$datetime, format="%Y-%m-%d
%H:%M:%S", tz = "America/Fortaleza")
```

```
# Localização verdadeira do equipamento
```

```
true.loc <- data.frame(lat = "colocar aqui a latitude", lon = "colocar aqui a longitude")
```

```
coordinates(true.loc) <- c('lon', 'lat')
```

```
proj4string(true.loc) <- CRS("+init=epsg:4326") # define datum WGS 84 e projeção lat-lon
```

```
# Mudar sistema de coordenadas: WGS 84 lat-lon para WGS 84 UTM 23S
```

```
new.CRS <- CRS("+proj=utm +datum=WGS84 +zone=23 +south +ellps=WGS84
+towgs84=0,0,0")
```

```
true.loc.utm <- spTransform(true.loc, new.CRS)
```

```
# Plotar pontos com imagem de satélite Google Maps
```

```
# Output
```

```
setwd("C:\\____\\output")
```

```
png('plot_locations_static.png', width = 20, height = 20, res = 300, units = 'cm')
```

```
op <- par(mfrow = c(3,3)) #mudar conforme a necessidade de mais gráficos na mesma imagem
```

```
for(i in unique(static.mean.utm$GPS))
```

```
{
```

```
  plot.google(static.mean.utm[static.mean.utm$GPS == i,], track=T, transp=0.7,
```

```
    lcol = 2, lwd = 2, pcol = 2, cex=0.8, main = paste('GPS', i))
```

```
  points(true.loc.utm, col = 'blue', cex = 1.2)
```

```
}
```

```
par(op)
```

```
dev.off()
```

```
## Análises de distância ##
```

```
static.mean.utm$dist.true.loc <- pointDistance(coordinates(static.mean.utm),
```

```
coordinates(true.loc.utm), longlat=FALSE)
```

```
png('distance_true_loc.png', width = 20, height = 20, res = 300, units = 'cm')
```

```
op <- par(mfrow = c(3, 3), mar = c(2, 2, 2, 2), oma = c(3, 3, 0, 0) + 0.1)
```

```
for(i in unique(static.mean.utm$GPS))
```

```

{
  sub <- static.mean.utm[static.mean.utm$GPS == i,]
  hist(sub$dist.true.loc, breaks = 20, main = paste('GPS', i), xlab = "", ylab = "")
  abline(v = mean(sub$dist.true.loc), col = 'red', lwd = 2)
  mtext(paste("50%:      ",      round(median(sub$dist.true.loc),1),      "m\n95%:      ",
round(quantile(sub$dist.true.loc, 0.95),1), "m", sep = ""),
      side = 3, col = 2, line = -2, cex = 0.8)
}

mtext("Distance to the 'true' location (m)", 1, outer = T, line = 1.5, cex = 2)
mtext("Frequency", side = 2, outer = T, line = 0.5, cex = 2)
par(op)
dev.off()

# Compilação dos erros #
errors_mtk<-aggregate(static.mean.utm$dist.true.loc, list(GPS = static.mean.utm$GPS),
quantile, probs = c(0.1, 0.5, 0.9, 0.95))
write.table(errors_mtk, file = "____.csv", row.names = FALSE)

## Script comparativo entre Efetividade das baterias ##
#Definir diretório
setwd("C:\\____\\seu_diretorio")

#Teste da bateria 1
teste1<-read.table("teste1.csv", header = T, sep = ";")
boxplot(Quantidade.de.pontos.coletados~Programação, data=teste1, ylim = c(0, 2500),
xlab="Intervalo de coletas",
      ylab="Quantidade de pontos coletados", main="Testes Matakí - Bateria 1")

#Teste da bateria 2
teste2<-read.table("teste2_mtk.csv", header = T, sep = ";")
boxplot(Quantidade.de.pontos.coletados~Programação, data=teste2, ylim = c(0, 7000),
xlab="Intervalo de coletas",
      ylab="Quantidade de pontos coletados", main="Testes Matakí - Bateria 2")

```

```
## Script comparativo entre Precisão das baterias ##
```

```
erros<-as.data.frame(rbind(errors_mtk_batnova, errors_mtk_rc_total_bat_antiga))
```

