

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

Análise Comparativa de Metodologias não Invasivas
para Estimativas de Densidade de Cervídeos

MANOELA EBNER PINHO

Orientador(a): José Maurício Barbanti Duarte

Co-orientador(a): Márcio Leite de Oliveira

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal, para obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Jaboticabal - SP

Primeiro semestre/2021

P654a

Pinho, Manoela Ebner

Análise comparativa de metodologias não invasivas para estimativas de densidade de cervídeos / Manoela Ebner Pinho. -- Jaboticabal, 2021

42 p. : tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: José Maurício Barbanti Duarte

Coorientador: Márcio Leite de Oliveira

1. Ecologia. 2. Cerrado animals. 3. Armadilhas Fotográficas. 4. Fezes. 5. Mazama. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL



DEPARTAMENTO: Zootecnia

**CERTIFICADO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

TÍTULO: Análise Comparativa de Metodologias não-invasivas para Estimativas de Densidade de Cervídeos.

ACADÊMICO: Manoela Ebner Pinho

CURSO: Ciências Biológicas

ORIENTADOR: José Maurício Barbanti Duarte

CoORIENTADOR: Márcio Leite de Oliveira

Local de realização do TCC (Departamento, Faculdade, Instituição): Departamento de Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias FCAV, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP Jaboticabal

PERÍODO: Semestre 11

Ano 5

Aprovado com conceito: A ☒ B ☐ C ☐

Este trabalho é recomendado para compor a base de dados CAPELO. ☒ Sim ☐ Não

Reprovado: ☐

BANCA EXAMINADORA:

(Nomes)

(Assinaturas)

Presidente José Maurício Barbanti Duarte

Membro Francisco Grotta Neto

Membro Pedro Henrique de Faria Peres

Jaboticabal

24 / 08 / 2021

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 31 / 08 / 2021

OU

Aprovado pelo TGRA-BIO em:...../...../.....

Prof. Dr. José Maurício Barbanti Duarte
Chefe do Departamento de Zootecnia
Matrícula n. 422332-9

Tendo em conta as condições de que dispõe e na medida do possível, é a natureza
que faz sempre as coisas mais belas e melhores.

- Aristóteles

Agradecimentos

Gostaria de agradecer e ressaltar o valor à vida, saúde, família, amigos e a ciência. Vibrar a oportunidade de estar saudável concluindo a graduação com a finalização deste trabalho. Agradeço ao SUS, a ciência e a todos os pesquisadores e profissionais envolvidos no excelente trabalho, nos estudos e fabricação das vacinas, obrigada pela esperança de dias melhores.

Aos meus pais Leda e Eduardo, e a minha irmã Eduarda, por sempre me apoiarem e cumprirem com zelo e muito amor a função de “Família”, vocês são tudo pra mim. Sou hoje o que construímos juntos por anos, educação, respeito, vocês despertam em mim minha melhor versão. Aos meus avós, os que cuidam de mim em vida e aos que me protegem em outro plano, agradeço tanto amor e paciência por cuidarem de mim mesmo longe. Aos meus padrinhos, tios e primos, vocês completam e transbordam todo sentimento de “alegria”, esse que sabemos que nosso tio Pedrão está por aí gritando pra todo mundo, com uma cerveja na mão.

Ao meu orientador, José Maurício Barbanti obrigado pela oportunidade e apoio aos projetos que fiz parte. Pelos ensinamentos teóricos e práticos, às disciplinas ministradas as quais tive a honra de poder presenciar e a todos os demais conselhos e recomendações que me tornaram uma profissional melhor e com mais experiência na área de conservação. Espero ter outras oportunidades e continuar com a parceria.

Ao meu coorientador, Márcio Leite de Oliveira, meus sinceros agradecimentos. Agradeço imensamente total apoio, paciência, à tudo que me ensinou e aconselhou. As viagens à campo, práticas e condutas, ao apoio e motivação em tudo que eu propunha. Sempre estive ao meu lado, pra tudo que precisei, tanto em questões profissionais, acadêmicas, como pessoais. Foi essencial para que eu nunca desistisse da “pesquisa”.

À todos os integrantes do Núcleo de Pesquisa e Conservação de Cervídeos (NUPECCE). Sem exceções, todos ali contribuem para um bem maior que é a Conservação, obrigada por toda união dessa equipe. Em especial, gostaria de agradecer aos ecólogos

Márcio, Pedro, Chico e Rulian pelas viagens e dicas de campo, conversas e conselhos, todo companheirismo e força quando os campos pareciam tão difíceis. Também aos nossos churrasco e cervejinhas, espero em breve podermos nos juntar novamente. Agradeço também aos animais em cativeiro do núcleo, por propiciarem o desenvolvimento de pesquisas, contribuindo constantemente para a conservação.

Ao pesquisador e amigo Rulian, por me acompanhar em campo, na cervejinha no fim da tarde e em toda vivência do dia a dia. Obrigada também por conduzir nossa companheira de campo Nicks. A ela, agradeço pelo excelente trabalho de campo, por ser companhia nos momentos desafiadores de campo e por contribuir para realização deste estudo.

Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pela concessão da bolsa ao longo de toda pesquisa.

Agradeço a equipe de funcionários da Estação Ecológica de Santa Barbara por todo apoio e consideração com nossa equipe. Pela cordialidade em nos receber tão bem por lá. Meus agradecimentos em especial ao Sr. Moisés e toda sua família.

Às minhas irmãs da República Casa das Prima, obrigada por me acompanharem em toda trajetória acadêmica, por me incentivarem mesmo quando não parecia possível, por serem minha família em outra cidade. Vocês me demonstraram que podemos ter “lar” mesmo parecendo que não temos ninguém. Sou grata por terem me escolhido como bixete, e hoje ser ex moradora de uma casa tão cheia de loucas amorosas.

Agradeço de ter em minha vida pessoas que me fortalecem e torcem por mim onde quer que eu esteja, aos meus amigos que a faculdade me deu de presente (além das meninas da CP), que levarei pra vida toda: Laura (Crochê), Marcelo (Ma-rimba), Thais (Iemanjá), Mateus (Telson), Vinicius (Sid), Renan (Osama), Beatriz (k-bresto), Marina (Decibéis), Camila (Compacta), Giovana (Cupim), Maria (Kafta), Livia (Groselha), Nicole (Fraturada) Maria Eduarda (A-moda), Ana Luiza (Sabada), Rafaela (k tocha), Sara (Discada) Jonas (Pa-frentão), Bruno (Flagrante), João (Estagiário), Isa (Bina).

Aos meus amigos que me acompanharam em dias muito bons e marcantes, mas também em dias que precisei deles além da companhia. As república Americana, Mete Marcha, Boi Banguelo, Arapuka, Tapa Xana e Santo- Mé

Aos meus melhores amigos desde a infância, que não preciso nem falar, aguentaram por anos acompanharam todas as jornadas e mudanças e nosso companheirismo só aumenta, amo vocês: Igor Mateus, Julia Kalil, Rafaela Savioli, Mariana Ferrari, Renata Torres, Irmãos Santaterra, Gabi Pierroni, Isabela Majoral, Marilia Raiza.

Extremamente grata pelos profissionais de biologia e medicina veterinária que tive a honra de conhecer e trabalhar junto, e que de alguma forma me inspiraram e incentivaram ainda mais a seguir nessa área. Aos meus amigos Rafael, Fernanda, Mayra, Gabriel e Vanessa, Julia e Ana Beatriz, obrigada por me ensinarem tanto. Aos meus colegas de GEAS-FCAV e a professora Karin, agradeço a oportunidade de poder fazer parte deste grupo no qual aprendi e cresci muito.

Por fim, e não menos importante, agradeço a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, UNESP Jaboticabal a oportunidade de ensino. A todos professores que de alguma forma ensinam não somente “a disciplina” mas também nos ensinam a lutar por respeito, cidadania, igualdade, formam seres humanos. Nos ensinam a exercer com zelo e responsabilidade a profissão e a cidadania. Obrigada pelo acompanhamento na trajetória. Nos vemos em breve.

Sumário

Resumo	vi
Abstract	vii
1 Introdução	8
2. Objetivo	12
3. Revisão de Literatura	12
3.1 Pequenos Cervídeos Florestais	12
3.2 Estimativa Populacional por Amostra Fecal	13
3.3 Estimativa Populacional por Armadilhamento Fotográfico	14
4. Material e Métodos	17
4.1 Área de Estudo	17
4.2 Coleta de Dados	18
4.2.1 Fecal Standing Crop	18
4.2.2 Amostragem e Estimativa baseada em Armadilhamento Fotográfico ..	21
5. Resultados	25
5.1 Fecal Standing Crop	25
5.2 Armadilhamento Fotográfico	28
6. Discussão	30
7. Conclusão	35
8. Referências	36

Resumo

Dados demográficos como a densidade podem contribuir para elaboração e estratégias de conservação das espécies. Para as espécies do gênero *Mazama*, as estimativas de densidade apresentam discrepâncias especialmente por causa da baixa detectabilidade das espécies. Métodos amostrais não invasivos, como armadilhamento fotográfico e amostras fecais são alternativas para estudos de espécies elusivas. Três modelos para estimativas de densidade tem se mostrado bastante promissores e eficientes para espécies que não possuem marcações individuais, são eles: “Modelo de encontro aleatório”, “Amostragem por distâncias” (gerados com dados de armadilhamento fotográfico) e “Contagem de pilhas fecais”. Assim, o presente trabalho compara os métodos de detecção não invasivos para estimativas de densidade. Os valores encontrados de densidade para *Mazama gouazoubira* em uma área do Cerrado foram discrepantes conforme as metodologias: 11,85 ind/km² pelo modelo de encontro aleatório; 10,49 ind/km² em amostragem por distâncias; 0,24 ind./km² pelo método de contagem de pilhas fecais com cão farejador de amostras. Apresentaram valores maiores em métodos que utilizaram armadilhas fotográficas. A discrepância nos valores encontrados sugere que fatores ambientais e parâmetros metodológicos influenciam os resultados. Esses, associados aos diferentes modelos de estimativa podem ter um impacto considerável na avaliação do estado de conservação da espécie e validação dos métodos.

Palavras chave: *Mazama*; Armadilhas Fotográficas; Fezes; Cerrado; Ecologia

Abstract

Demographic data such as density can contribute to the elaboration of species conservation strategies. Regarding the species of the genus *Mazama*, the density estimates show differences among studies, mainly due to the low detectability of the species. Non-invasive sampling methods, e.g. camera trap and fecal samples, are alternatives to study elusive species. Three models for density estimates have proved to be promising and efficient for species without any individual marks: “Random Encounter Model”, “Distance Sampling” (generated with camera traps data) and “Fecal Stand Crop”. Therefore, the present study compares non-invasive detection methods for density estimates. The density values found for *Mazama gouazoubira* in an area of Cerrado differed according to the methods: 11.85 ind/km² using the random encounter model; 10.49 ind/km² in distance sampling; 0.24 ind/km² in the fecal pellet counting using a scat detection dog. The discrepancy in the values suggests that environmental factors and methodological parameters influence the results. Those, associated with different estimation models may present a considerable impact on the assessment of the conservational status of the species and validation of the methods.

