



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

UNIVERSIDADE DA PARAÍBA

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ETNOBIOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

LARA VALESCA MENDONÇA DA COSTA SANTOS

**PERSPECTIVAS E AVANÇOS SOBRE O EMPREGO DE TÉCNICAS DE
MARCAÇÃO E RECAPTURA PARA FAUNA SILVESTRE**

Recife – PE

2023

LARA VALESCA MENDONÇA DA COSTA SANTOS

PERSPECTIVAS E AVANÇOS SOBRE O EMPREGO DE TÉCNICAS DE MARCAÇÃO E
RECAPTURA PARA FAUNA SILVESTRE.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza (UFRPE, UEPB, UFPE e UPE) como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre.

Orientador: Xavier Arnan

Universidade de Pernambuco (UPE – Campus Garanhuns)

Coorientador: Geraldo Jorge Barbosa de Moura

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Recife – PE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S237p Santos, Lara Valesca Mendonça da Costa
Perspectivas e avanços sobre o emprego de técnicas de marcação e recaptura para fauna silvestre: Estudo exploratório /
Lara Valesca Mendonça da Costa Santos. - 2023.
171 f. : il.
- Orientador: Xavier Arnan.
Coorientador: Geraldo Jorge Barbosa de Moura.
Inclui referências e anexo(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e
Conservação da Natureza, Recife, 2023.
1. Anuros. 2. Fauna silvestre. 3. Fotoidentificação. 4. Monitoramento populacional. I. Arnan, Xavier, orient. II.
Moura, Geraldo Jorge Barbosa de, coorient. III. Título

CDD 304.2



Universidade Federal Rural de Pernambuco
**COORDENAÇÃO PÓS-GRADUAÇÃO EM ETNOBIOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DA NATUREZA-PRPG**

Dra. MARÍA FERNANDA DE LA FUENTE CASTELLÓN, UFRPE

Examinadora Externa ao Programa

XAVIER ARNAN VIADIU, UPE

Presidente

LARA VALESCA MENDONÇA DA COSTA SANTOS

Mestranda

Dedico à família, amigos e todos aqueles que me deram suporte para a execução deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que, em suas infinitas formas, esteve comigo sempre.

Agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco, que foi minha casa durante 6 anos. Agradeço também aos Laboratório de Ecologia, Botânica e Etnobiologia (LEBE) e ao Laboratório de Herpetologia e Paleoherpetologia da UFRPE, que proporcionaram condições para execução deste trabalho. Também agradeço ao Programa de Pós-graduação em Etnobiologia e Conservação da natureza e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, por juntos permitirem a execução deste trabalho.

Agradeço imensamente ao meu orientador, Prof. Dr. Xavier Arnan, coordenador do Arnan Lab, que me acolheu em seu grupo de pesquisa. Xavi sempre fez questão de entender minhas ideias, ajudar, corrigir, explicar quantas vezes fossem necessárias algo que não entendia, sempre dando sugestões excelentes para esse trabalho. Nunca nos vimos pessoalmente, e ainda sim, a atenção e qualidade da sua orientação não esbarraram nessa barreira da distância. Sempre confiou nas nossas capacidades, nos incentivando e atuando como um excelente líder de pesquisa com o qual eu tive a honra de trabalhar por 2 anos. Muito obrigada, Xavi.

Agradeço imensamente ao meu coorientador, Prof. Dr. Geraldo Moura, coordenador do LEHP, que esteve me orientando há quase 5 anos, dando todo suporte possível. O senhor fez parte da minha formação como bióloga, é um dos profissionais que mais admiro e foi essencial na execução deste trabalho. Que honra poder ter feito parte de um grupo de pesquisa liderado por uma pessoa tão comprometida com o que faz e tão cuidadosa com quem faz. Só tenho a lhe agradecer e, no que for preciso, estou sempre à disposição do LEHP.

Agradeço aos parceiros de campo, de equipe e de laboratório, que foram essenciais para a execução desse trabalho: Flávio, Yanka, João, Thaís, Luís, Gabriel, Emily e Paulo, que tornaram as coletas cada vez mais leves.

Agradeço à gestão do Parque Estadual Dois Irmãos, onde realizamos as coletas do segundo capítulo, especialmente à coordenadora da Unidade de Conservação, Marina Falcão, por toda iniciativa em nos ajudar a realizar as coletas mesmo em período pandêmico, com todas as instruções de biossegurança. Agradeço também aos vigilantes do Parque: Geo, Leitte e Marcos, que sempre nos acompanharam nas coletas noturnas, desde o início até o final dos horários previstos.

Agradeço também à minha família, por todo suporte incrível de sempre, e a Flávio José, com quem tenho a alegria e a sorte de compartilhar 6 anos de companheirismo, amor, suporte, risadas de perder o fôlego por causa de piadas ruins, e os silêncios mais confortáveis. Ter José por perto é bonito demais. É ser completamente feliz só por estar na calçada da Boa Vista comendo o cachorro-quente de origem duvidosa no centro do Recife e rindo dos perrengues de campo ao lado da pessoa que eu mais amo nessa vida. Saber que José quer estar por perto é saber que a vida pode ser generosa demais com a gente e que a gente merece algo tão bom assim.

Aos amigos Pedrickson, Pedro, Christian, Roger, Jade, Mayara, Yoná, Iasmym e tantos outros que não caberiam nesta dissertação e que amo demais. A Alcina e Bira, meus parceirinhos de ciência, quem carregou no coração em todos os campos que vou, tudo que sou capaz de fazer hoje na biologia tem o que aprendi com vocês. A Paula, Carol, Caroline e todos os integrantes do GENOMA, com quem estive boa parte do meu mestrado, por serem tão comprometidos com o que fazem, por terem sido tão acolhedores em todos os aspectos e, por diversas vezes, terem melhorado o meu dia em 1000% e nem faziam ideia. Muito de mim tem um pedacinho de vocês.

Por fim, agradeço eternamente minhas avós, Dona Valdelice e Dona Maria, que me deixaram tão rapidamente em 2021, sem que sequer soubessem que eu tinha sido aprovada no mestrado. Obrigada a todos!