```
erros.50<-erros[,c(3,6)] #apenas para coluna 50% e bateria
```

```
erros.95<-erros[,5:6] #apenas para coluna 95% e bateria
```

```
#Boxplot comparando baterias antigas e novas
```

```
boxplot(x.50. ~ bateria, data=erros.50, ylim = c(0, 25), xlab="Baterias", ylab="50% dos erros",  
main="50% dos Erros X Baterias")
```

```
boxplot(x.95. ~ bateria, data=erros.95, ylim = c(0, 160), xlab="Baterias", ylab="95% dos  
erros", main="95% dos Erros X Baterias")
```

```
## Script análises do movimento – CACHORROS DOMÉSTICOS ##
```

```
## Calculos de comprimento de passo e ângulos de virada
```

```
# Pacotes
```

```
if(!require(adehabitatLT)) install.packages("adehabitatLT", dep=T); library(adehabitatLT)
```

```
if(!require(date)) install.packages("date", dep=T); library(date)
```

```
if(!require(adehabitatHR)) install.packages("adehabitatHR", dep=T); library(adehabitatHR)
```

```
if(!require(sp)) install.packages("sp", dep=T); library(sp)
```

```
if(!require(rgdal)) install.packages("rgdal", dep=T); library(rgdal)
```

```
if(!require(proj4)) install.packages("proj4", dep=T); library(proj4)
```

```
if(!require(RgoogleMaps)) install.packages("RgoogleMaps", dep=T); library(RgoogleMaps)
```

```
if(!require(png)) install.packages("png", dep=T); library(png)
```

```
if(!require(rgdal)) install.packages("rgdal", dep=T); library(rgdal)
```

```
# Carregar área de trabalho
```

```
setwd("C:\\____\\seu_diretorio")
```

```
# Carregando dados
```

```
cao18<-read.table("putty_20170428_091736..log_18_GPS.csv", sep=";", head=T)
```

```
cao16<-read.table("putty_20170620_235240..log_16_GPS.csv", sep=";", head=T)
```

```
caes<-rbind(cao18, cao16)
```

```

# Convertendo coordenadas (lat-long --> utm)
xy <- cbind(caes$lon, caes$lat)
# Converter para UTM
xy2 <- project(xy, "+proj=utm +datum=WGS84 +zone=23 +south +ellps=WGS84
+towgs84=0,0,0")
colnames(xy2)<-c("x","y")

caes2<-data.frame(xy2, caes$datetime, caes$node)
colnames(caes2)<-c("x","y","timestamp","id")
caes3<-caes2[ !duplicated(caes2[,"timestamp"]) , ]

# Calculando variáveis do movimento
# Transformando data e hora
da <- paste(caes3$timestamp)
da1<- as.POSIXct(strptime(da, format="%Y/%m/%d %H:%M", tz="America/Bahia"))

# Criando "bursts", nesse caso, indivíduos
id <- caes3$id
bursts <- caes3$id

# Trajetórias do movimento
path <- as.ltraj(caes3[,c("x", "y")], date = da1, id = id,
                burst=bursts, typeII=T)

path #descreve o objeto
path.df <- ld(path)
head(path.df)
View(path.df)
write.table(path.df, file = "mov_caes.csv", row.names = FALSE)
plot(path)