Key words: *Mazama*, camera trap; feces; Cerrado; ecology

1 Introdução

A densidade de uma espécie é um parâmetro muito importante no estudo da ecologia, fornecendo subsídios para monitorar tendências temporais da abundância populacional e comparar populações entre diferentes locais (NICHOLS & WILLIAMS, 2006). Para estratégias de conservação, dados populacionais como: tamanho, crescimento, redução, expectativa, etc são importantes na composição do cenário daquela população. Entender os fatores que podem variar as tendências populacionais e os fatores que interferem no bioma em que ocorrem, são essenciais para o entendimento da ecologia da espécie e aplicação de estratégias conservacionistas. O tamanho da área utilizada por esses animais dependem de certas condições, como distribuição de alimentos e energia, possibilidades de reprodução, risco de predação, competição e do ecossistema onde ocorrem (HUTCHINSON, 1959; CURRIE & FRITZ, 1993)

Dada a elevada importância de dados ecológicos acurados para o manejo conservacionista das espécies, técnicas adequadas são necessárias para alcançá-los. No entanto, a quantidade de métodos disponíveis para estimar a densidade de uma espécie é considerável, sendo um desafio decidir qual método é o melhor e o mais adequado para diferentes espécies em diferentes contextos.

A família Cervidae, no Brasil, é atualmente representada por oito espécies. Destas, cinco são do gênero *Mazama* (Rafinesque, 1817), *M. americana*, *M. bororo*, *M. nemorivaga*, *M. gouazoubira* e *M. nana* (DUARTE; MERINO, 1997; ROSSI, 2000). Essas espécies apresentam características comuns ao grupo, representado por animais de pequeno porte comumente inclusos no grupo dos “pequenos cervídeos florestais solitários”. As espécies do em folhas, frutos e brotos, associados a ambientes florestais (BARRETE, 1987; VOGLIOTTI, 2008; OLIVEIRA, 2015; PERES, 2015). Entretanto, algumas exceções podem ser encontradas entre as espécies. Uma delas diz respeito ao ritmo circadiano com atividades predominantemente noturnas para algumas espécies e predominantemente diurnas para outra espécies (OLIVEIRA et al., 2016).

Os parâmetros ecológicos, como distribuição e densidade das espécies do gênero *Mazama* são ainda vagos. A densidade apresenta, conforme diferentes autores, grandes

discrepâncias, variando de 15 indivíduos/km², em ambiente de Mata Atlântica (FERREGUETTI et al. 2015) até 30,57 indivíduos/km², no Chaco boliviano (RIVERO et al., 2004). Isso pode ocorrer em função do habitat onde foram feitas as estimativas. Para o veado catingueiro, a densidade varia de 0,24 indivíduos/km² (DESBIEZ et al., 2010) à 8,5 indivíduos/km² (SCHALLER, 1983) no Pantanal, por exemplo. Já no Cerrado, os valores variam entre 0,35 indivíduos/km² (MARQUES E SANTOS JR., 2003) e 0,81 indivíduos/km² (LEEUEWENBERG E RESENDE, 1994) demonstrando baixa variação em relação aos outros biomas. A utilização de diferentes métodos também pode ser a causa de tamanha discrepância nas estimativas de densidade. Metodologias baseadas em coleta fecal tendem a obter valores altos de densidade, como 30,57 indivíduos/km² (RIVERO et al., 2004). Já metodologias baseadas em avistamentos, tendem a obter valores mais baixos como 4,4 indivíduos/km² (RIVERO et al., 2004). Tratando-se de animais de hábito elusivo e solitário, para os quais a captura e o avistamento são dificultados, os métodos de coleta de dados mais adequados são os métodos indiretos e não invasivos (OLIVEIRA, 2010).

Um método que contorna muitos dos desafios associado à estimativas demográficas é o uso de câmeras de sensoramento remoto. O armadilhamento fotográfico é uma das alternativas para obtenção de dados dessas espécies, visto que a captura desses animais, além de ser invasiva, pode não somente causar dano aos indivíduos daquela população, mas também tornar a coleta restrita e trabalhosa. Essa metodologia é eficaz na coleta de dados durante o dia e a noite, proporcionando informações sobre a distribuição de espécies, o uso do habitat (HENSCHER & RAY 2003; SILVEIRA, JACOMO & DINIZ-FILHO 2003), a estrutura populacional e o comportamento (SILVEIRA, JACOMO & DINIZ-FILHO 2003). Contudo, as fotografias podem capturar imagens dos mesmos animais mais de uma vez. Os indivíduos podem ser identificados se houverem marcações naturais, como padrão de manchas, coloração da pelagem e ramificação de chifres. Nos estudos feitos por Karanth (1994), por exemplo, a abundância, densidade, sobrevivência e recrutamento de populações de tigres foram estimados por meio da metodologia de captura e recaptura por armadilhamento fotográfico. Porém, em tais animais, era notável a heterogeneidade entre os indivíduos dado o padrão polimórfico da pelagem bastante evidente. Outro exemplo de padrão polimórfico que distingue indivíduos da mesma espécie são os chifres ramificados de cervo-do-Pantanal (*Blastocerus dichotomus*) (PERES et al., 2017). Já nas espécies de

cervídeos do gênero *Mazama* não são encontradas características marcantes e particulares entre os indivíduos, o que não propicia a utilização do método de captura e recaptura tradicionalmente utilizado com armadilhas fotográficas.

No intuito de contornar tais deficiências, Jennelle, Runge e Mackenzie (2002) sugerem a realização de estimativas de densidade através das taxas de captura de câmeras, modelando o processo de observação. Neste caso, o desenvolvimento do modelo de encontro aleatório, (Random Encounter Model) proposto por Rowcliffe et al. (2008), sugere uma modificação de um modelo de gás ideal (YAPP, 1956; HUTCHINSON E WASER, 2007), no qual a captura corresponde ao encontro de partículas. O modelo citado, utiliza armadilhas fotográficas cujos sensores detectam qualquer movimento na área de cobertura das câmeras que podem ser ajustadas para capturar imagens dentro de um intervalo de tempo, fornecendo parâmetros necessários para as estimativas de densidade. Esse modelo assume que a densidade pode ser derivada da taxa de contato entre os animais e as câmeras, baseando-se no modelo bidimensional de gás ideal. Como premissa, assume-se que: a) a população seja fechada; b) os animais se enquadrem ao modelo de gás ideal; c) considera-se os registros fotográficos como contatos independentes entre animais e câmeras; d) as câmeras estejam distribuídas de forma aleatória em relação ao ambiente (ROWCLIFFE et al. 2008).

A precisão da estimativa de densidade é influenciada pela quantidade e alocação espacial do esforço amostral (ROWCLIFFE et al. 2008). Esses mesmos autores, exploraram o efeito do aumento do esforço amostral na precisão das estimativas de densidade, por meio de simulações. Descobriram que, se as armadilhas fotográficas forem implementadas por um período de tempo pré estabelecido, a precisão aumenta conforme 20 câmeras instaladas e continua a aumentar, lentamente, além dessa quantidade. Foi sugerido que um total mínimo de 10 detecções são necessárias para o cálculo de estimativas de densidade, razoavelmente precisas (ROWCLIFFE et al. 2008). Esse total de detecções é a soma de todos os pontos amostrais, e cada detecção é representada por um registro independente ou contato. Ou seja, embora possa haver vários registros em uma sequência no momento, só é considerado um registro independente a partir do momento em que o animal entra no cone de detecção da armadilha fotográfica.

A probabilidade de detecção pela câmera depende de alguns fatores, sendo alguns deles: a posição do animal em relação à câmera, ou seja, animais são menos propensos a ser detectados à medida que passam mais longe do sensor; a posição de instalação da câmera em relação ao tamanho do animal, pois aqueles que passam perto da câmera podem ser não detectados por estarem abaixo do campo de visão (ROWCLIFFE et al, 2011). A fim de contornar tais deficiências, esses mesmos autores propuseram a utilização da amostragem por distância de Buckland et al. (2001) usando funções de detecção adaptadas para contornar essas variáveis de detecção. Logo, também com a utilização das armadilhas fotográficas, é possível a obtenção de estimativas de densidade por amostragem de distância (HOWE, 2017). O método de distâncias consiste na contagem de indivíduos ao longo de uma transeção ou pontos, estipulando uma área de detecção com a premissa de que todos os animais serão detectados na distância mais próxima da câmera (BUCKLAND et al., 2001). Portanto, a densidade estimada para uma área total pode ser calculada usando o conjunto destas unidades amostrais (BUCKLAND et al. 2001)

Em se tratando de estudar espécies elusivas, que não proporcionam fácil observação e coleta de dados, as amostras fecais também representam um material prontamente disponível, fácil de coletar e que pode oferecer uma série de informações (PUTMAN, 1984). Assim, outra metodologia alternativa que pode ser utilizada para a estimativa de densidade de espécies do gênero *Mazama* é a contagem de amostras fecais aplicada à modelos de Fecal Standing Crop. Esse método consiste em contagens de pilhas fecais em determinada área, dentro de um intervalo de tempo (NEFF, 1968). Para essa metodologia basta apenas uma visita na área de estudo para obter uma estimativa de densidade e os parâmetros levados em consideração para a estimativa são: taxa de defecação da espécie e tempo de decomposição das fezes naquele ambiente (MAYLE et al. 1999). Entretanto, a obtenção em grande quantidade das amostras fecais é outra dificuldade no caso dos cervídeos do gênero *Mazama*, já que estas são inconspícuas e confundem-se com a serrapilheira. Uma das maneiras de se contornar esse problema e aumentar a detectabilidade das amostras é a utilização de cães farejadores, que indicam o local da defecação efusivamente (OLIVEIRA et al., 2012). Cães farejadores de amostras de vida selvagem veem sendo bastante utilizado em estudos de conservação (OLIVEIRA, 2015; BEEBE et al. 2016). Dada a eficiência do cão nos encontros de amostras fecais, Silva e colaboradores (2020) propuseram a utilização do cão farejador na

contagem de pilhas fecais, incorporando os parâmetros de eficiência de detectabilidade do cão ao modelo de estimativa.

A escolha da metodologia adequada e o planejamento das amostragens devem levar em conta os hábitos e habitats da espécie interesse. Dessa forma, esses dois métodos de detecção, o armadilhamento fotográfico e as fezes, parecem ser opções eficientes para a obtenção de dados de densidade das espécies elusivas de cervídeos.

2. Objetivo

O objetivo do trabalho é estimar a densidade e comparar os métodos de detecção na obtenção da estimativa para a espécie *Mazama gouazoubira* por três métodos não-invasivos.