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO GERAL	11
1.1	OBJETIVOS E QUESTIONAMENTOS	11
1.2	ESTRATÉGIAS DE PESQUISA	14
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	17
2.	CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	TÉCNICAS DE MARCAÇÃO E RECAPTURA APLICADAS À FAUNA: UMA ABORDAGEM GERAL	18
2.2	MARCAÇÃO E RECAPTURA EM ANFÍBIOS ANUROS	21
2.3	FOTOIDENTIFICAÇÃO: APLICABILIDADE E DESAFIOS EM ANFÍBIOS ANUROS.....	23
3.	CAPÍTULO 2: UMA REVISÃO GLOBAL DAS TENDÊNCIAS E DESAFIOS NO USO DE TÉCNICAS DE MARCAÇÃO E RECAPTURA PARA ESTUDOS COM ANIMAIS SELVAGENS.....	38
4.	CAPÍTULO 3: FOTOIDENTIFICAÇÃO COMO UMA FERRAMENTA POTENCIAL NO RECONHECIMENTO INDIVIDUAL DA FAUNA ENDÊMICA DO BRASIL.....	133
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	158
5.1	PRINCIPAIS CONCLUSÕES	158
5.2	PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DO ESTUDO	159
5.3	CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS E/OU METODOLÓGICAS DA DISSERTAÇÃO	159
5.4	PROPOSTAS DE INVESTIGAÇÕES FUTURAS	160
5.5	ORÇAMENTO	160
5.5	REFERÊNCIAS.....	161
6.	ANEXOS.....	165

RESUMO

As técnicas de marcação-recaptura de animais são essenciais no monitoramento e na coleta de dados ecológicos. Dadas as diversas aplicabilidades e características das técnicas desenvolvidas até hoje, alguns autores elencaram pré-requisitos a serem levados em consideração na escolha da técnica cuja aplicação preza pelo bem-estar animal e não interferência nos resultados observados. No entanto, existem críticas quanto a universalização destes pré-requisitos quando aplicados a fauna geral, uma vez que existem decisões a serem tomadas em escalas mais específicas, como fatores espécie-específicos, foco do estudo, local de estudo e ausência de testes de marcação que possam propagar técnicas alternativas a diversos táxons, o que pode interferir nas distintas formas de adesão das técnicas por pesquisadores. Diante disso, objetivamos realizar uma revisão sistemática para destrinchar os padrões associados ao uso de técnicas de marcação e recaptura (Capítulo I) para vertebrados e invertebrados. Para tal, fizemos um levantamento de artigos e analisamos a relação entre aspectos associados aos estudos e técnicas de marcação relatadas. Encontramos 312 artigos que relataram 24 técnicas gerais. Houve relações significativas entre aspectos espécie-específicos analisados, aspectos temáticos, biogeográficos, vantagens e desvantagens das técnicas e aspectos relacionados às técnicas. Verificamos que algumas vantagens e desvantagens no uso das técnicas podem se comportar de forma específica nos táxons, e o mesmo aconteceu para desvantagens. Elaboramos um *guideline* com considerações baseadas nas características das técnicas e em seu desempenho para cada etapa de definição de estudos futuros. Além deste capítulo, realizamos um estudo experimental para verificar a efetividade da técnica de fotoidentificação, um método para o qual no primeiro capítulo verificamos grande potencial de aplicabilidade, tendo a espécie de anuro *Dendropsophus elegans* como modelo (Capítulo II), no Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), em Recife (PE, Brasil). Tínhamos como hipóteses que, em campo, o desempenho da técnica de fotoidentificação seria mais rápido e menos invasivo comparado aos elastômeros, bem como a identificação auxiliada por *software* superaria comparações manuais e identificação por previa marcação com elastômeros em reconhecer os indivíduos capturados. Durante oito meses, no PEDI, marcamos e recapturamos indivíduos de *D. elegans* por fotoidentificação das marcas naturais e por elastômeros. Em seguida, comparamos o reconhecimento dos indivíduos por fotoidentificação manual, auxiliada por *software* e por elastômeros. Como resultados, a precisão das técnicas foi similar, com altas taxas de correspondências corretas. O tempo para aplicação da fotoidentificação foi equivalente à metade do tempo gasto para aplicação dos elastômeros. O tempo para a identificação por fotoidentificação auxiliada por *software* foi o menor registrado. A diferença de ocorrência de comportamentos de defesa exibidos pelos indivíduos marcados pelas duas técnicas em campo

não foi significativa, embora relatamos alguns comportamentos distintos para cada técnica. Estes resultados podem indicar que a fotoidentificação pode atuar como alternativa barata, rápida, eficiente e pouco invasiva no monitoramento populacional das espécies de anuros.

Palavras-chave: anuros; fauna silvestre; fotoidentificação; monitoramento populacional.

ABSTRACT

The methods of marking and recapturing animals are essential in monitoring and collecting ecological data. Given the different applicability and characteristics of the developed methods, some authors have listed prerequisites to be taken into account when choosing the technique which application values animal welfare and non-interference in the observed results. However, there are questions about the universalization of these prerequisites when applied to general fauna, since there are decisions to be taken at more specific scales, such as species-specific factors, study focus, study location and absence of marking tests that can propagate alternative techniques to different taxa, which can interfere with the different forms of adherence of the methods by researchers. Therefore, we aimed to carry out a systematic review to unravel the patterns associated with the use of marking and recapture techniques (Chapter I) for vertebrates and invertebrates. To this end, we surveyed articles and analyzed the relationship between aspects associated with the studies and reported marking techniques. We found 312 articles that reported 24 general techniques. There were significant relationships between species-specific aspects analyzed, thematic and biogeographical aspects, advantages and disadvantages of the methods and aspects related to the techniques. We verified that some advantages and difficulties in the use of techniques can behave in a specific way in taxa, and the same happened for disadvantages. We built a guideline with considerations based on the characteristics of the techniques and their performance for each step of defining future studies. In addition to this chapter, we carried out an experimental study to verify the effectiveness of the photoidentification technique, a method for which in the first chapter we verified great potential for applicability, by using the frog species *Dendropsophus elegans* as a model (Chapter II), in the Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), in Recife (PE, Brazil). We hypothesized that, in the field, the performance of the photoidentification technique would be faster and less invasive compared to elastomers, as well as the identification aided by software would overcome manual comparisons and identification by previous marking with elastomers in recognizing captured individuals. During eight months, at PEDI, we marked and recaptured individuals of *D. elegans* by photoidentification of natural marks and by elastomers. Then, we compared the recognition of individuals by manual photo identification, aided by software and elastomers. As a result, the accuracy of the techniques was similar, with high rates of correct matches. The time for applying the photoidentification was equivalent to half the time spent for applying the elastomers. The time for software-assisted photo identification was the shortest recorded. The difference in the occurrence of defense behaviors exhibited by individuals marked by the two techniques in the field was not significant, although we report some different behaviors for each

technique. These results may indicate that photo identification can be an accessible, fast, efficient and a less invasive alternative for population monitoring of anuran species.

Keywords: anurans, marking-recapture; wildlife; photoidentification; population monitoring.

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 OBJETIVOS E QUESTIONAMENTOS

Os estudos voltados à biologia e conservação da fauna que objetivam acessar dados demográficos e/ou comportamentais das espécies envolvem o uso de técnicas de marcação e recaptura. As técnicas para marcação e recaptura desenvolvidos até o presente são bastante diversas, pois variam quanto aos custos, graus de invasividade e formas de aplicação (FERNER, 2007). Nessa perspectiva, esta dissertação surgiu a partir do seguinte questionamento: Qual é a melhor técnica de marcação em cada estudo particular, diante da imensa variedade existente? Alguns autores elaboraram uma série de critérios para a escolha da técnica ideal, sobretudo priorizando o bem-estar animal e a eficácia ao proporcionar um resultado mais próximo da realidade possível sobre os parâmetros populacionais da espécie estudada, o que se faz essencial para a criação de estratégias de conservação da fauna (SEBER, 1982; POLLOCK, 1990; FERNER 2007; SOULSBURY et al., 2020). No entanto, o cenário bibliográfico se diversifica, mostrando que há mais a ser considerado na escolha da “técnica ideal”, como a espécie alvo de estudo, efeitos negativos causados pelas técnicas e uma atenção maior à espécies cujos trabalhos dispensam solicitações legais de pesquisa dos comitês de ética (NIETFELD et al. 1994; MURRAY; FULLER, 2012; LORETTO et al. 2013).