# Análises de Comprimento de passo
caes.step<-read.table("mov_caes.csv", sep=";", header=T)
names(caes.step)

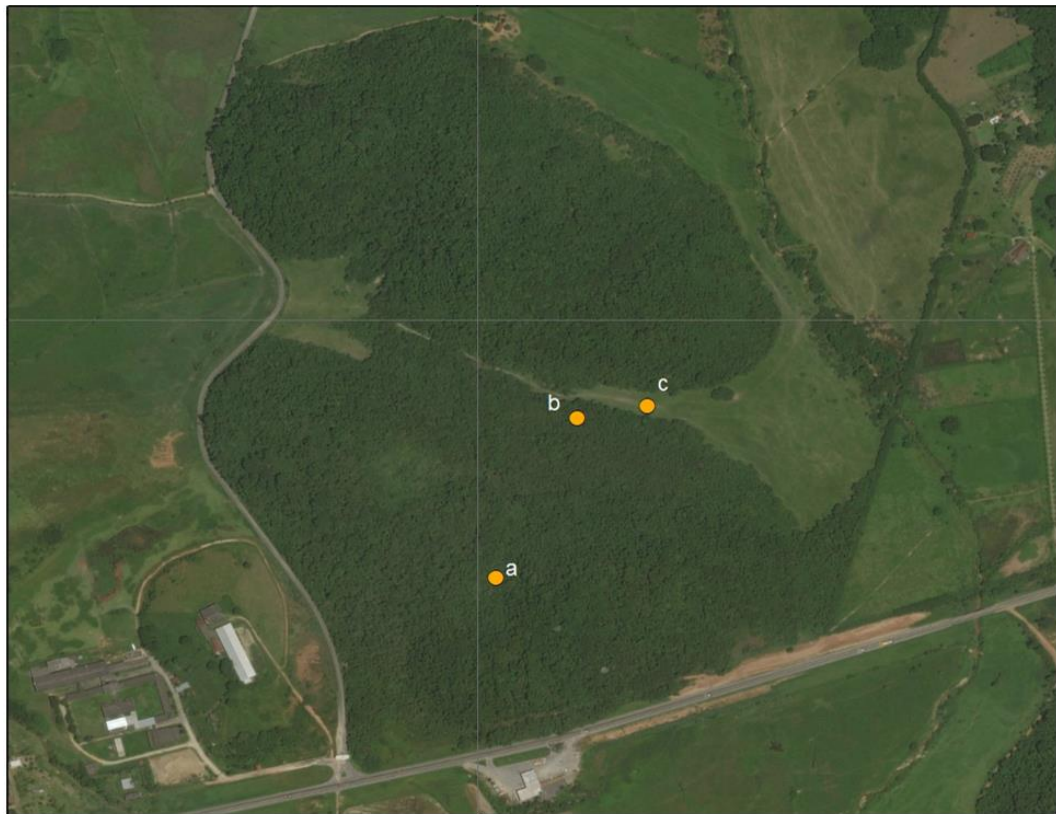
```

```

caes.step.dist<-caes.step[[7]]
caes.step.id<-caes.step[["id"]]
caes.step.tudo<-data.frame(caes.step.dist, caes.step.id)
caes.step.tudo<-na.omit(caes.step.tudo)
names(caes.step.tudo)
hist.tudo<-hist(caes.step.tudo$caes.step.dist)
plot(hist.tudo, axes=F, ylab="Frequência", xlab="Comprimento de passo (m)", main="")
max(caes.step.dist)
axis(1, at=seq(0, 1000, 100))
axis(2, at=seq(0, 400, 50))