3. Revisão de Literatura

3.1 Pequenos Cervídeos Florestais

As espécies do gênero *Mazama* representam o grupo mais diverso dentre os cervídeos neotropicais (EISENBERG, 2000). As espécies deste grupo são encontradas desde o sul do México até o centro da Argentina, por toda a América Latina (EISENBERG & REDFORD, 1999) ocupam grande variedade de habitats, desde florestas à alagados e cerrado. Este gênero é um grupo polifilético que se divide em dois clados, vermelho e cinza, cujas espécies convergiram morfológicamente para habitarem ambientes florestais semelhantes (DUARTE et al. 2008). Das cinco espécies de *Mazama* que são encontradas no Brasil: *M. Americana*, *M. Nana*, *M. Bororo*, *M. Gouazoubira*, *M. Nemorivaga*, as três primeiras espécies pertencem ao clado vermelho, enquanto as duas últimas ao clado cinza (DUARTE ET AL. 2008).

Oliveira e colaboradores em 2016 revelaram que o ritmo circadiano deste gênero possui restrição filogenética, sendo a atividade das espécies do clado vermelho noturna e das espécies do clado cinza diurna. Já o uso de habitat tem sido avaliado por transectos lineares (FERREGUETTI ET AL. 2015), DNA fecal (PERES, 2015) e por armadilhas fotográficas (VOGLIOTTI 2003; GROTTA-NETO ET AL. 2020).

Embora diverso, a convergência morfológica resultou em espécies com muitas similaridades física e morfológicas, as quais dificultam a identificação por meio da visualização e registros fotográficos (GROTTA-NETO ET AL 2020). Além disso, as espécies possuem comportamento elusivo e habitam ambientes de difícil acesso, como florestas de vegetação densa e terrenos íngremes. Assim, a identificação, captura e monitoramento dos animais em vida livre é um enorme desafio para pesquisadores (GROTTA-NETO ET AL 2020).

3.2 Estimativa Populacional por Amostra Fecal

O método de contagem de pilhas fecais (Fecal Standing Crop) consiste em um modelo de estimativas de densidade que considera todas as amostras fecais da espécie alvo encontradas em uma área, a taxa de defecação diária da espécie, e o tempo de persistência da amostra no ambiente em determinado intervalo de tempo ou estação. Assumindo, que a abundância de fezes é proporcional ao número de animais presente e ao número de defecações diárias (MAYLE et al. 1999). Esse método foi desenvolvido por Bennett et al. (1940) e modificado por diferentes autores para melhorar sua exatidão e precisão (por exemplo, MAYLE et al. 1999; KREBS et al. 2001).

A detectabilidade das fezes pode depender de fatores ambientais como vegetação, clima, e até mesmo das características inerentes à espécie alvo, como dieta e tamanho dos excrementos. Pode depender também da capacidade de detecção das amostras por um determinado observador (THEUERKAUF et al. 2008). Em 2012, Oliveira e colaboradores estudaram a utilização de cães farejadores de amostras fecais de cervídeos em ambiente florestal. Os mesmos autores concluíram que os cães farejadores detectam as amostras com muito mais eficiência do que os humanos, encontrando 0,20 amostras/km em decorrência de zero amostras, respectivamente.

Silva e colaboradores (2020) propuseram utilizar cão farejador na contagem de pilhas fecais, incorporando os parâmetros do observador cão à estimativa do método. Os parâmetros adicionadas foram: a largura estimada da faixa amostral, ou seja, a distância perpendicular máxima (largura) do transecto, que o cão consegue detectar as amostras; a eficácia de

detecção do cão, porcentagem de amostras encontradas; e a eficácia do cão para detectar amostras com diferentes idades desde a deposição. Os mesmo autores destacam que os resultados em estimativas de densidade são maiores quando utilizados os parâmetros do cão farejador e, ressaltam a importância de uma avaliação prévia do cachorro ao incorporar os parâmetros no método, visto que a eficácia de detecção do cão pode aumentar conforme a experiência de trabalho do mesmo. Também, os mesmo autores, revelam que a eficácia do cão diminui em função do tempo de deposição da amostra no ambiente e em função da distância que a amostra se encontra do transecto.

Alguns estudos utilizando a método de contagem de pilhas fecias obtiveram resultados discrepantes de densidade para espécies do gênero *Mazama*. Rivero e colaboradores (2004) estimaram a densidade de *M. gouazoubira* em 6,77 e 30,57 ind./km² e de *M. americana* em 3,52 e 6,98 ind./km² durante as estações úmida e seca, respectivamente. Os autores citados anteriormente acreditam que os resultados podem estar superestimados devido à baixa taxa de defecação utilizada (5 defecações/ dia), podendo esta ser mais alta na natureza. Periago & Leynaud (2009) também utilizaram do método para estimar a densidade de veado catingueiro e obtiveram valores de 4,41 ind./km² no verão e 5,12 ind./km² no inverno, utilizando a taxa de defecação encontrada por Neff (1968) de 13 defecações diárias.

3.3 Estimativa Populacional por Armadilhamento Fotográfico

O armadilhamento fotográfico é um método de detecção não invasivo de baixo custo operacional, visto que uma vez comprado o aparelho este tem durabilidade alta, tendo apenas que ser abastecido por baterias (KUCERA & BARRETT, 2011). Entretanto, a utilização inadequada das armadilhas fotográficas podem resultar em detecção deficiente. Assim, estudos que utilizam esse método de detecção devem ser rigorosamente testados para otimizar a detecção das espécies-alvo (STOKELD et al. 2015; APPS & MCNUTT, 2018). É necessário levar em consideração probabilidades de detecção imperfeitas dos organismos do estudo. Essas, podem ocorrer em virtude dos indivíduos não entrarem na zona de detecção, mas estarem presentes na área, ou por passarem pela zonas de detecção e não serem detectados (BURTON et al. 2015; MCINTYRE et al. 2020). É de extrema importância que os aparelhos sejam instalados da maneira correta conforme a espécie estudada, McIntyre e

colaboradores (2020) recomendam a calibração individual das câmeras antes das instalações em campo.

Estudos que utilizam da aleatoriedade ou até mesmo os estudos sistemáticos com origem aleatória são consistentes com a hipótese de que as armadilhas fotográficas são instaladas independentemente da localização dos animais (HOWE et al, 2017; ROWCLIFFE 2013). Diferentes orientações da câmera são aconselháveis para o desing de um estudo, podem ser selecionadas aleatoriamente ou a mesma orientação pode ser usada para todas as câmeras. Por exemplo, instalar a câmera em uma árvore próxima para evitar um campo de visão ofuscado, não influenciaria as estimativas, desde que a equipe de campo não vise intencionalmente as características do habitat conhecido por ser preferido ou evitado pelos animais (ROWCLIFFE et al, 2008, HOWE et al, 2017).

Estimativas feitas conforme a metodologia de armadilhamento fotográfico se basearam, por muito tempo, apenas na captura e recaptura dos animais, por exemplo, o estudo de Karanth (1995) que utilizou padrões de pelagem para uma população de tigres e Peres et al (2017) que utilizaram ramificações de chifres para estimar parâmetros populacionais do cervo-do-pantanal. Assim, para aquelas espécies que não possuíam marcas individuais, não era possível a utilização do método de detecção. Em 2021, Gilbert e colaboradores relataram essa discrepância, ressaltando a alta quantidade de publicações para estimativas de abundância em indivíduos marcados em relação aos poucos trabalhos com indivíduos que não possuem marcações naturais, destacando o desenvolvimento de novas metodologias a partir de 2013. Poucos pesquisadores (cerca de 5% nos últimos 5 anos) tentaram estimar a abundância absoluta de populações não marcadas (GILBERT et al. 2021).

Em 2008, Rowcliffe et al. propuseram a utilização de um modelo de encontro aleatório (Random Encounter Models - REM) que considera a taxa de contato do animal com a câmera para estimar a densidade. O modelo depende de parâmetros imparciais de zona de detecção, características do sensor, e características biológicas do animal, como movimento e atividade, para estimar a densidade (ROWCLIFFE et al. 2008). O modelo foi desenvolvido com o intuito de obter dados demográficos de animais que não possuem marcações individuais a partir da utilização de armadilhas fotográficas.

O “Random Encounter Model” têm sido usado para uma gama variada de espécies e habitats, porém ainda há poucos estudos validando o método. Com pequenos mamíferos, em paisagens urbanas ainda são poucos os trabalhos, um exemplo recente, foi o estudo feito para avaliar a aplicação da metodologia para estimativa de densidade do ouriço europeu, *Erinaceus europaeus* (SCHAUS, et al. 2020). Além disso, apenas alguns estudos tentaram validar a exatidão e precisão do método por meio de comparações, sejam elas com populações de densidade conhecida, por exemplo as espécies utilizadas no estudo do Rowcliffe et al. (2008), ou comparações com outro método, como de captura-recaptura, como no estudos de Anile e colaboradores (2014) em estimativas de densidade populacional de gatos selvagens.

Estudos utilizando o modelo de encontro aleatório foram efetuados por meio da implantação de câmeras instaladas aleatoriamente com bastante sucesso (ROVERO E MARSHALL, 2009; MELO et al., 2012). Por aleatório, atribui-se o que Rowcliffe et al. (2013) esclareceram: O posicionamento das câmeras não deve atrair nem evitar os animais; Paisagens atrativas ou não sejam amostradas em proporção na área de estudo; A movimentação dos animais é aleatória em relação as câmeras. O modelo permite a determinação da estimativa de densidade a partir de indivíduos que não possuem identificação individual, dependendo apenas de três variáveis biológicas: o tamanho médio do grupo de indivíduos, a taxa de atividade e a velocidade média diária destes e ainda duas características do sensor da câmara: distância e ângulo em que detecta os animais (ROWCLIFFE, et al., 2008).

O modelo de encontro aleatório não permite inferências sobre a variação espacial. Ou seja, que as câmeras sejam instaladas propositalmente em variáveis que podem de alguma maneira tendenciar os dados, sejam trilhas, iscas, tocas, etc, os animais não podem ser atraídos e nem evitarem as armadilhas fotográficas (ROWCLIFFE et al. 2013). Ao implementar o método, o pesquisador deve pensar cuidadosamente sobre as fontes potenciais de preconceito para evitá-las ou contorná-las (CUSACK et al, 2015; BRAGA, 2019). Cusack e colaboradores (2015), por exemplo, usaram o método para estimar a densidade de leões africanos (*Panthera leo*) e descobriram que câmeras colocadas sob a sombra de árvores (que atraíam leões) levaram a estimativas tendenciosas. Contornaram esse vies apenas utilizando o período noturno de captura na estimativa. Braga (2019) notou que em algumas ocasiões as

espécies interagiram com armadilhas fotográficas, o que poderia levar a estimativas tendenciosas da velocidade média. A fim de evitar esse problema, excluíram as ocasiões em que os animais estavam interagindo com a câmera, no entanto, ressaltaram que deixar de identificar todas as ocasiões poderia levar a algum nível de viés.