A maioria expressiva de trabalhos publicados até então se concentram em estudos com vertebrados, mais especificamente com mamíferos terrestres (SCHWEMMER; WEIEL; GARTHE, 2021; XUEYOU et al, 2022; PETSO; JAMISOLA; MPOELENG, 2022). Dessa forma, para essa classe, uma ampla variedade de técnicas foi desenvolvida, adaptada, testada quanto a seus efeitos e, quando necessário, ajustadas quanto ao uso pelos respectivos comitês de ética (LORETTO et al., 2013; BORREMANS, 2014). No entanto, mesmo entre os vertebrados, nem todas as classes são contempladas totalmente pelos critérios e aplicações das técnicas existentes, dada as distintas características morfofisiológicas das espécies (BAILEY, 2004). Estudos com aves recentes mostram que ainda são necessários ajustes dos tamanhos de alguns marcadores bastante usados, como as anilhas, uma vez que materiais abrasivos e tamanhos incompatíveis ao corpo dos animais podem causar o acúmulo de resíduos ou traumas físicos que impedem a locomoção (MURRAY; FULLER, 2000; HACHE et al., 2016; BERNAT-PONCE, 2020).

No que diz respeito aos anfíbios e répteis, o emprego de técnicas de marcação e recaptura é bastante diversificado (DONNELLY et al., 1994; FERNET; PLUMMER, 2016). A presença de escamas epidérmicas e carapaça óssea em algumas espécies de répteis, por exemplo, permitem a aplicação de técnicas que vão além de técnicas convencionais para outros

grupos, como a remoção de escamas e entalhe de casco, respectivamente (ROOSENBERG; BURKE, 2018; BROWN; SIMON, 2021; MUNSCHER et al., 2021), enquanto que a presença de formas distintas de vida no ciclo bifásico em muitas espécies de anfíbios anuros permite a aplicação de mais de uma técnica para os diferentes estágios de vida de uma mesma espécie (MÁRQUEZ, 1992; COURTOIS et al., 2013). No entanto, devido à diversidade morfológica dos anfíbios e répteis e a tardia preocupação com o bem-estar destes animais no momento da marcação, os estudos que verificam os efeitos e possíveis alternativas às técnicas invasivas são mais recentes (MURRAY; FULLER, 2000; CLARKE; PHILLIPS; SHINE, 2019; JONES et al., 2020; MAJOR et al., 2020).

No tocante a outros grupos, como invertebrados, as técnicas utilizadas comumente objetivam a marcação em lote e ainda implicam a eutanásia de uma quantidade significativa de indivíduos, o que é preocupante quando se trata de espécies ameaçadas (DRINKWATER, HART, 2019). Desse modo, tanto a divulgação das técnicas existentes como o consentimento ético a respeito dos efeitos e aplicabilidades se restringem a artrópodes de médio porte de interesse comercial (HAGLER; JACKSON, 2001; FIORITO et al., 2014). Se mesmo dentro do grupo dos vertebrados encontramos técnicas que não se adequam a todas as classes, esse cenário de disparidade se intensifica ao abordarmos a aplicabilidade dessas técnicas nos invertebrados. Alguns pontos em relação a essa disparidade sobre invertebrados podem ser associados a: a) ampla diversidade de morfologias e hábitos de vida; b) dispensa de aprovação de um comitê de ética para pesquisas com invertebrados (e.g. insetos) em diversas partes do mundo, incluindo o Brasil (FISHER; LARSON, 2019); c) uso de dispositivos de marcação com tamanhos que excedem as recomendações e capacidades de carga dos invertebrados (DEVILLE; PINCEBOURDE, 2019).

Portanto, diante da diversidade de usos de técnicas de marcação nos diversos táxons, achamos pertinente realizar uma investigação em escala global de como os aspectos inerentes aos estudos faunísticos estão relacionados com as técnicas de marcação usadas. A classe e/ou o status de conservação das espécies influencia de fato na escolha de técnicas com diferentes graus de invasividade? Os biomas de estudo estão sendo considerados? Quais vantagens e desvantagens mais relatadas para as técnicas? De fato, as tecnologias de ponta foram testadas o suficiente a ponto de serem aderidas com sucesso em escala global? Como os objetivos de estudo direcionam qual técnica a ser usada? Essas são algumas das questões por trás desta dissertação.

A escassez geral de estudos sobre a avaliação de marcadores aparentemente está relacionada às desvantagens associadas à realização de tais testes em campo. No entanto, a

verificação de efetividade e efeito de técnicas para os indivíduos também é uma abordagem que está intimamente ligada com a maior adesão de técnicas menos invasivas e permissões legais de aplicação pelos comitês de ética, respectivamente. Portanto, além dos pontos supracitados, objetivamos realizar um estudo de validação da técnica de fotoidentificação aplicada a anfíbios anuros. Os anfíbios anuros são animais sensíveis às mudanças ambientais dadas suas características morfológicas e fisiológicas (e.g. pele delgada e fina, vida bifásica e ectotermia) (DUELLMAN; TRUEB, 1994; JENKINS et al., 2015). Dadas estas peculiaridades, esses animais estão sujeitos a declínios populacionais diante de alterações de temperatura, maior incidência de raios solares, redução de poças para oviposição, desmatamento e queimadas (RON et al., 2003; BECKER et al, 2007; ALTON, 2012; DASTANSARA et al., 2017). Os estudos de marcação e recaptura com anfíbios anuros utilizam boa parte das técnicas existentes para os vertebrados (e.g. implante de elastômeros visíveis, WAUDBY; PETIT, 2011; PIT-tags, COURTOIS et al., 2013, amputação de artelhos, SAPSFORD, 2014). No entanto, as controvérsias em relação aos estudos sobre os efeitos negativos de técnicas mais invasivas para anfíbios formaram base para incentivo de mais estudos envolvendo testes de técnicas menos invasivas, como é o exemplo da fotoidentificação por marcas naturais (WOODS; MARTIN-SMITH 2004; FUNK et al., 2005; ELGUE et al., 2014; KIM et al., 2017).