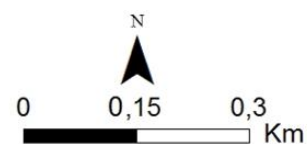
```

AP2. Localização de onde ocorreram os testes estáticos na região da Rebio PDA: **a.** área aberta; **b.** área de borda; e **c.** área de mata fechada.



Legenda

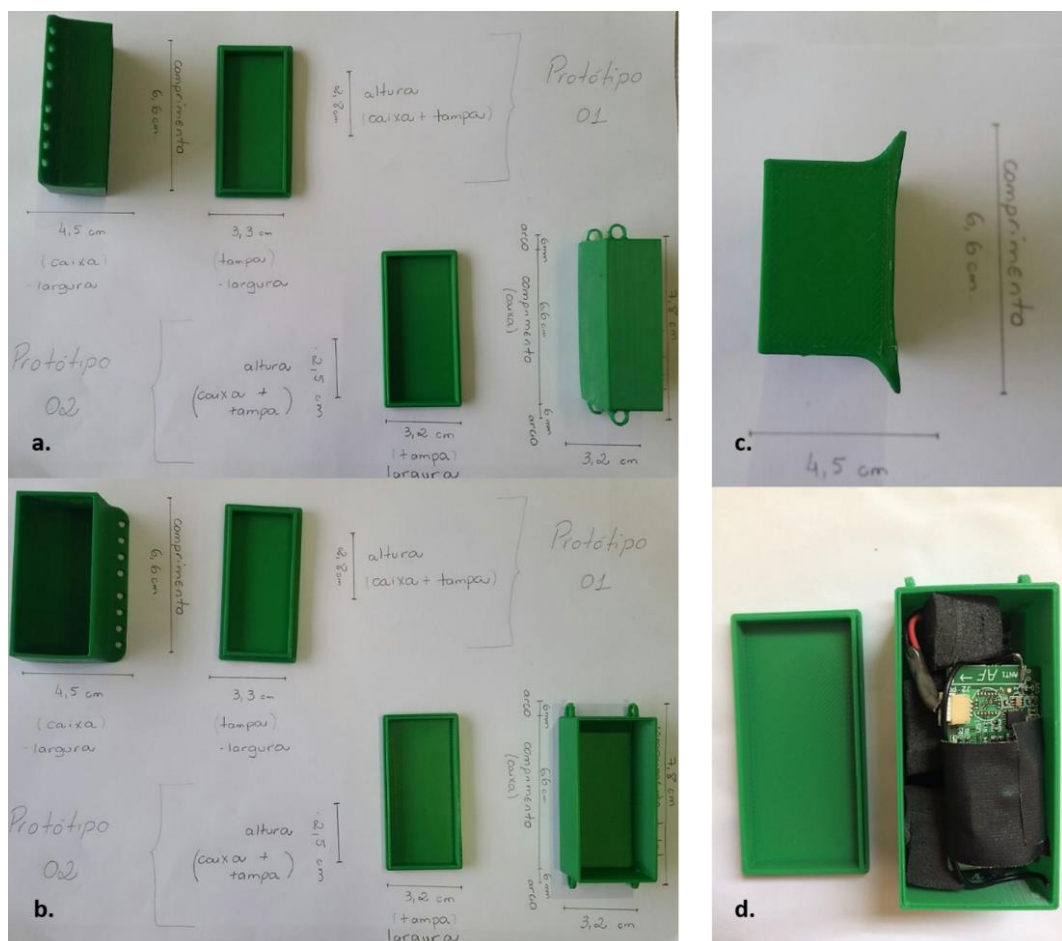
- Testes estáticos
- a. Mataki 17
- b. Mataki 11
- c. Mataki 19



AP3. Três indivíduos de cachorros domésticos foram equipados com os GPS M16 (a.), M18 (b.) e M17 (c.). Os animais foram guiados pelos pesquisadores a percorrerem as mesmas áreas utilizadas pelos tucanos nos entornos e dentro do campus da UNESP Rio Claro.