O método de amostragem por distâncias (Distance Sampling), foi desenvolvido por Buckland e colaboradores em 1993, visando corrigir erros de visibilidade através da seleção de modelos que consideram transectos ou pontos, para detectar e estimar o número de animais avistados. Diante dos desafios da amostragem por avistamento para algumas espécies, principalmente para as elusivas, Howe et al. (2017) decidiram testar as possibilidades da utilização das armadilhas fotográficas na amostragem do Distance. Quando imagens de animais são registradas, estima-se a distância horizontal radial entre o ponto médio de cada animal e a câmera (HOWE, et al 2017). Considera-se os dados como uma série de momentos, e a estimativa da densidade segue os métodos de transecto de ponto padrão (BUCKLAND et al. 2001). O método parece ser uma boa alternativa embora seja ainda recente e em desenvolvimento por diversos autores.

Estudos utilizando o método de distância, assim como o de encontro aleatório, devem ter uma amostragem randomizada (ROWCLIFFE, 2013; HOWE et al, 2017), recomenda-se que as pesquisas incluam muitos locais de amostragem para uma melhor precisão. Isso poderia ser alcançado aumentando o número de câmeras implantadas, ou, para evitar grandes aumentos nos custos de equipamentos, movendo câmeras entre locais durante a pesquisa (ROWCLIFFE, et al. 2008; CAPPELLE, et al. 2019).

4. Material e Métodos

4.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado na Estação Ecológica de Santa Bárbara (EESB), uma Unidade de Conservação localizada no centro do estado de São Paulo, Brasil (coordenadas geográficas). A EESB possui área de 27 km², formada por um mosaico de cerrado *lato sensu*, matas ciliares, áreas com Floresta Estacional e porções com talhões de Pinus (citação? Plano de manejo?). A unidade é dividida em quatro áreas pelas rodovias SP-

280 (Castelo Branco), e duas estradas não pavimentadas, a SP-261, e a estrada da Erva, sendo ao sul sua divisa com a área urbana. A EESB está localizada na cidade de Águas de Santa Bárbara, que está em 529m acima do nível do mar e de acordo com o sistema de classificação global Köppen-Geiger apresenta tipo climático Cwa - clima quente e úmido com inverno seco. A pluviosidade ao longo do ano, oscila entre 1000 e 1300 mm, mesmo no mês mais seco. A temperatura média anual em Águas de Santa Bárbara é 21.0 °C (EESB, 2011).

4.2 Coleta de Dados

4.2.1 Fecal Standing Crop

A contagem das pilhas fecais foi realizada em oito transectos distribuídos de maneira a abranger as diferentes fitofisionomias da área de estudo (Figura 1), totalizaram 9478m de transecto percorridos. A localização das amostras foi feita por um cão farejador. Os trajetos foram percorridos com o cão farejador previamente treinado para o encontro de fezes de cervídeos. O cão, de propriedade do Núcleo de Pesquisa e Conservação de Cervídeos (NUPECCE), é mantido sob rígido controle sanitário para evitar a introdução de enfermidades nas áreas de estudo. O pesquisador se manteve sempre junto à linha estabelecida para o trajeto e o cão realizou incursões em um raio em torno do mesmo. Fez parte do treinamento do cão uma habituação à presença de outros animais, como medida para evitar que ele interagisse com a fauna nativa durante o trabalho em campo (SILVA ET AL, 2020). A área amostrada foi calculada com base no comprimento das trilhas percorridas com o cão e na largura da faixa amostral efetiva do faro do animal.



Figura 1. Transectos na E. E. de Santa Bárbara.

Os parâmetros do cão foram calculados através de experimentos montados na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, na cidade de Jaboticabal, e realizados na mesma época e estação do ano da coleta de dados. As amostras fecais utilizadas foram coletadas de animais em cativeiro (*Mazama gouazoubira*) pertencentes ao Núcleo de Pesquisa e Conservação de Cervídeos - NUPECCE. A dieta desses animais foi modificada pelo período de uma semana, afim de coletarmos fezes similares às encontradas em natureza.

Em um primeiro experimento, calculamos a eficiência do cão em função da distância perpendicular do transecto. Distribuímos 120 amostras (pilhas fecais com 20 cibalos cada) ao redor de um transecto de 1200 m. A cada 10 metros de transecto, uma amostra era alocada em uma distância anteriormente sorteada. As amostras foram colocadas em distâncias variáveis (0, 3, 6, 9, 12 e 15 m) perpendicular à linha central do transecto, para ambos lados. Após essa deposição, o condutor do cão foi caminhando no comprimento do transecto com o cachorro, que caminhava livremente em busca de amostras. O cão vasculhou ambos os lados do transecto sem nenhuma interferência. Após cada detecção, a busca era reiniciada partindo da linha central do trajeto. Consideramos a eficácia da detecção do cão (P) como a porcentagem de amostras encontradas dentro da faixa estimada. Para a análise da quantidade

de amostras encontradas na largura máxima, foram feitos diferentes modelos (linear, exponencial negativo e *hazard-rate*) e a escolha entre eles foi através da soma do quadrado do erro.

Em um segundo experimento, determinamos a eficiência do cão em função da idade das amostras fecais, para obter a idade máxima das fezes passíveis de serem detectadas (A). Nesse experimento foram utilizados quatro transectos, cada um em uma área reflorestada diferente do campus. Neles foram distribuídas 20 pilhas fecais, alocadas à 10 metros de distância entre elas. Um desses quatro transectos foi percorrido pelo cão farejador e seu condutor no dia 0, iniciando o experimento. Foram percorridos após 7, 14, 21, 28, 35, 41, 48, 61, 75, 89, até 114 dias, todos os quatro transectos, a cada semana apenas um transecto era percorrido, alternando entre eles. Em cada busca era computado o sucesso do cão na forma de porcentagem de amostras encontradas. Para a análise da quantidade de amostras encontradas conforme o tempo de deposição, foram feitos diferentes modelos (linear, exponencial negativo, duplo decaimento exponencial, meio normal e *hazard-rate*) e a escolha entre eles foi através da soma do quadrado do erro. Resultando então na idade máxima em que as fezes são potencialmente encontradas pelo cão farejador.

A persistência das fezes no ambiente (T) foi medida através de um experimento montado na estação ecológica foco do presente estudo. Foram distribuídas nove amostras fecais obtidas de cativeiro, com 20 cíbalos cada, ao longo de três transectos que abranjeram diferentes locais da área de estudo. Nos transectos as amostras foram distribuídas a cada dez metros. A persistência foi avaliada pela contagem dos cíbalos fecais diariamente na primeira semana, semanalmente nas duas semanas seguintes e mensalmente até atingir três meses. Para a análise dos dados, foram feitos modelos linear e de duplo decaimento exponencial e a escolha entre eles foi através da soma do quadrado do erro.

A taxa de defecação utilizada para *M. gouazoubira* foi de 5 defecações diárias, encontrada na literatura (RIVERO, et al. 2004).

A estimativa de densidade, através do método de contagem de pilhas fecais foi calculada pela seguinte fórmula adaptada por Silva, 2020:

$$D = \frac{\frac{N}{\frac{Wd \times L}{P}}}{R \times \text{Min}(T, A)}$$

Onde:

D = Densidade, N = Número de amostras fecais encontradas, Wd = Largura estimada da faixa amostral, L = Comprimento da faixa amostral, P = Eficácia de detecção de cães, R = Taxa de defecação da espécie por dia, T = Tempo médio de persistência fecal em dias, A = Idade máxima das fezes para detecção de cães.

4.2.2 Amostragem e Estimativa baseada em Armadilhamento Fotográfico

A obtenção dos dados de densidade nesse delineamento ocorreu através de registros capturados por armadilhas fotográficas e a aplicação do modelo de encontro aleatório, (Random Encounter Models - REM) e do modelo de amostragens por distâncias (Distance Sampling).

Para a coleta de campo, o estudo contou com armadilhas fotográficas da marca Reconyx, modelo HyperFire 2 Professional HP2W. Essas armadilhas são acionadas com um sensor de movimento infravermelho para gravar uma imagem digital, usando um flash no período da noite. Foram 23 pontos amostrais distribuídos sistematicamente na área de estudo (Figura 2) e de maneira cega em relação ao ambiente. As armadilhas fotográficas eram distanciadas em 2km umas das outras. Esses pontos foram amostrados por 70 dias ($\pm 68,9130$; CV=0,011), nos meses de Fevereiro à Abril de 2020.

Sem interferir na sistemática espacial, tomamos algumas decisões para não prejudicar a amostragem. As câmeras foram fixadas nas árvores mais próximas à localização gerada pela sistematização dos pontos amostrais na área de estudo, à aproximadamente 20 cm do solo e anguladas para serem paralelas à inclinação do terreno. Caso não existisse árvore nas proximidades, enterrávamos uma estaca no ponto marcado para usar como apoio na instalação. A visualização foi aperfeiçoada ao direcioná-las da forma mais adequada, com menos vegetação ou declive, uma vez que o crescimento foliar, ao longo do tempo, poderia obstruir ou prejudicar o campo de visão fotográfico ou até mesmo ocasionar falsos disparos.

A direção do sensor infravermelho em campo é importante, visto que a incidência direta dos raios solares pode também causar falsos disparos. Deste modo, as armadilhas fotográficas foram direcionadas evitando o sol, preferindo aponta-las para o Sul geográfico, caso não fosse possível, a opção seria a direção Norte. Para garantir a colocação aleatória com relação aos movimentos dos animais, nenhuma isca foi usada, nem foram feitas tentativas de colocar câmeras nas trilhas ou qualquer outros recursos que possam aumentar as taxas de captura.

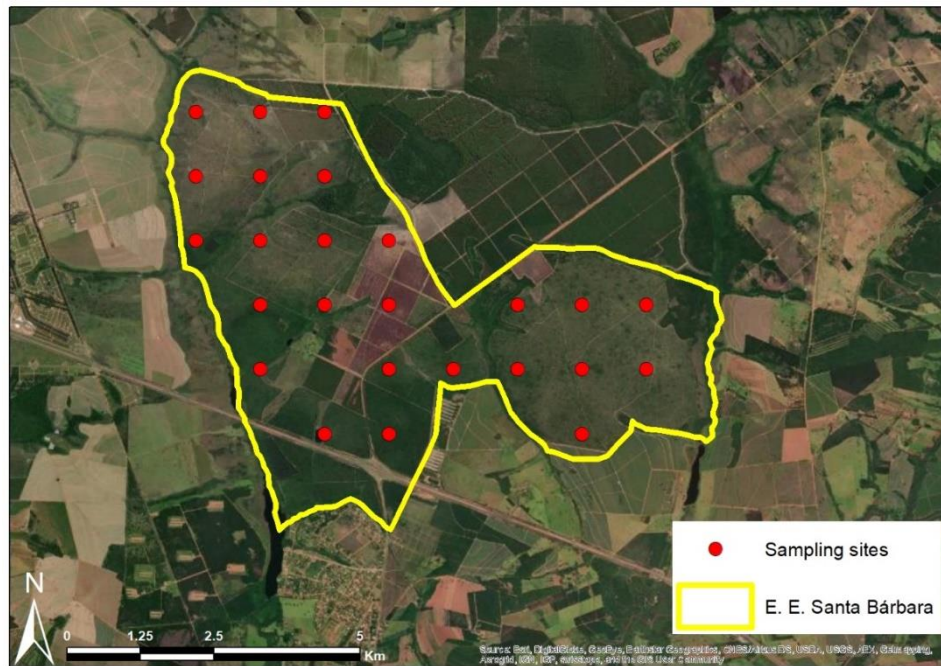


Figura 2. Distribuição dos pontos amostrais na E. E. de Santa Bárbara.