A técnica de fotoidentificação é baseada na obtenção de imagens dos padrões naturais dos animais (e.g. cicatrizes, manchas, coloração) a fim de usá-las como ferramenta para reconhecimento individual (KELLY, 2001; ELGUE et al., 2014). Esta técnica tem sido amplamente validada para mamíferos aquáticos (LANGTIMM et al., 2004; CHESSEMAN et al., 2017), terrestres (HALLORAN; MURDOCK; BECKER, 2015) e répteis (TREILIBS et al., 2016; DUNBAR et al., 2021; HOEFER et al.; 2021). Quanto aos anfíbios anuros, a técnica vem sendo avaliada quanto à eficiência em algumas espécies (*Melanophryniscus cambaraensis* CAORSI et al., 2014; *M. ontevidelis* ELGUE et al., 2014; *Ceratophrys stolzmanni* BARDIER et al., 2020), sendo apenas dois estudos documentados para as espécies do nordeste do Brasil (SÁ et al., 2019; LIMA- ARAÚJO et al., 2021). Acontece que alguns estudos foram realizados: a) em laboratórios, o que implica na escassez de dados sobre aplicabilidade em campo (LIMA-ARAÚJO et al., 2021); b) Sem um protocolo definido que proporcione acessibilidade e fácil aplicação da técnica em campo (SÁ et al., 2019). Portanto, dentro da ideia geral desta dissertação, planejamos, pela primeira vez, o teste de um protocolo pré-estabelecido no presente estudo, com instruções referentes a iluminação, padronização de distância entre a câmera e o animal e afins, baseadas nas conclusões e recomendações de outros autores (KELLY, 2001;

BEAUSOLEIL et al., 2004; KENYON et al., 2010; VASCONCELOS, 2012), a fim de testar a viabilidade e eficiência do método de fotoidentificação para anfíbios anuros.

1.2 ESTRATÉGIAS DE PESQUISA

A ideia referente ao primeiro capítulo desta dissertação implicou em tentar entender como as pesquisas ao redor do mundo utilizam as técnicas de marcação em estudos da fauna vertebrada e invertebrada e sugerir novos caminhos para a marcação de animais silvestres. Nesse sentido, a metodologia adotada para o capítulo foi feita através de uma revisão sistemática e cienciométrica dos estudos já realizados até o ano de 2022. O protocolo utilizado nesta revisão é o PRISMA, amplamente recomendado para revisões sistemáticas e de meta-análise, pois orienta a elaboração de uma lista de verificação de aproximadamente 27 itens, bem como um fluxograma de 4 fases a serem anexados às revisões, a fim de apresentar revisões que apresentem, com maior clareza, aspectos relacionados a seleção de dados, síntese e resultados conseguidos (MOHER et al., 2009). Quanto à busca dos estudos, foram investigadas as plataformas Scopus e Web of Science devido ao seu rigor científico quanto à indexação de artigos.

Como critérios de inclusão nessa dissertação, foram selecionados apenas estudos que estivessem publicados em inglês. Essa decisão partiu do pressuposto de que o inglês é a língua “universal” para divulgação científica, inclusive requisito para indexação nas principais bases de dados.

Para os estudos correspondentes aos critérios supracitados, nossa abordagem incluiu a extração de informações referentes às técnicas de marcação e recaptura utilizadas (e.g. técnica, durabilidade, uso de tecnologia e invasividade) e informações referentes aos estudos selecionados (e.g. objetivo do estudo, país, bioma, período de amostragem, espécie, status de conservação, classe, hábito, padrão de distribuição, número de indivíduos e presença/ausência de coluna vertebral e estágio de vida), o que permitiu a inferência de tomada de decisões baseadas em aspectos específicos de cada. A extração dos anos em que os estudos foram realizados também poderão fornecer informações sobre a evolução do cenário científico a respeito de estudos de marcação e recaptura. A coleta de dados sobre país, bioma e uso de tecnologia também podem ser cruciais para entender como os grupos de pesquisa ao redor do mundo estão aderindo às tecnologias de ponta para marcação (FERREIRA et al., 2018). Além disso, esta dissertação também abordou as principais vantagens e desvantagens associadas ao uso de cada técnica, permitindo, portanto, associar quais vantagens estavam mais atreladas ao uso de determinada técnica e quais as desvantagens mais relatadas de maneira mais específica. A escolha de abarcar estudos envolvendo vertebrados e invertebrados se deu pela fragmentação

bibliográfica do que se conhece até então sobre as técnicas a serem usadas para as diversas classes (HAGLER; JACKSON, 2001; SILVY; LOPES; PETERSON, 2005). Por fim, elaboramos um *guideline* com técnicas e suas características sugeridas conforme as especificidades dos estudos futuros, para melhor direcionar os autores na escolha do método mais adequado na marcação de fauna silvestre. As revisões publicadas até hoje acerca do uso de técnicas de marcação e recaptura para vertebrados foram publicadas com a descrição dos usos para grupos específicos (mamíferos PETSIO, JAMISOLA; MPOELENG, 2022, peixes MCKENZIE, 2012; LU et al., 2020, anfíbios DONNELLY et al., 1994, répteis PLUMMER; FERNER, 2012, aves BAILLIE et al., 2009), enquanto que para invertebrados, as revisões sobre técnicas de marcação-recaptura se restringem a insetos (HAGLER; JACKSON, 2001) e gastrópodes (HENRY; JARNE, 2007), tornando incertos os possíveis direcionamentos a respeito de inovação nas técnicas de estudos populacionais para o grupo.

A classe zoológica das espécies estudadas foi registrada para verificação de possíveis técnicas atreladas a determinados grupos, bem como a disparidade em relação ao uso. O status de conservação da espécie, por sua vez, foi avaliado para que se pudesse inferir se algum status específico tende a ser mais seletivo quanto ao uso das técnicas, uma vez que muitos estudos recomendam o uso de técnicas com menor diversidade de interferências na sobrevivência e comportamento de espécies em algum status de ameaça. O hábito e a distribuição geográfica das espécies, por conseguinte, podem nos ajudar a rastrear quais características de distribuição espacial das espécies podem delimitar ou maximizar o uso das técnicas de marcação. Estágios de vida dos táxons relatados nos estudos também foram investigados, pois, a depender do desenvolvimento do organismo, mais de uma técnica pode ser implementada a uma única espécie (COURTOIS et al., 2013), bem como pode-se detectar possíveis restrições/sucessos na aplicabilidade de diferentes fases de vida. Por fim, coletamos o número de indivíduos amostrados a fim de verificar se a quantidade de espécimes amostrados pode ser um fator limitante ou ampliativo para o emprego de alguma técnica informada.

Por fim, as análises estatísticas deste primeiro capítulo foram feitas através de testes de Qui- quadrado de independência, aderência e regressões logísticas binomiais e multinomiais. Estes testes foram escolhidos devido ao tipo de dado a ser analisado, uma vez que a maioria dos dados coletados remetem a frequências para diferentes variáveis categóricas ou variáveis numéricas e categóricas binárias e multinomiais.