AP4. Protótipos desenvolvidos para estudo de movimentação dos MLD. Em **a.** e **b.** temos as vistas lateral e frontal dos protótipos desenvolvidos na fase de planejamento. Em **c.** é possível observar a curvatura na região dorsal do protótipo. Em **d.** temos a vista frontal do protótipo escolhido para o estudo.



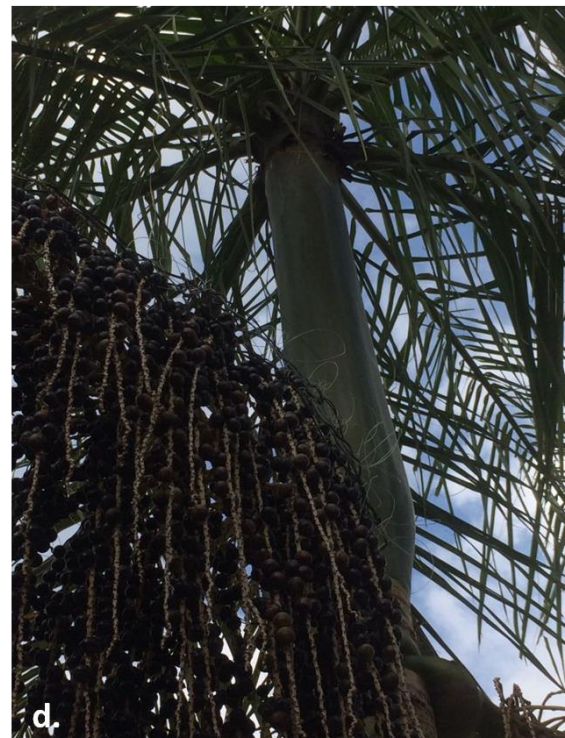
AP5. Fotos da amarração das mochilas nos indivíduos de Mico-Leão-Dourado. Em **a.** o indivíduo do grupo AF2 ainda anestesiado e em cativeiro. Em **b.** o indivíduo do grupo AF3 utilizando a mochila após a soltura.



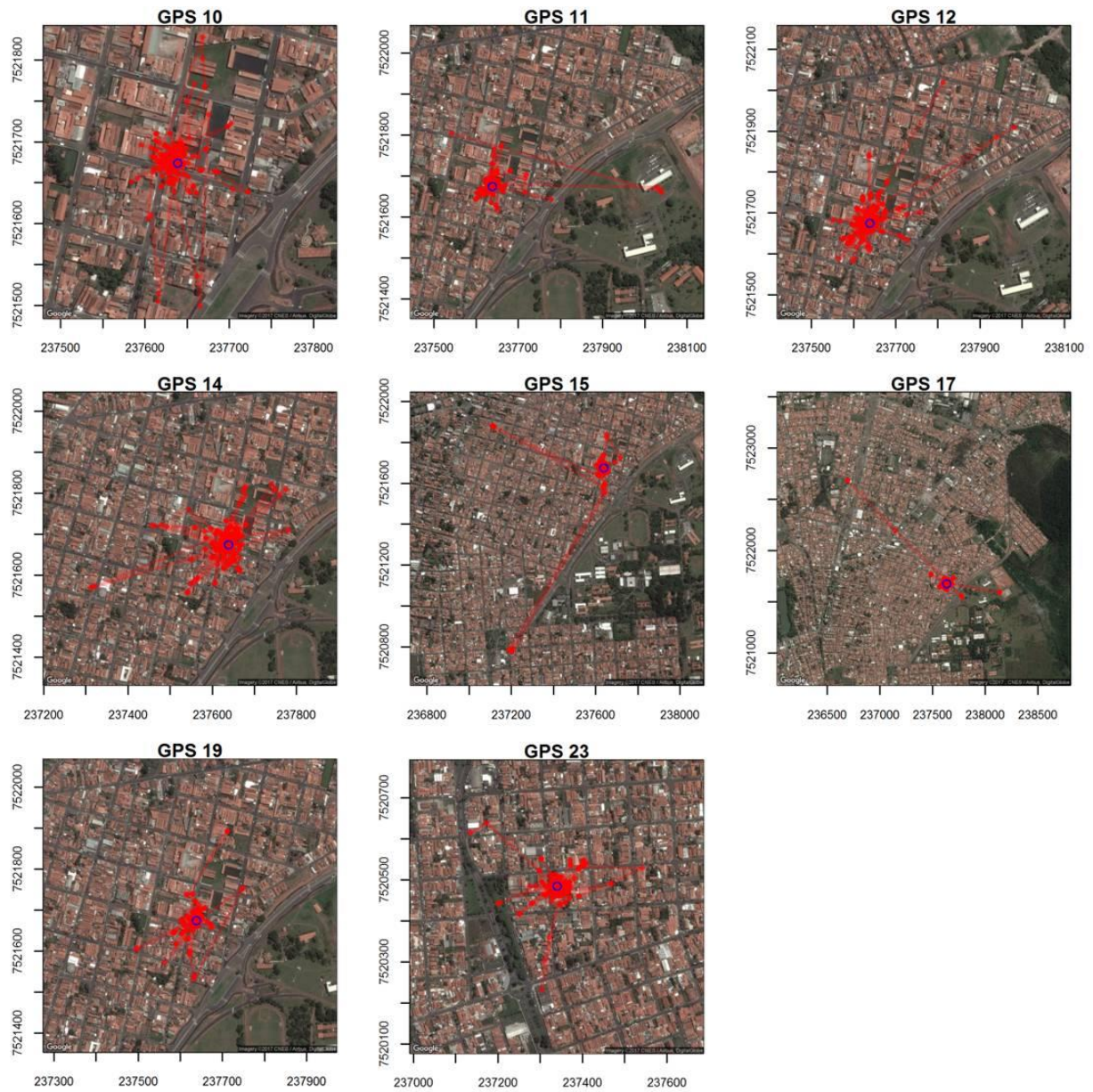
AP6. Tentativas de captura com redes. Em **a.** temos a vista superior da armadilha feita com tarrafa de pesca na figueira (*F. benjamina*) e em **b.