As configurações das armadilhas fotográficas foram selecionadas para estas funcionarem 24 horas por dia, registrarem em cada foto, a data e o horário de captura e os sensores foram programados para disparar assim que o movimento fosse detectado, definido para alta sensibilidade. As câmeras foram configuradas para um intervalo de captura, entre uma foto e outra, de 1 segundo, de modo que todos os movimentos fossem registrados.

Para estimar a distância dos indivíduos capturados pela foto da armadilha fotográfica, calibramos as medidas da imagem em relação às medidas reais durante a instalação da câmera. Para tal, o pesquisador andava em frente à câmera indicando, com os dedos, a distância que se encontrava do sensor (Figura 3). Para aumentar a visibilidade das distâncias

nas primeiras fotografias de calibragem, foram utilizados marcadores (bandeirinhas de papel colorido de 50 cm de altura, e fita métrica) apenas para os primeiros registros, posteriormente foram retiradas. Os marcadores serviram como auxílio nas marcações do pesquisador e facilitaram na calibragem de distância e ângulo naquele ponto. Os marcadores foram dispostos na frente do sensor da câmera, em intervalos de 1, 2, 4, 6, 8, e 10 m de distância do sensor em linha reta e a 15° à direita e à esquerda.



Figura 3. Marcações de distância e ângulo

Para as análises pelo método de encontro aleatório e amostragem por distância, as fotografias de *M. gouazoubira* foram gerenciadas e etiquetadas usando um programa de processamento de fotos chamado Exif Pro, associado ao programa Epic Pen que auxiliou nas marcações de referência nas fotos. Assim, foram anotadas em etiquetas associadas ao arquivo da foto as seguintes características: distância e ângulo em que o animal se encontra da câmera, se é ou não o primeiro contato daquele indivíduo no cone de detecção da armadilha fotográfica, a espécie, a data e o horário do registro, assim como a localização daquele ponto. A distância e ângulo que o animal se encontrava foi considerada diretamente abaixo do centro de gravidade do animal. Passados todos os registros no programa, este gerou uma tabela como todos os dados separadamente por foto, podendo assim serem analisados no programa estatístico R (R Core Team, 2017).

A densidade para o modelo de encontro aleatório foi calculada através da equação descrita por Rowcliffe et al (2008) e adaptada por Rowcliffe et al (2014) e Rowcliffe et al (2016):

$$D = \frac{c\pi}{Tvpr(2 + \theta)}$$

Onde:

D = Densidade; C = Número de eventos independentes; T = Esforço amostral; v = Velocidade de deslocamento da espécie; p = Taxa de atividade da espécie; r = Raio de detecção da armadilha fotográfica; θ = Ângulo de detecção da armadilha fotográfica.

Definimos o número de eventos independentes (C) como um indivíduo (*M. gouazoubira*) entrando e saindo do cone de detecção da armadilha fotográfica. Portanto, consideramos fotografias consecutivas de um indivíduo permanecendo na frente do sensor da câmera como o mesmo evento. O esforço amostral (T) é o período total de tempo (em dias) que as armadilhas fotográficas estavam funcionando em cada ponto de amostragem. A velocidade de deslocamento da espécie (v) foi retirada de dados não publicados, encontrada por outros pesquisadores, com monitoramento de rádio collar de seis indivíduos no Pantanal. A taxa de atividade da espécie (p), foi calculada com base na proporção de atividade da espécie nas 24 horas do dia. O raio de detecção da armadilha (r) e o ângulo foram calculados para cada armadilha fotográfica através da primeira foto de contato do indivíduo no cone de detecção.

Todos esses parâmetros foram reunidos para estimar a densidade. Os resultados de densidade obtidos são referentes à cada armadilha fotográfica, obtendo, no final, um resultado médio da área de estudo. A área considerada pelo modelo de encontro aleatório e na amostragem por distância, corresponde a área total de amostragem pelas armadilhas fotográficas.

Os dados da amostragem por armadilhamento fotografico também foram utilizados para o método Distance. O conjunto de dados obtidos foram realocados na fórmula de Howe e colaboradores (2017) para estimativa de densidade:

$$D = \frac{2t \sum_{k=1}^K nk}{\theta w^2 \sum_{k=1}^K Tk Pk}$$

Onde:

D = densidade; t = intervalo de tempo de captura; K = conjunto de pontos; k = ponto de instalação; nk = número total de fotos da espécie; θ = ângulo; w = distância de truncamento; Tk = período de amostragem; Pk = probabilidade de observação da espécie

A localização da câmera instalada é representada por “k”, o conjunto de pontos “K”, o período de tempo da amostragem é “Tk” e “t” é a duração do intervalo de tempo entre uma captura e outra. O esforço temporal no ponto é então medido por “Tk / t”. O ângulo de detecção da câmera (θ) e a distância de truncamento (w), são representados pelo valor médio nos registros da espécie alvo naquele ponto. “nk” é o número de observações da espécie alvo no ponto k, e “Pk” é a probabilidade de que um indivíduo seja detectado naquele ponto.

5. Resultados

5.1 Fecal Standing Crop

No método Fecal Standing Crop a contagem das amostras ocorreu por transecto (n=8) e nos transectos 1 a 8 foram encontradas respectivamente 2, 6, 1, 4, 1, 3, 3 e 0 amostras, totalizando 20 amostras encontradas. O primeiro experimento, realizado para estimar a largura da faixa amostral do cão farejador, obtemos 35,2m de largura máxima considerando os dois lados do transecto (Fig. 4). A área total efetivamente amostrada foi de 0,333 km². A eficiência do cão farejador foi estimada em $P = 0,3183$, ou seja, o cão encontra 31,8% das amostras na faixa amostral. O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o exponencial negativo onde a soma do quadrado do erro foi 977,3 frente à 3102,7 e 9628,4 respectivamente dos modelos linear e *hazard-rate*.

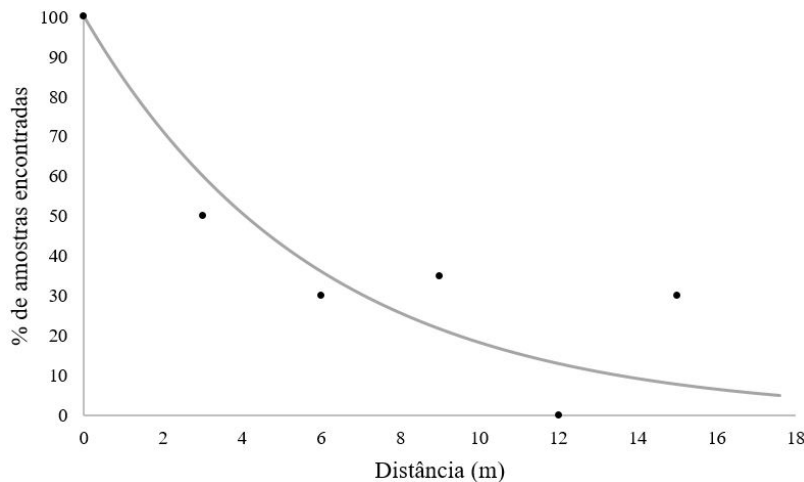


Figura 2. Eficiência de detecção das amostras pelo cão em relação a distância que elas estão do transecto. Pelo modelo exponencial negativo onde a soma do quadrado do erro foi 977,3.

No segundo experimento, calculamos a relação da idade das fezes com o faro do cão. Verificamos que a detecção pelo cão foi possível por mais de 180 dias (Fig. 5). O modelo que mais se ajustou aos dados foi o duplo decaimento exponencial com soma do quadrado do erro igual a 519,3 frente a 1409, 1942, 18889 e 25200 referente aos modelos linear, exponencial negativo, meio normal e hazard-rate respectivamente.

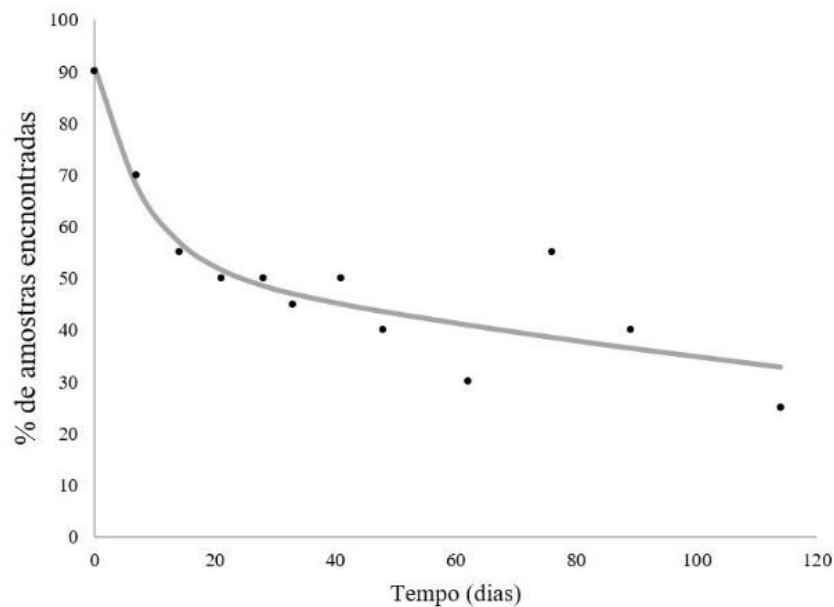


Figura 5. Detecção de amostras pelo cão farejador em relação ao tempo em que as fezes estão no ambiente. Pelo modelo duplo decaimento exponencial com soma do quadrado do erro igual a 519,3.

No experimento montado na área de estudo, afim de sabermos quanto tempo as amostras permanecem no ambiente, obtivemos que 95% das amostras desaparecem em 159 dias após a deposição (Fig. 6). O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o de duplo decaimento exponencial com a soma do quadrado do erro sendo 609 frente à 9400 do modelo linear.