Quanto ao segundo capítulo, foi abordada a verificação da fotoidentificação como uma técnica aplicável em anfíbios anuros do nordeste brasileiro. Foi apresentado um protocolo para procedimento em campo, elaborado em acordo com as recomendações feitas por estudos

anteriores (KELLY, 2001; BEAUSOLEIL et al., 2004; KENYON et al., 2010; VASCONCELOS, 2012) que foi testado em comparação à uma técnica complementar amplamente usada, o implante de elastômeros visíveis (Northwest Marine Technology, Inc., Shaw Island, Washington, FERREIRA et al., 2013). A escolha da técnica de fotoidentificação como nova técnica a ser implementada se deve ao fato de sua baixa invasividade – uma vez que os animais são capturados apenas para serem fotografados – baixo custo e resultados promissores nos poucos estudos feitos com anuros (CAORSI; SANTOS; GRANT, 2012; KIM et al., 2017). Para tal, utilizamos um dos três softwares mais bem avaliados ao nos auxiliarem na manipulação de um banco de dados relativamente extenso (Wild Id, Bolger et al., 2011). Este *software* é gratuito e possui mecanismos artificiais para auxiliar o observador na comparação em bancos de imagens (MATTHÉ et al., 2017; MOYA et al., 2015; BAY et al., 2007). A escolha de elastômeros visíveis – substância biocompatível fluorescente inoculada por via subcutânea - como técnica controle, por sua vez se deu pelo fato desta técnica ser contrastada e eficaz, e, ao mesmo tempo, menos invasiva dentre as técnicas já amplamente utilizadas (SAPSFORD et al., 2014), bem como a possibilidade de criação de um sistema de identificação a partir de combinação de cores, facilitando a visibilidade dos indivíduos (IANNELLA et al., 2017). Nesse estudo, verificamos a funcionalidade de cada técnica em campo e a capacidade de reconhecimento pelo registro dos códigos dos elastômeros, fotoidentificação manual e auxiliada por software medindo o balanço entre a efetividade da técnica (precisão, acurácia nas identificações e o tempo) e o estresse dos indivíduos.

A espécie-alvo desse estudo é a perereca endêmica do Brasil, *Dendropsophus elegans*, escolhida minunciosamente pelos seguintes motivos: 1) padrão de manchas dorsais variável entre os indivíduos, sendo este um pré-requisito para submeter espécies à esta técnica (ELGUE et al., 2014); 2) endemismo na Mata Atlântica, o que enfatiza a importância ecológica para o bioma e, portanto, o estímulo à ferramentas para sua conservação; e 3) escassez de estudos relacionados a aspectos populacionais da espécie (BASTOS; HADDAD, 1996).

As análises deste capítulo também foram realizadas através de Qui-quadrado, uma vez que foram extraídos dados de frequência sobre falsos positivos (FAR) e falsos negativos (FRR) para cada uma das técnicas para avaliar a acurácia. Essas taxas são comumente utilizadas na biometria para verificação da acurácia no reconhecimento facial (JAIN, 2007). O teste de Qui-quadrado também foi usado para analisar a presença ou ausência de comportamentos de defesa possivelmente exibidos pelos animais submetidos às técnicas investigadas. Para a análise do tempo de aplicação, foi feito um modelo linear generalizado misto.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é composta por dois capítulos. O primeiro capítulo é intitulado “Uma revisão global das tendências e desafios no uso de técnicas de marcação e recaptura para estudos com animais selvagens”. Neste capítulo, foi apresentada uma descrição qualitativa e quantitativa acerca dos estudos que aplicaram técnicas de marcação para fauna em escala global, desde invertebrados a vertebrados, além de cenários referentes às possíveis relações entre tipos de marcação usada (técnica, durabilidade e uso de tecnologia), os estudos (e.g., país de estudo, continente, bioma, objetivo de estudo, período de amostragem, vantagem do uso do método e desvantagens relatadas), e espécie alvo de estudo (classe, status de conservação pela IUCN, hábito de vida, número de indivíduos amostrados e estágio de vida). Além disso, foram discutidas possíveis direções e recomendações a serem tomadas acerca dos achados nesta pesquisa, auxiliando pesquisadores de diversas partes do mundo.

A partir do capítulo 1, foi detectado o potencial da técnica de fotoidentificação como técnica eficaz, barata e pouco invasiva, mas que não é ainda muito difundida, devido a poucos testes com protocolos testando sua viabilidade para algumas espécies. Neste sentido, o segundo capítulo pretende contribuir como um teste da viabilidade da técnica usando uma espécie modelo de um grupo taxonômico especialmente relevante: os anfíbios anuros. O segundo capítulo, portanto, é intitulado “Fotoidentificação como uma ferramenta potencial no reconhecimento individual de *Dendropsophus elegans* (Anura: Hylidae)”. Para tal, foi realizado um estudo em que se objetivou validar a técnica de fotoidentificação por marcas naturais através de um protocolo pré-estabelecido de coleta das imagens em campo, seguindo recomendações feitas por estudos anteriores. Além disso, a eficácia e os efeitos negativos da técnica são comparados com uma técnica independente (implante de elastômeros visíveis), a fim de melhor direcionar futuras pesquisas quanto a possibilidade de tornar técnicas tecnológicas mais acessíveis. Para verificação da eficácia da fotoidentificação, abordamos o emprego das comparações manuais, que consistem em uma busca livre das fotos similares com fotos alvo de comparação, comparações auxiliadas por *software* e conferência dos registros dos elastômeros na espécie *Dendropsophus elegans* (WIED- NEUWIED, 1824), um anuro modelo que possui um padrão de marcas naturais distinto, conhecido popularmente como perereca-de-moldura. *D. elegans* possui coloração caracterizada por um fundo num tom amarelado ou amarronzado com um tom branco que contorna o corpo em forma de uma moldura, presente ocasionalmente na tíbia (IZECKSOHN, CARVALHO-E-SILVA., 2001).

Nesta dissertação, os capítulos propostos possuem um foco principal no uso de metodologias de marcação para a fauna, de maneira que vão se afunilando quanto à abrangência

temática, desde o conhecimento a respeito da evolução no cenário de marcação animal, proposição de critérios a nível de classe a serem levados em consideração e propostas de refinamento de técnicas até um estudo de caso que põe em prática recomendações de diversos estudos sobre o teste de técnicas não invasivas e propõe estratégias para difundi-los.

2. CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 TÉCNICAS DE MARCAÇÃO E RECAPTURA APLICADAS À FAUNA: UMA ABORDAGEM GERAL

Os estudos sobre parâmetros populacionais de espécies animais são imprescindíveis para a conservação da fauna e dos ecossistemas, especialmente em cenários atuais de crise da biodiversidade (JEWELL, 2013). Para tanto, é necessária uma amostragem representativa, dada a impossibilidade de ter acesso a toda a população, e ferramentas metodológicas são, portanto, necessárias para identificação de quantidade de indivíduos capaz de responder às perguntas dos estudos (FERNER, 2007). A principal ferramenta utilizada neste sentido é a marcação e recaptura (LETTINK; ARMSTRONG, 2003; FERNER, 2007; QUINBY; CREIGHTON; FLAHERTY, 2021). Essa ferramenta consiste na individualização de espécimes para, através de recapturas, obter informações sobre crescimento, distribuição espacial e demais parâmetros populacionais relacionados às espécies (POLLOCK et al., 1990; DAVIS; OVASKA, 2001; ŠUKALO et al., 2013). Dados obtidos a partir de técnicas de marcação e recaptura permitem a construção de modelos populacionais. Esses modelos assumem que as marcações não devem ser perdidas ao longo da amostragem (OTIS et al., 1978; SEBER, 1982). Para tanto, é necessário escolher o método ideal.