** a vista inferior da mesma. Em **c.** temos a rede de neblina instalada próxima ao palmito juçara (*E. edulis*).



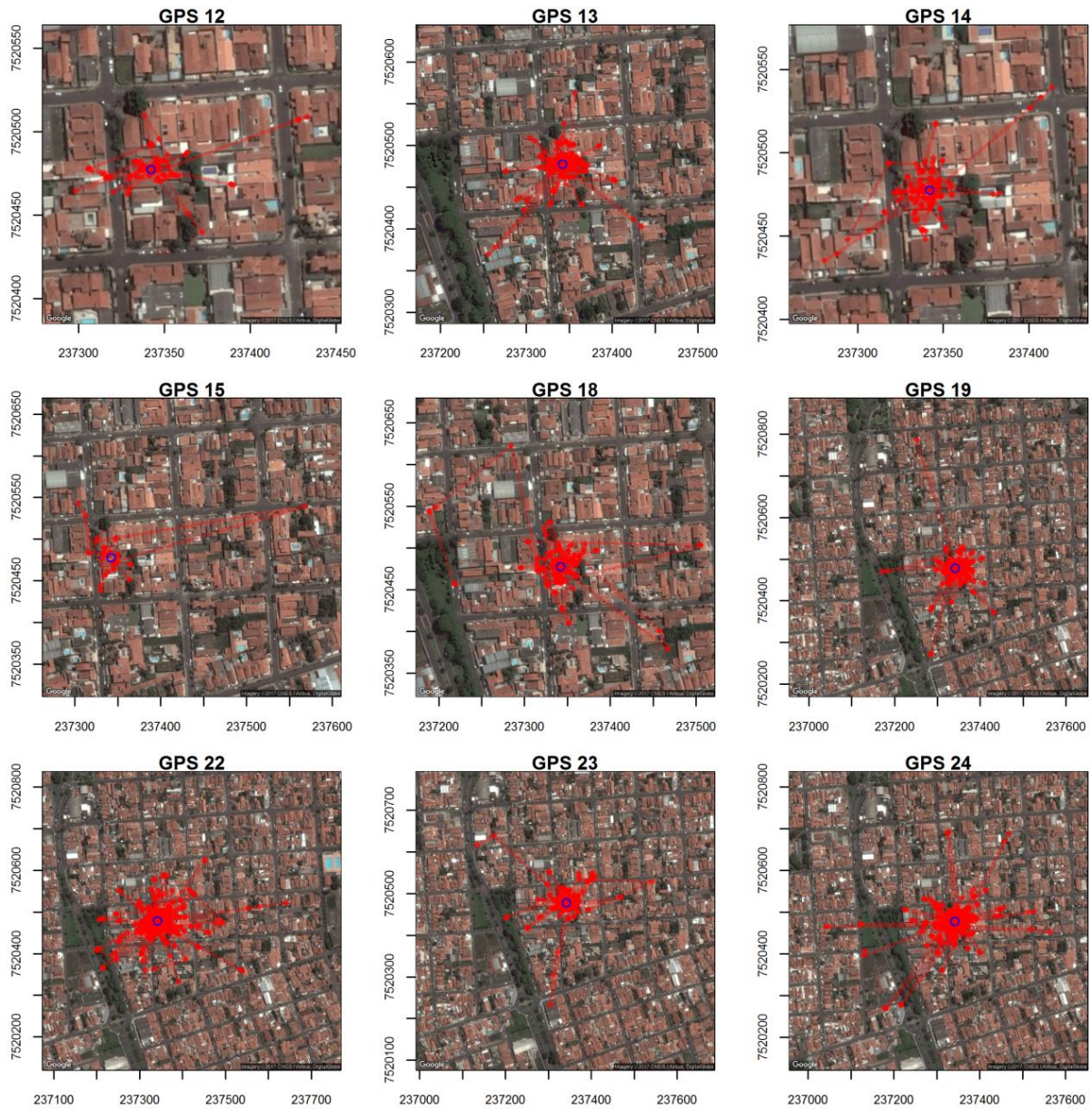
AP7. Adaptação de armadilhas do tipo *bal-chatri* desenvolvida para capturar tucanos. Em **a.** e **b.** diferentes protótipos de armadilha. Em **c.** e **d.** armadilhas já instaladas nos palmitos juçara.



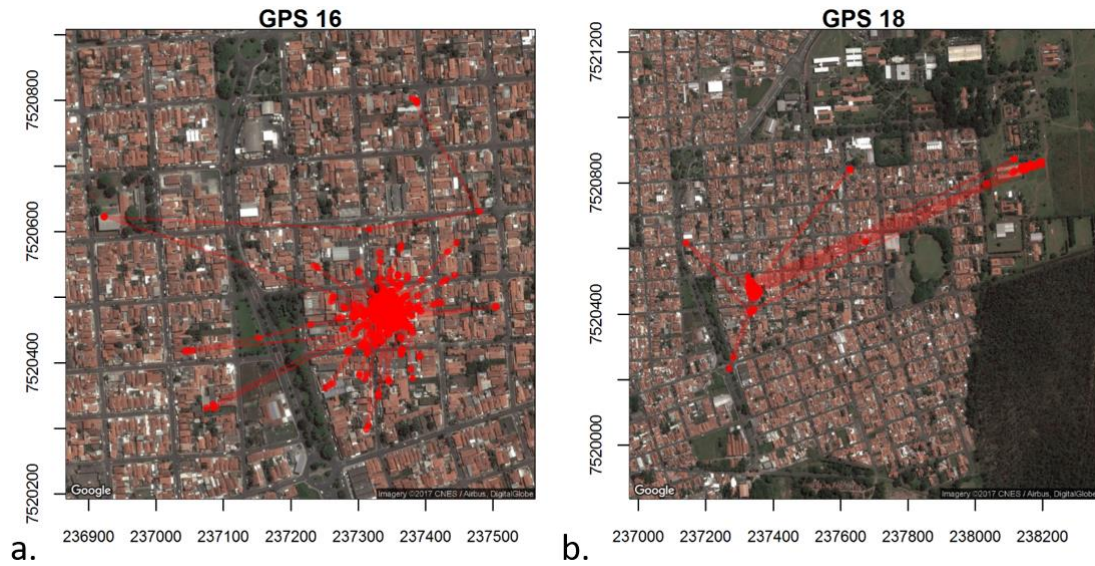
AP8. Pontos coletados nos testes estáticos realizados em Rio Claro com as primeiras baterias testadas (1050 mAh). Os pontos em vermelho são os pontos coletados e o ponto rosa indica a localização real dos equipamentos.



AP9. Pontos coletados nos testes estáticos realizados em Rio Claro com a segunda leva de baterias (600 mAh). Os pontos em vermelho são os pontos coletados e o ponto rosa indica a localização real dos equipamentos.



AP10. Pontos registradas dos equipamentos M16 (a.) e M18 (b.) ao longo do trajeto feito com os animais.



AP11. Espécies registradas pela armadilha fotográfica localizada na *Ficus benjamina*. **a.** *Ramphocelus carbo*; **b.** *Rupornis magnirostris* (juvenil); **c.** *Megarynchus pitangua*; **d.** *Pitangus sulfuratus*; **e.** *Tangara cayana*; **f.** *Tangara sayaca*; **g.** *Mimus saturninus*; **h.** *Iguana iguana*; **i.** *Didelphis marsupialis*.