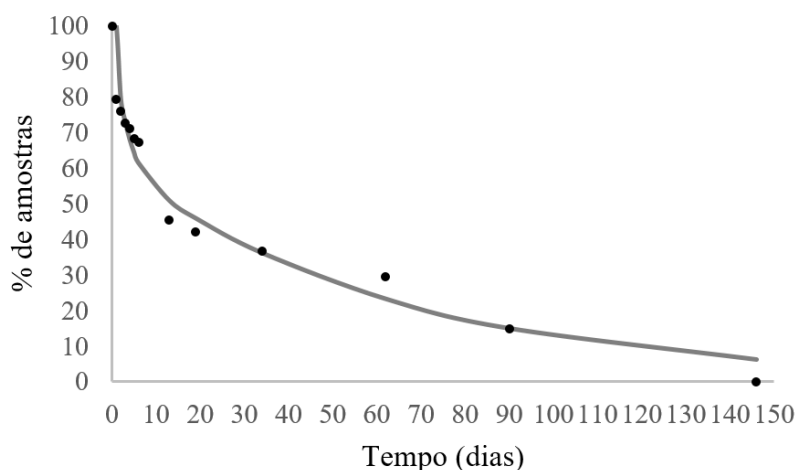


Figura 6. Degradação das amostras em relação ao tempo. Pelo modelo duplo decaimento exponencial com a soma do quadrado do erro sendo 609.

As variáveis utilizadas para a estimativa de densidade pelo método de contagem de pilhas fecais são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Variáveis necessárias para calcular a densidade de *Mazama gouazoubira* a partir da contagem de pilhas fecais usando cão farejador, pelo método de contagem de pilhas fecais adaptado por Silva et al (2020). Para cada variável é apresentado o valor médio ($\bar{x}$) com o erro padrão ($\pm SE$) e o coeficiente de variação (CV).

Dados	$\bar{x} \pm SE$	CV	Fonte de Dados
Número de Amostras Fecais (N, por transecto)	$2,5 \pm 0,7708$	1.92	Amostragem Fezes

Largura da Faixa Amostral (Wd, metros)	35,2		Experimento Cão
Comprimento da Faixa Amostral (L, metros)	1184 ± 423,3		Amostragem Fezes
Eficiência do Cão Farejador (P)	0,3183		Experimento Cão
Taxa Diária de Defecação da espécie (R)	5		Rivero et al, 2014
Tempo médio de persistência fecal (T, dias)	159		Experimento degradação
Idade máxima das fezes para detecção de cães (A,dias)	180		Experimento Cão
Densidade (D, ind/km²)	0,24	0,79	Método FSC*

*FSC= *Fecal Standing Crop* (contagem de pilhas fecais)

A fórmula para o cálculo da densidade foi aplicada para os oito transectos, obtendo um valor de densidade para cada um, e posteriormente encontramos um valor médio correspondente ao valor de densidade de *M. gouazoubira* pelo método de contagem de pilhas fecais, sendo 0,24 ind./km² (CV=0,79).

5.2 Armadilhamento Fotográfico

Utilizando a amostragem por armadilhamento fotográfico, obtivemos 292.951 fotos em 23 câmeras, dos quais 198.374 (aproximadamente 68%) não incluíam animais, uma vez que os disparos foram acionados por folhagens em movimento, por raios solares ou por animais que mexeram na câmera. Foram registrados 46 eventos independentes de cervídeos em apenas 10 câmeras, o esforço amostral foi de 70 dias (±68,9130; CV=0,011).

Os parâmetros considerados para a estimativa de densidade pelo método de encontro aleatório foram apresentados na Tabela 2. A estimativa de densidade resultante nessa metodologia foi de 11,85 indivíduos/km², não apresentando erro padrão pois o valor utilizado para a velocidade da espécie não foi calculado na área. Dentre os métodos utilizados foi o que apresentou maior valor na estimativa de densidade para *M. gouazoubira*.

Tabela 2- Variáveis necessárias para calcular a densidade de *Mazama gouazoubira* a partir das taxas de captura de câmeras usando o modelo de encontro aleatório de Rowcliffe et al (2008). Para cada variável é apresentado o valor médio ($\bar{x}$) com o erro padrão (±SE) e o coeficiente de variação (CV).

Dados	$\bar{x} \pm SE$	CV	Fonte de Dados
Número de registros independentes por armadilha (C)	1,9565 $\pm$ 3,72	1,90	Amostragem A.F.*
Dias amostrados (T)	68,9130 $\pm$ 0,7927	0,011	Amostragem A.F.*
Velocidade de deslocamento (v, m/s)	0,034		Localização GPS (dados não publicados)
Taxa de atividade da espécie (p)	0,4713		Amostragem A.F.*
Ângulo de Detecção (θ , radianos)	1,047		
Raio de Detecção(r)	1,4		
Densidade (D, ind/km ²)	11,8575	-	Método REM*

*A.F. = *Armadilha Fotográfica*

*REM = *Random Encounter Model* (Modelo de encontro aleatório)

Para o método de amostragem por distâncias foi utilizada também a amostragem por armadilhamento fotográfico, obtendo alguns dados semelhantes aos utilizados pelo modelo de encontro aleatório. Esse conjunto de dados (Tabela 3) realocados na fórmula de Howe et al. (2017) gerou um valor de densidade, modelo hazard-rate, de 10,49 ind/km² (SE= 5,09 e CV=0,48).

Tabela 3- Variáveis necessárias para calcular a densidade de *Mazama gouazoubira* a partir das taxas de captura de câmeras usando o Distance Sampling (Howe, et al. 2017). Para cada variável é apresentado o valor médio ($\bar{x}$) com o erro padrão ($\pm SE$) e o coeficiente de variação (CV).

Dados	$\bar{x} \pm SE$	CV	Fonte de Dados
Número de pontos amostrais (K)	23		Amostragem A.F.*
Dias amostrados (TK)	68,9130 $\pm$ 0,7927	0,011	Amostragem A.F.*
Intervalo de tempo (t, segundos)	1		Amostragem A.F.*
Ângulo de detecção da câmera (θ , radianos)	0,4713		Amostragem A.F.*
Distancia de detecção (w)	1,047		Amostragem A.F.*
Registros da espécie (nk)	37.73913 $\pm$ 86.721	2,29	Amostragem A.F.*

Probabilidade de detecção (Pk)	1		
Densidade (D, ind/km ²)	10,49 ± 5,09	0,48	Método Distance

*A.F. = Armadilha Fotográfica

As estimativas de densidade por modelo de encontro aleatório e amostragem por distâncias, que utilizaram do método de detecção por armadilhamento fotográfico, foram os que obtiveram maior valor de densidade para o veado catingueiro na Estação Ecológica de Santa Barbara. Em comparação, o método de detecção por fezes com a utilização do cão farejador, aplicado ao método de contagem de pilha fecais, apresentou menor valor para a estimativa de densidade.

6. Discussão

As metodologias apresentaram valores de densidade para *Mazama gouazoubira* discrepantes entre si. O método de contagem de pilhas fecais foi o que apresentou menor valor, comparativamente muito abaixo em relação aos outros dois métodos.

Quando comparado com valores já descritos na literatura e que utilizaram a contagem de pilhas fecais em estimativas, como o de Periago & Leynaud (2009) que calculou 5,12 ind/km² e de Rivero et al. (2004) que apresentou 30,57 ind/km² para *M. Gouazoubira* no Chaco Boliviano, a estimativa de densidade encontrada no nosso estudo (0,24 ind./km²) é muito baixa. Rivero et al. (2004) atribuíram o alto valor de densidade, encontrado para veado catingueiro, ao uso de uma baixa taxa de defecação calculada apartir de animais de cativeiro (cinco grupos de pelotas por indivíduo por dia) argumentando que essa taxa pode ser mais alta na natureza. No entanto, em nosso estudo foi utilizada a mesma taxa de defecação e obtivemos um valor baixo para a estimativa. Ainda, consideramos os parâmetros do cão farejador no cálculo da estimativa de densidade. Segundo Silva et al. (2020) a utilização dos parâmetros do cão farejador tende à obtenção de valores maiores do que a não utilização dos parâmetros. É importante ressaltar, porém, que essas comparações são referentes a dados da espécie em outras áreas, condições ambientais e tempo, e nós não calculamos a densidade para nossa área de estudo sem considerar os parâmetros do cachorro.

A utilização do cão farejador no método de contagem de pilhas fecais nos propiciou uma busca das amostras muito mais efetiva e em um menor tempo. Porém, as características

do cão podem influenciar na coleta de dados, visto que devemos levar em conta a experiência do animal no trabalho em campo (SILVA et al 2020). É importante assegurar que o animal esteja apto à tarefa em campo antes do início da coleta de dados e que essa tarefa não ultrapasse as condições físicas do animal, comprometendo seu desempenho. Silva et al. (2020) concluíram que a eficácia do cão diminui em função do tempo que as amostras ficam no ambiente, o que também foi confirmado em nosso estudo. Entretanto, em nossas análises, a capacidade de detecção do cão em relação ao tempo em que as amostras ficaram expostas ao ambiente, foi maior do que o tempo em que as fezes permaneceram no ambiente. Portanto, ressaltamos que o ambiente é um fator limitante para a idade das amostras. Caso ocorra de uma amostra permanecer por um longo período de tempo no campo, em outras condições ambientais, a capacidade de detecção do cão pode vir a ser um fator limitante para detecção.

A amostragem pelo cão farejador não levou em consideração as quatro fitofisionomias da área de estudo. A falta de representatividade do ambiente pelo modelo de contagem de pilhas fecais é uma variável potencial na influência da estimativa de densidade pelo método. Consequentemente, podendo ser um viés nos resultados apresentados, visto que comparamos os resultados com uma amostragem, armadilhamento fotográfico, que considerou todas as áreas.

A amostragem por armadilhas fotográficas nos proporcionou a aplicação de dois métodos para estimativa de densidade para *Mazama gouazoubira*. Esses métodos apresentaram valores maiores de densidade do que o método baseado em fezes. Contudo, demonstraram valores diferentes entre eles, mesmo essa diferença sendo baixa. Quando comparamos esses dois métodos, o modelo de encontro aleatório e amostragem por distâncias, observamos algumas semelhanças entre os dois: como assumir que as armadilhas fotográficas são alocadas aleatoriamente em relação aos animais; que os animais mais próximos dos sensores e dentro do cone de detecção da câmera são registrados; as distâncias são medidas com precisão; as detecções são eventos independentes no espaço e no tempo; as armadilhas fotográficas amostram representativamente a paisagem focal e não rastreiam trilhas ou outras características que atraem animais (BUCKLAND et al. 2001; HOWE et al. 2017; GILBERT et al. 2021). Outra característica comum das duas metodologias é que a estimativa da densidade é encontrada para uma área definida através de todos os pontos amostrais (ROWCLIFFE et al. 2008; HOWE et al., 2017).

Uma dificuldade recorrente nos dois métodos é demandar dados difíceis de medir. O Distance Sampling demanda a medição calibrada da distância até o animal detectado, em cada foto (HOWE et al., 2017). O “Random Encounter Models” além da medida de distância, exige a velocidade de movimento animal (ROWCLIFFE et al. 2008). Para *M. gouazoubira* utilizamos o valor já descrito, mas se não houvesse, deveria ser calculado através da distância e tempo entre os registros obtidos através das fotográficas. Outra variável que os dois métodos exigem é a medição do cone de detecção de cada câmera. Esses dados exigem precisão e tempo na calibragem em cada ponto amostral e, por isso, tendem a ser mais trabalhosos para serem obtidos. Visto que a área de estudo era heterogênea, apresentando quatro diferentes fitofisionomias, as medições se tornavam mais complicadas a medida que o ambiente apresentava vegetação mais densa e terreno irregular. Embora nem todas as fitofisionomias foram amostradas.