As técnicas de marcação e recaptura começaram a ser desenvolvidas desde que se iniciaram os estudos com manejo de estoque de peixes, nos quais se utilizavam técnicas baratas e de fácil aplicação, como as etiquetas plásticas e cortes de nadadeiras (MURRAY; FULLER, 2012). Investigações que buscavam detectar possíveis efeitos negativos dessas técnicas foram essenciais para o surgimento de alternativas que, com auxílio da tecnologia, permitiam também a detecção de parâmetros mais complexos, como padrões de movimento das espécies de maneira remota (e.g. Radiotransmissores, MURRAY; FULLER, 2000; RAOULT; TOSETTO; WILLIAMSON, 2018; ALTOBELLI; LAARMAN; MOORE, 2021; PIT-tags, CUCHEROUSSET et al., 2005; DURET; DENOEL, 2022), sendo aplicáveis em diversos grupos (e.g. répteis, RECIO et al., 2019; SILVY; LOPES; PETERSON, 2005; HAINES; e.g. mamíferos, BRIDGEHOUSE; NUSSBAUM, 2018).

Os estudos voltados à investigação de efeitos das técnicas nos espécimes permitiram a categorização das técnicas em dois grupos: marcações não invasivas e invasivas.

Marcações não invasivas implicam no aproveitamento de caracteres morfológicos capazes de individualizar os espécimes ou em técnicas artificiais que não impliquem em manuseio prolongado ou comprometimento da vida normal dos indivíduos (coloração de plumagem e/ou pelos, padrões de manchas corporais; colares, bandas, discos nasais, dispositivos de rastreamento, tintas, monitoramento remoto, SILVY; LOPES; PETERSON, 2012; MACAULAY; SOLLMANN; BARRET, 2020); marcações invasivas, por sua vez, remetem a técnicas que, além de requererem o manuseio dos indivíduos, demandam microcirurgias, mutilação ou inoculação de substâncias e/ou dispositivos na cavidade corpórea do animal (e.g. transponders internos, tatuagens, etiquetas, marcações químicas, partículas, remoção de tecido. SILVY; LOPES; PETERSON, 2012; JEWELL, 2013).

Dadas as diversas aplicabilidades e características das técnicas desenvolvidas, alguns autores elencaram pré-requisitos a serem levados em consideração na escolha da técnica cuja aplicação preza pelo bem-estar animal e não interferência nos resultados observados: 1) não interferência na sobrevivência, fisiologia, locomoção e comportamento de animais marcados; 2) durabilidade, pelo menos até o fim do estudo proposto; 3) relação custo-benefício positiva, ou seja, acessível financeiramente e eficiência; 4) fácil implementação, seja em laboratório ou em campo; 5) fácil visibilidade ou detectabilidade (SEBER, 1982; POLLOCK, 1990; FERNER, 2007; SOULSBURY, et al., 2020). No entanto, existem críticas quanto a universalização destes pré-requisitos quando aplicados à fauna geral, uma vez que existem decisões a serem tomadas em escalas mais específicas, como fatores espécie-específicos, local de estudo e objetivos, podendo interferir nas distintas formas de adesão das técnicas por pesquisadores (MURRAY; FULLER, 2012; LORETTO et al., 2013; JUNG; BOOSNA; KREBS, 2020).

A aplicação de uma mesma técnica em diferentes espécies sem adaptações destas às características morfofisiológicas de cada táxon pode resultar em efeitos negativos ao animal e, conseqüentemente, a coleta imprecisa de parâmetros populacionais. Alguns estudos com mamíferos, por exemplo, têm encontrado evidências de que a técnica de amputação dos artelhos (remoção de uma ou mais falanges dos dedos) não causam prejuízos significativos nos indivíduos, ao passo que outros autores relatam efeitos negativos da mesma técnica na fisiologia de espécies ectotérmicas, como os anfíbios anuros (NARANYAN et al., 2011; LORETTO et al., 2013; GINNAN et al., 2015). Da mesma forma, os achados sobre o efeito da amputação de falanges mesmo entre espécies de anuros se mostram conflitantes (e.g. efeitos negativos, GUILFOYLE; HATCH, 2013; ausência de efeitos negativos, HUDSON; BROWN; SHINE, 2017; ZAMORA-CAMACHO, 2018). Além disso, algumas espécies de anfíbios e répteis

possuem a capacidade de regeneração dos dactilos, e a não investigação deste evento antes do emprego da amputação de artelhos pode comprometer a fidelidade dos dados de recaptura (URSPRUNG et al., 2011; ZHANG et al., 2018).

Pesquisas com dispositivos de rastreamento em vertebrados também têm encontrado limitações na aplicabilidade com invertebrados, apesar das adaptações realizadas para as diversas morfologias destes animais (BODEY et al., 2017). Em vertebrados, o peso destes dispositivos não deve ultrapassar 5% de sua massa, no entanto, a minimização dos dispositivos utilizados em animais invertebrados parece não acompanhar a proporção peso/massa em animais tão pequenos (PORTUGAL; WHITE, 2018; BATSLEER et al., 2020). Além da fraqueza da base empírica acerca da conclusão do valor de 5% para vertebrados, a pesquisa com invertebrados não abarca questões éticas na mesma proporção que acontece com vertebrados, o que permite certa subjetividade na percepção de possíveis efeitos negativos causados a artrópodes devidos à carga excessiva de dispositivos de rastreamento (BARRON; PATRICK; WEATHERHEAD, 2010; DRINKWATER; ROBINSON; HART, 2019). Assim, a adesão a técnicas em variadas espécies demanda adaptações e quantificação dos efeitos na vida das espécies (SOULSBURY et al., 2020).

Outra abordagem interessante para abordar a respeito dos distintos objetivos de estudo são estudos que objetivam a reintrodução de espécies ao seu habitat natural. Indivíduos reintroduzidos podem ser marcados em lote, quando se objetiva avaliar o sucesso de reintrodução dos espécimes ao seu hábitat (KJELDGAARD et al., 2022) ou a nível individual, principalmente em programas de reintrodução de vertebrados anteriormente extintos na natureza (LIMA; DOS SANTOS, 2010) ou debilitados (MOREIRA, 2021). Já em estudos de estimativa de crescimento, por exemplo, a marcação individual pode ser requerida para, nas futuras recapturas, verificar o tamanho e demais condições fisiológicas dos espécimes.

Em relação aos locais de estudo, a paisagem pode ter um papel decisivo sobre qual técnica de marcação ideal a ser aplicada, uma vez que ambientes com densa vegetação, por exemplo, podem ser desafiadores para visualização de marcas artificiais ou naturais (MCPHEE et al., 2021).