Esses dois métodos não permitem vieses de captura na instalação das armadilhas frente à variação espacial. Portanto, a instalação dos aparelhos na área deve-se assegurar total imparcialidade quanto a escolha do local, da árvore, direção apontada, etc (ROWCLIFFE et al. 2013; HOWE et al. 2017). Mesmo tentando evitar alguns fatores que viriam a ser prejudiciais às análises, quase 68% das fotos tiradas não continham animais, ou seja, ocorreram muitos disparos em falso. Esses disparos foram ocasionados tanto pela vegetação que cresceu rapidamente chegando a altura do sensor, quanto pela luz do sol que, mesmo não direto, esteve muito presente na maioria dos pontos que possuíam vegetação mais aberta, como em campo cerrado. Além disso, 13 de 23 armadilhas fotográficas não registraram cervídeos, e mesmo as que obtiveram, foram poucos. Tais características ambientais ressaltaram uma desvantagem da utilização de armadilhamento fotográfico em locais de dossel mais aberto, aplicados à métodos que exigem medições calibradas no ambiente das capturas.

Nossas estimativas de densidade por amostragem de armadilhamento fotográfico estão próximas a conhecida para as espécies-alvo no mesmo bioma, 10,40 ind/km² (BRAGA, 2019). Contudo, não temos dados anteriores sobre a abundância dessa espécie na área de estudo, para validar totalmente nossos resultados. No entanto, estimativas totalmente confiáveis de densidade são indisponíveis em áreas de campo, deixando em aberto o debate sobre quais métodos são mais precisos (BRAGA, 2019).

Quando comparado com outros métodos para estimar a densidade em populações selvagens, o modelo de encontro aleatório forneceu estimativas semelhantes à outros métodos em alguns casos (ZERO et al. 2013; ANILE et al. 2014) e divergentes em outros casos (ROVERO & MARSHALL 2009; CARAVAGGI et al. 2016). Em nosso estudo, quando comparado com outros métodos, a estimativa de densidade através do modelo de encontro aleatório foi próxima à estimativa através do Distance Sampling, entretanto divergente da densidade através da contagem de pilhas fecais.

Nossas estimativas de densidade estão associadas a altos coeficientes de variação. Esta alta variabilidade é provavelmente causada pela paisagem, pelos poucos registros na maioria das câmeras, pela baixa quantidade de pontos e transectos amostrais. A amostragem pelo método de contagem de pilhas fecais deve amostrar a área num todo, assegurando uma comparação com amostragens mais abrangentes da área estudada. Sendo assim, sugere-se que os transectos percorridos pelo cão farejador sejam sistematicamente distribuídos semelhantes à distribuição dos pontos amostrais pelas armadilhas fotográficas. As câmeras foram continuamente acionadas por movimentos da vegetação no campo de visão, a montagem de câmeras mais altas do solo pode ajudar a minimizar esse problema, porém pode obstruir e dificultar a calibragem das distâncias mais próximas (0-1; 1-2) do sensor. Além disso, devido à necessidade de posicionamento aleatório de câmeras, espécies raras podem ser detectadas com pouca frequência (ROWCLIFFE et al. 2008), as estimativas imprecisas (coeficiente de variação alto no Distance Sampling) sugerem que mais locais de amostragem são necessários para melhorar a precisão (HOWE et al. 2017; CAPPELLE et al. 2019). Pal e colaboradores (2021) aconselham simulações e testes prévios no local de estudo a fim de configurar melhor os aparelhos às condições locais e estudos comparativos a fim de validar os dados.

O modelo de contagem de pilhas fecais apresentou um valor baixo para a estimativa de densidade, quando comparado aos outros dois modelos estudados. Essa diferença entre os resultados pode ter ocorrido por diversas causas. A diferença na quantidade entre transectos e pontos e a não similaridade dos locais amostrados na área, influenciaram os resultados e comparações. Mayle e colaboradores (1999) destacaram a importância do uso correto de parâmetros como taxa de defecação e persistência fecal no ambiente. Em relação ao método de contagem de pilhas fecais incorporando os parâmetros do cão farejador, ainda não há

nenhum trabalho validando a precisão dos parâmetros do cão à estimativa, em uma área onde o tamanho da população é bem conhecido. Silva e colaboradores (2020) recomendaram novos testes para incorporar as variáveis locais e para criar modelos abrangentes de degradação de amostra e estimativas confiáveis das taxas de defecação das espécies. A discrepância nos valores encontrados em nosso estudo, sugere que métodos de detecção e modelos de estimativa tem um impacto considerável na avaliação do estado de conservação da espécie.

Os três métodos apresentados nesse estudo são, relativamente, pouco usados, ainda com poucos exemplos publicados em condições naturais e encontrados para uma baixa diversidade de espécies (CAMPELLE et al. 2019; BRAGA et al. 2019; SILVA et al. 2020). Os métodos se beneficiariam de estudos em áreas onde o tamanho da população alvo é bem conhecida. Isso permitiria investigar a influência de distintas variáveis que podem intervir na precisão dos métodos e, contribuir para validação dos mesmos. Adotar diferentes metodologias de estimativa de densidade nos permite avaliar a consistência entre os métodos e entender como eles são comparáveis.

7. Conclusão

Obtivemos dados singulares de densidade no Cerrado utilizando dois métodos amostrais e três métodos de estimativas. São os primeiros dados demográficos para *Mazama gouazoubira* na área de estudo, contribuindo como uma ferramenta de gestão para o monitoramento da população dentro desta unidade de conservação e em ambientes semelhantes ao Cerrado.

A discrepância sobre as estimativas encontradas para uma mesma espécie, nos leva acreditar que fatores ambientais e parâmetros metodológicos influenciam os resultados de densidade. Portanto, ressaltamos o cuidado que os pesquisadores devem ter ao utilizar as metodologias aqui descritas, com espécies elusivas, que não possuem marcações individuais e, associadas a ambientes com características semelhantes aos Cerrado. A diferença entre as estimativas encontradas pelos métodos de detecção foi alta, gerando dúvidas sobre qual o real valor de abundância e densidade da população do veado catingueiro nessa área. Provavelmente, a ampliação do esforço amostral pelas armadilhas fotograficas aumentaria o desempenho do método. Já a contagem das pilhas fecais, se ampliada a quantidade de transectos e sistematizada a distribuição dos mesmos, associada as fitofisnomias da estação ecológica, aumentaria a acuracia dos resultados.

Portanto, estudar as variáveis que podem interferir nos métodos é crucial para a obtenção de dados populacionais e entendimento dos impactos causados a biodiversidade local. Os resultados aqui apresentados são um ponto de partida para futuros trabalhos na região, fornecendo dados pioneiros na perspectiva local do bioma e contribuindo para previsões e estratégias conservacionistas de espécies elusivas e sem marcações individuais.

8. Referências

- ANILE, S., RAGNI, B., RANDI, E., MATTUCCI, F., & ROVERO, F. Wildcat population density on the Etna volcano, Italy: a comparison of density estimation methods. ***Journal of Zoology***, 293(4), 252-261. 2014.
- APPS, P., & MCNUTT, J. W. Are camera traps fit for purpose? A rigorous, reproducible and realistic test of camera trap performance. ***African journal of ecology***, 56(4), 710-720. 2018.
- BARRETTE, C. The comparative behaviour and ecology of chevrotains, musk deer and morphologically conservative deer. In: WEMMER, C.M. (Ed.). *Biology and management of the Cervidae*. Washington; London: Smithsonian Institution Press. pt. 1: **Review papers and theoretical issues**, p. 200-213. 1987.
- BEEBE SC, HOWELL TJ, BENNETT PC. Using scent detection dogs in conservation settings: a review of scientific literature regarding their selection. ***Frontiers in Veterinary Science*** 3:96. 2016.
- BENNETT LJ, ENGLISH PF, MCCAIN R.. A study of deer populations by use of pellet-group counts. ***The Journal of Wildlife Management*** 4:398–403. 1940
- BRAGA FERREIRA, Guilherme. **Camera trapping Cerrado mammals: assessing protected area effectiveness, influence of anthropogenic pressure and the occupancy-abundance relationship**. 2019. Tese de Doutorado. UCL (University College London). 2019.
- BRUST, C. A., BURGHARDT, T., GROENENBERG, M., KÄDING, C., KÜHL, H. S., MANGUETTE, M. L., & DENZLER, J. Towards automated visual monitoring of individual gorillas in the wild. Proceedings of the IEEE. **Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**, 2820–2830. 2017.
- BUCKLAND, S. T., & ELSTON, D. A. Empirical Models for the Spatial Distribution of Wildlife. ***The Journal of Applied Ecology***, 30(3), 478. 1993.
- BUCKLAND, S.T., ANDERSON, D.R., BURNHAM, K.P., LAAKE, J.L., BORCHERS, D.L. & THOMAS, L. *Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. **Oxford University Press**, Oxford, UK. 2001.
- BURTON, A. C., NEILSON, E., MOREIRA, D., LADLE, A., STEENWEG, R., FISHER, J. T., BAYNE, E., AND BOUTIN, S. Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. ***Journal of Applied Ecology*** 52, 675–685. 2015.
- CAPPELLE, N., DESPRÉSEINSPENNER, M., HOWE, E.J., BOESCH, C. & KÜHL, H.S. Validating camera trap distance sampling for chimpanzees. ***American Journal of Primatology***, 81, e22962. 2019.

CARRANZA, T., BALMFORD, A., KAPOV, V., MANICA, A.. Protected Area Effectiveness in Reducing Conversion in a Rapidly Vanishing Ecosystem: The Brazilian Cerrado. **Conserv. Lett.** 7, 216– 223. 2014.

CARAVAGGI, A., ZACCARONI, M., RIGA, F., SCHAI-BRAUN, S. C., DICK, J. T., MONTGOMERY, W. I., & REID, N. An invasive-native mammalian species replacement process captured by camera trap survey random encounter models. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, 2(1), 45-58. 2016.

CRUNCHANT, A. S., EGERER, M., LOOS, A., BURGHARDT, T., ZUBERBÜHLER, K., COROGENES, K., ... KÜHL, H. S. Automated face detection for occurrence and occupancy estimation in chimpanzees. **American Journal of Primatology**, 79(3), e22627. 2017.

CURRIE, D.J.; FRITZ, J. T. Global patterns of animal abundance and species energy use. **Oikos**, p. 56-68, 1993.