Diversos estudos que evidenciam a sensibilidade à dor nos vertebrados (e.g. estudos que testam efeitos das técnicas) servem como base para aprovação ou não recomendação de técnicas de marcação pelos comitês de ética (VALENTIM et al., 2016). No entanto, este cenário é quase inexistente para os invertebrados, e muito disso está atrelado às subjetividades na interpretação dos achados a respeito da capacidade de sentir dor desses animais (FISHER;

LARSON, 2019). Em alguns casos, algumas ordens pertencentes aos invertebrados são contempladas com estudos relativos à capacidade de sentir dor e, portanto, medidas práticas acerca do bem-estar destes animais são mais céleres (BERRY et al., 2015). Em outros, como pequenos insetos, o tamanho pequeno impede não só a coleta de evidências fisiológicas, mas também a clara compreensão acerca dos impactos das técnicas que, raramente, são abordados nos estudos (BASTLEER et al., 2020).

2.2 MARCAÇÃO E RECAPTURA CLÁSSICAS EM ANFÍBIOS ANUROS

Nenhuma técnica é livre de invasividade, no entanto, esta deve ser aferida para indicar a melhor escolha, principalmente no que se refere a espécies com alto grau de endemismo, ameaça de extinção e diversificação na ontogenia, como os anfíbios anuros (DONNELLY et al., 1997). Os anuros possuem características morfofisiológicas que os tornam animais sensíveis ao ambiente, portanto, se adaptaram e desenvolveram estratégias de defesa anti-predação que podem ser usadas diante de eventos predatórios ou durante a manipulação frequente do pesquisador (DUELLMAN; TRUEB, 2016; BERNARDE, 2012; SOUSA; TAVARES; CARVALHO, 2016; HOFFMAN; MCGARRITY; JOHNSON, 2008). Logo, é importante se atentar aos comportamentos exibidos nos indivíduos e verificar se determinados tipos de técnicas interferem no bem estar dos organismos (SOUSA; TAVARES; CARVALHO, 2016).

A técnica mais usada para marcação dos anuros consistia na amputação dos artelhos, a qual permitiu sucesso na investigação da ecologia reprodutiva, distribuição espacial e estimativa de crescimento desse grupo (CHAPMAN; CHAPMAN, 1958; PRADO-SANUDO; GIRALDO; WANG et al., 2021). Essa técnica, a princípio usada em pequenos mamíferos (BLAIR, 1941), consiste na remoção de um ou mais artelhos dos membros com o uso de anestésicos, fármacos e antibacterianos, a fim de individualizar os espécimes através de códigos alfanuméricos específicos (MARTOF, 1953), sendo uma técnica barata e duradoura quando se conhece as taxas de regeneração dos artelhos das espécies (SAPSFORD, 2014). Com estudos ampliando o número amostral e aumentando a quantidade de dedos removidos, as atenções para os efeitos posteriores aos procedimentos foram investigadas. Clarke (1972) verificou que animais com mais de um dedo removido tinham menor probabilidade de recaptura, o que levou a hipótese de que a falta dos dedos estaria interferindo na sobrevivência dos indivíduos no ambiente.

Alguns estudos que avaliavam os efeitos da técnica a curto e longo prazo verificaram impactos imediatos em funções locomotoras (SCHMIDT; SCHWARZKOPF, 2010) e baixas recapturas que indicavam possíveis infecções (MCCARTHY; PARRIS, 2004).

As infecções e longos períodos de cicatrização também eram relatadas no período pós-amputação (BRANNELLY; BERGER; SKERRATT, 2014). Por seguinte, os primeiros estudos sobre a concentração de corticosterona - um glicocorticoide liberado pelos anuros em situação de estresse – foram publicados, nos quais se verificou as altas concentrações deste hormônio em animais submetidos à técnica (NARAYAN et al, 2011; GUILFOYLE; HATCH, 2013). Em paralelo, outros autores relataram que não encontraram efeitos deletérios significativos da marcação para anuros (PHILLOTT et al., 2007; PERRY et al., 2011). Diante desta dualidade, fazia-se necessário analisar minuciosamente as necessidades, aplicabilidade e efeitos em todos os estudos futuros que tinham apenas a amputação de artelhos como método para marcação.

A segunda técnica de marcação amplamente usada são as etiquetas de Transponder Integrado Passivo (PIT-tags, SINSCH, 1992). As PIT-tags são compostas por uma “bobina” de vidro que cobre um microchip a ser implantado sob a pele ou na cavidade corpórea do animal, sendo rastreável até 30 cm de distância por scanners, através da leitura dos códigos alfanuméricos por radiofrequência (BEATHAM et al, 2021). Dessa forma, o manejo fica restrito apenas à primeira captura para a inoculação do dispositivo, sendo dispensada a necessidade de manejos contínuos para verificação de recaptura devido à capacidade de leitura via scanner (CAMPER; DIXON, 1988). As PIT- tags possuem em média 10mm e, devido a sua necessidade de inoculação na maioria dos casos, a técnica é inviável em estudos com espécies pequenas, restringindo o uso a espécies de médio e grande porte (FUNK et al. 2005; PERRET; JOLY, 2002; COURTOIS et al., 2013). Alguns autores detectaram a migração do microchip em um pequeno número de indivíduos, mas sem interferir significativamente na taxa de reconhecimento pelo scanner (IRELAND, OSBOURNE, BERRILL, 2003). Pyke (2005) também realizou uma avaliação de campo sobre PIT-tags acompanhando 3000 indivíduos marcados e verificou que menos de 1% dos indivíduos emitiram alguma vocalização agonística durante o procedimento. O autor ressaltou apenas três casos em que a agulha utilizada na aplicação pode ter ferido a parede corporal, causando retração pulmonar em dois animais e a morte do terceiro, porém estes casos foram erros humanos na metodologia. Os cuidados pós-inoculação para esta técnica são cruciais para o sucesso do monitoramento e sobrevivência do animal. Os procedimentos de inoculação envolvem cirurgia na cavidade corpórea ou subcutânea, o que implica em riscos de infecções tão sérias quanto as causadas pela amputação de artelhos (FUNK et al., 2005). Apesar dos autores afirmarem sua eficiência e poucos efeitos negativos, esta é uma técnica bastante custosa devido ao seu poder tecnológico, tornando-se inviável na exequibilidade de alguns estudos (PYKE, 2005).