DESBIEZ, A.L.J.; BODMER, R.E. & TOMAS, W.M. Mammalian densities in a neotropical wetland subject to extreme climatic events. **Biotropica**, 42: 372-378. 2010

DUARTE, J.M.B.; MERINO, M. Taxonomia e evolução. In: DUARTE, J.M.B. Biologia e conservação de cervídeos sul-americanos: Blastocerus, Ozotocerus e Mazama. Jaboticabal: **FUNEP**, p. 1-21. 1997.

EESB. Plano de Manejo da Estação Ecológica de Santa Bárbara. Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado De São Paulo. **Instituto Florestal**. 2011

FERREGUETTI AC, TOMÁS WM, BERGALLO HG. Density, occupancy, and activity pattern of two sympatric deer (Mazama americana and M. gouazoubira) in the Atlantic Forest, Brazil. **Journal of Mammalogy** 96:1245–1254. 2015.

GILBERT, N. A., CLARE, J. D., STENGLEIN, J. L., & ZUCKERBERG, B. Abundance estimation of unmarked animals based on camera-trap data. **Conservation Biology**, 35(1), 88-100. 2021.

HENSCHER, P.; RAY, J. Leopards in African Rainforests: Survey and Monitoring Techniques. **Wildlife Conservation Society**, New York, NY. 2003

HOWE, E. J., BUCKLAND, S. T., DESPRÉS-EINSPENNER, M. L., & KÜHL, H. S. Distance sampling with camera traps. **Methods in Ecology and Evolution**, 8(11), 1558-1565. 2017.

HUTCHINSON, G. E.; MACARTHUR, R. H. A theoretical ecological model of size distributions among species of animals. **The American Naturalist**, v. 93, n. 869, p. 117-125, 1959.

HUTCHINSON J.M.C. & WASER P.M. Use, misuse and extensions of 'ideal gas' models of animal encounter. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, 82, 335–359. 2007.

JENNELLE, C.S, RUNGE, M.C. & MACKENZIE, D.I. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals: a comment on misleading conclusions. **Animal Conservation**, 5, 119–120. 2002.

KARANTH, K. U. Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture recapture models. **Biological conservation**, 71(3), 333-338. 1994.

KLINK C A., MACHADO RB. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology** 19:707–713. 2005.

KUCERA T.E., BARRETT R.H. A History of Camera Trapping. In: O'Connell A.F., Nichols J.D., Karanth K.U. (eds) Camera Traps in Animal Ecology. **Springer**, Tokyo. 2011

LEEUWENBERG, F. & LARA-RESENDE, S. Ecologia de cervídeos na reserva ecológica do IBGE-DF: manejo e densidade de populações. **Caderno de Geociências**, 11:89-95. 1994.

MARQUES, S. R.,; SANTOS JR, T. S., Mamíferos terrestres de médio e grande porte. Pp. 302- 340 in Conservação da biodiversidade da bacia do alto Paraguai: Monitoramento da fauna sob impacto ambiental (C. J. R. Alho, ed.). **Editora Uniderp**, Campo Grande, Brazil. 2003.

MAYLE BA, PEACE AJ, GILL RMA. How many deer? A field guide to estimating deer population size. Forestry Commission Field book 18, **Forestry Commission**, Edinburgh. 96 pp. 1999

MCINTYRE T., MAJELANTLE T. L., SLIP D. J., HARCOURT R. G. Quantifying imperfect camera-trap detection probabilities: implications for density modelling. **Wildlife Research**. 47(2). p.177. 2020

MELO G.L., SPONCHIADO J, CÁCERES N.C. Use of camera-traps in natural trails and shelters for the mammalian survey in the Atlantic Forest. *Iheringia*, **Série Zoologia** 102: 88–94. 2012.

MMA. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Available from. 2018.

MMA.. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado. Brasília, Brazil. 2014a

NEFF, D. J. The Pellet-Group Count Technique for Big Game Trend, Census, and Distribution: A Review. **The Journal of Wildlife Management**, 32(3), 597. 1968.

NICHOLS, J. D., & WILLIAMS, B. K. Monitoring for conservation. **Trends in ecology & evolution**, 21(12), 668-673. 2006.

NOSS AJ, SALIDAS RLC, CRESPO JA. Drive counts for grey brocket deer *Mazama gouazoubira* in the Bolivian Chaco. **Mammalia** 70:64–69.a. 2006.

OLIVEIRA ML, NORRIS D, RAMÍREZ JF, PERES PH, GALETTI M, DUARTE JM. Dogs can detect scat samples more efficiently than humans: an experiment in a continuous Atlantic Forest remnant. **Zoologia** 29: 183–186. 2012.

OLIVEIRA ML. **Análise molecular de amostras fecais de uma população de veado-mateiro (*Mazama americana*) para a obtenção de informações genéticas e ecológicas.** 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2010

OLIVEIRA, M. L., DE FARIA PERES, P. H., VOGLIOTTI, A., GROTTA-NETO, F., DE AZEVEDO, A. D. K., CERVEIRA, J. F. & DUARTE, J. M. B. Phylogenetic signal in the circadian rhythm of morphologically convergent species of Neotropical deer. **Mammalian Biology**, 81(3), 281-289. 2016.

OLIVEIRA, M.L. **Distribuição e estimativa populacional do veado-mão-curta (*Mazama nana*) utilizando amostragem não invasiva.** 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2015

OLIVEIRA, U., SOARES-FILHO, B. S., PAGLIA, A. P., BRESCOVIT, A. D., DE CARVALHO, C. J., SILVA, D. P., ... & SANTOS, A. J. Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected areas. **Scientific reports**, 7(1), 1-9. 2017.

PAL, R., BHATTACHARYA, T., QURESHI, Q., BUCKLAND, S., & SATHYAKUMAR, S. Using distance sampling with camera traps to estimate the density of group-living and solitary mountain ungulates. **Oryx**, 1-9. 2021.

PERES PH.F. **Uso do espaço pelo veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*; Fisher, 1814): uma comparação entre colares GPS e DNA fecal.** 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2015

PERES, P. H. F., POLVERINI, M. S., OLIVEIRA, M. L., & DUARTE, J. M. B. Accessing camera trap survey feasibility for estimating *Blastocerus dichotomus* (Cetartiodactyla, Cervidae) demographic parameters. **Iheringia. Série Zoologia**, 107. 2017.

PERIAGO ME, LEYNAUD GC. Density estimates of *Mazama gouazoubira* (Cervidae) using the pellet count technique in the arid Chaco (Argentina). **Ecología Austral** 19:73–77. 2009.

PUTMAN R.J. Facts from faeces. **Mammal Rev** 14:79–97. 1984.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>. 2017.

RIVERO K, RUMIZ DI, TABER AB. Estimating brocket deer (*Mazama gouazoubira* and *M. americana*) abundance by dung pellet counts and other indices in seasonal Chiquitano forest habitats of Santa Cruz, Bolivia. **European Journal of Wildlife Research** 50:161–167. 2004.

ROSSI, Rogério Vieira. **Taxonomia de *Mazama rafinesque*, 1817 do Brasil (Artiodactyla, Cervidae)**. 2000. Tese de Doutorado. 2000

ROVERO, F.; MARSHALL A.R. Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. **Journal of Applied Ecology**, Vol. 46, No. 5, 10.2009, p. 1011-1017. 2009

ROWCLIFFE, J. M; FIELD, J.; TURVEY S.T.; CARBONE, C. Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. **Journal of Applied Ecology**, 2008.

ROWCLIFFE JM, CARBONE C, JANSEN P A., KAYS R, KRANSTAUBER B. Quantifying the sensitivity of camera traps: An adapted distance sampling approach. **Methods in Ecology and Evolution** 2:464–476. 2011.

ROWCLIFFE, J. M., KAYS, R., CARBONE, C., & JANSEN, P. A. Clarifying assumptions behind the estimation of animal density from camera trap rates. **Journal of Wildlife Management**. 2013.

ROWCLIFFE JM, KAYS R, KRANSTAUBER B, CARBONE C, JANSEN PA. Quantifying levels of animal activity using camera trap data. **Methods in Ecology and Evolution** 5:1170–1179. 2014.

ROWCLIFFE JM, JANSEN PA, KAYS R, KRANSTAUBER B, CARBONE C. Wildlife speed cameras: measuring animal travel speed and day range using camera traps. **Remote Sensing in Ecology and Conservation** 2:84–94. John Wiley & Sons, Ltd. 2016.

SANO EE, RODRIGUES AA, MARTINS ES, BETTIOL GM, BUSTAMANTE MMC, BEZERRA AS, COUTO AF, VASCONCELOS V, SCHÜLER J, BOLFE EL. Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of Environmental Management** 232:818–828. Academic Press. 2019.

SCHALLER, G.B. Mammals and their biomass on a Brazilian ranch. **Arq. Zool.**, S. Paulo 31(1):1-36. 1983.

SCHAUS, J., UZAL, A., GENTLE, L. K., BAKER, P. J., BEARMAN-BROWN, L., BULLION, S., ... & YARNELL, R. W. Application of the Random Encounter Model in citizen science projects to monitor animal densities. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**. 2020.

SILVA, A. R., OLIVEIRA, M. L., & DUARTE, J. M. Incorporating the sampling effectiveness of detection dogs in the faecal standing crop method. **European Journal of Wildlife Research**, 66, 1-5. 2020.

SILVEIRA, L., JACOMO, A.T.A. & DINIZ-FILHO, J.A.F. Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. **Biological Conservation**, 114, 351–355. 2003.

SRBEK-ARAUJO, A. C., & CHIARELLO, A. G. Influence of camera-trap sampling design on mammal species capture rates and community structures in southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, 13(2), 51-62. 2013.

STOKELD, D., FRANK, A. S., HILL, B., CHOY, J. L., MAHNEY, T., STEVENS, A., YOUNG, S., RANGERS, D., RANGERS, W., AND GILLESPIE, G. R. Multiple cameras required to reliably detect feral cats in northern Australian tropical savanna: an evaluation of sampling design when using camera traps. **Wildlife Research**. 42, 642–649. 2015.

THEUERKAUF J, ROUYS S, JĘDRZEJEWSKI W. Detectability and disappearance of ungulate and hare faeces in a European temperate forest. **Annales Zoologici Fennici** 45:73 80. 2008.

VOGLIOTTI, Alexandre. **História natural de Mazama bororo (Artiodactyla; Cervidae) através de etnozootologia, monitoramento fotográfico e rádio-telemetria**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2003.

YAPP W. The theory of line transects. **Bird Study**, 3, 93–104. 1956.

YU, X.; WANG, J.; KAYS, R.; JANSEN, P. A.; WANG, T.; & HUANG, T. Automated identification of animal species in camera trap images. **EURASIP Journal on Image and Video Processing**, 2013(1), 52. 2013.

ZERO, V. H.; SUNDARESAN, S. R.; O'BRIEN, T. G.; & KINNAIRD, M. F. Monitoring an endangered savannah ungulate, Grevy's zebra *Equus grevyi*: choosing a method for estimating population densities. **Oryx**, 47(3), 410-419. 2013.