A terceira técnica, menos invasiva que PIT-tags e mais bem empregada na atualidade para anuros, é Implante de Elastômeros Visíveis (daqui em diante, VIE, Northwest Marine Technology, Inc., Shaw Island, Washington, FREITAS *et al.*, 2013). Trata-se de um polímero biocompatível fluorescente, que pode ser encontrado em diversas cores, de consistência líquida antes da aplicação e, quando aplicado, torna-se sólido, porém flexível (NAUWELAERTS *et al.*, 2000). A princípio, esta técnica era amplamente empregada em peixes e outros animais marinhos (BONNEAU; THUROW; SCARNECCHIA, 1995), mas também mostra sucesso em estudos com anuros adultos (HEARD *et al.*, 2008; OSBOURN *et al.*, 2011) e girinos (FOUILLOUX; GARCIA-COSTOYA; ROJAS, 2020). Para esta técnica, recomenda-se a aplicação do polímero em regiões translúcidas do corpo para melhor visualização (WAUDBY; PETIT, 2011). VIE não tem demonstrado interferências sobre recaptura e sobrevivência dos indivíduos devido à aplicação subcutânea, no entanto, seu alto custo pode ser um fator limitante para a adesão de estudos com amostras numerosas (SAPSFORD *et al.*, 2014). Além disso, um viés técnico que seria passível de ocorrência quando se trata de uma marcação artificial é a visibilidade da marcação no corpo do indivíduo. VIE é custosa e, apesar da diversidade de cores, o balanço entre a quantidade de material aplicado e a quantidade de indivíduos pode comprometer a retenção das marcas. Lunghi e Bruni (2018) realizaram um estudo com salamandras e verificaram que a visibilidade adequada não excedeu um período de 5 anos. Outros autores vêm relatando a perda ou migração das marcas por elastômeros no período de semanas (WOODS; MARTIN-SMITH 2004), que pode ocorrer devido a erros humanos, peculiaridades dos locais de aplicação no corpo e mudanças nos tecidos durante o desenvolvimento ontogenético (CURTIS, 2006). Como alternativa, autores vêm indicando o uso de técnicas combinadas (e.g. VIE + PIT-tags), uma vez que estudos que exigem conhecimento da identidade dos espécimes precisam ter o mínimo de erro possível (HOFFMAN; MCGARRITY; JOHNSON, 2008; BRANNELLY *et al.*, 2013). Em relação a comportamentos de estresse exibidos por indivíduos submetidos a VIE, autores relataram que alguns anuros apresentavam um comportamento de friccionar as patas posteriores onde foram empregados os elastômeros, num movimento de “remoção dos elastômeros” (HOFFMAN; MCGARRITY; JOHNSON, 2008).

2.3 FOTOIDENTIFICAÇÃO: APLICABILIDADE E DESAFIOS EM ANFÍBIOS ANUROS

Diante das limitações e efeitos das técnicas existentes, evidencia-se uma técnica de fácil aplicabilidade, baixa invasividade, barata e ilimitada quanto ao número amostral para o monitoramento populacional em animais, e em particular em anuros, como a fotoidentificação (PERRY *et al.*, 2011). Esta técnica tem sido amplamente empregada para o monitoramento de

diversos grupos de vertebrados com sucesso, como mamíferos terrestres (KELLY., 2001), aquáticos (ROSSI et al., 2003), peixes (DALA- CORTE et al., 2016) e reptéis como tartarugas marinhas (CHEW et al., 2015). Em anfíbios anuros, esta vem sendo uma alternativa validada em algumas espécies (CAORSI et al., 2012; VASCONCELLOS., 2012; ELGUE et al., 2014; KIM et al., 2017), mas ainda pouco difundida.

Os primeiros estudos com uso de marcas naturais não automatizados são relativamente tardios para anuros (1997), pois vieram a fim de somar à técnica de amputação dos artelhos uma vez que muitas espécies perdiam falanges naturalmente, enviesando as marcações anteriormente criadas (DONNELLY et al., 1994; WINKLER; HEUNISH, 1997). Os indivíduos eram comparados através de fotos impressas e a busca por recapturas se dava por comparação de fotos similares (busca manual), o que demandava muitas horas de investigação. O emprego da fotoidentificação artificial (uso de imagens digitalizadas) se deu mais tarde devido ao avanço da tecnologia computadorizada (BRADFIELD, 2004).

A partir de então, as buscas pelas fotografias correspondentes podem ser realizadas de forma: I) aleatória no computador, pareando fotografias manualmente a fim de classificá-las como recaptura ou nova captura (comparação manual) e II) “*matching*” de fotografias semelhantes realizada unicamente pelo software, cabendo ao pesquisador somente a decisão final (comparação auxiliada por software). Com o desenvolvimento de softwares específicos para elencar as fotos mais similares no banco de imagens baseadas em algoritmos, as análises se tornaram mais céleres, permitindo manipulação de um banco de imagens extenso (BOLGER et al. 2012; CAORSI et al., 2012).

Desta maneira, a fotoidentificação artificial tem se mostrado eficiente no monitoramento com anuros (e.g. COVE; SPÍNDOLA, 2013; MEJÍA; PADRÓN; SOLÉ, 2021; REYNE et al., 2021; DAWSON; PANTER; ZEISSET, 2021), unindo eficiência, baixo custo e baixa invasividade nos estudos populacionais de anuros endêmicos ou em risco de extinção (KELLY, 2001; ELGUE et al. 2014). No entanto, dos estudos atuais, apenas o realizado por Bendik et al. (2016) verificou a eficiência da técnica de fotoidentificação assistida por *software* em comparação com o uso de implante elastômeros visíveis na salamandra *Eurycea tonkawae*, indicando uma menor taxa de erro no reconhecimento de recaptura pelo padrão de marcas naturais do que por elastômeros. Outro trabalho traz estudo de monitoramento unicamente com as variações da técnica de foto identificação (manual x assistida por software) para sua validação (e.g. ELGUE et al., 2014). Logo, é necessário levar em consideração também o(s) *software(s)* e seus respectivos algoritmos adotados para estabelecer as metodologias atreladas às fotografias (BURGSTALLER; GOLLMANN; LANDLER, 2020). Atualmente, três

softwares gratuitos são mais aplicados em pesquisas de fotoidentificação: Wild ID, APHIS e I3Spatter (BOLGER et al., 2012; MATTHÉ et al., 2017; BURGSTALLER; GOLLMANN; LANDLER, 2020). Estes softwares possuem mecanismos artificiais distintos para auxiliar o observador na comparação das fotos em bancos de imagens (MATTHÉ et al., 2017; MOYA et al 2015; BAY et al., 2007). Como critérios pré-estabelecidos, a fotoidentificação requer, a princípio, que o animal alvo de estudo apresente padrões de marcas naturais variáveis entre os indivíduos e estáticas ao longo do tempo, bem como certa padronização das fotografias para reconhecimento em grande quantidade pelos softwares (VASCONCELOS, 2012). No entanto, os dados sobre a eficiência da técnica justificam a baixa adesão, pois estudos atuais que fazem recomendações a serem seguidas para esta técnica utilizaram distintas metodologias de campo (VASCONCELOS, 2012), que não se adequam à realidade de trabalho de campo com espécies de diferentes hábitos. No Brasil, os poucos estudos voltados ao uso de fotoidentificação em anuros se concentram nas regiões sul, sudeste e centro-oeste (VASCONCELOS, 2012; CAVALCANTE-PINTO, 2020) e poucos no Nordeste (SÁ et al., 2019; LIMA-ARAÚJO, 2021). Neste sentido, testar a técnica em espécies com padrão de manchas característico e de biomas brasileiros pode contribuir para a difusão deste método para espécies que atendam aos requisitos e que sejam endêmicas e/ou ameaçadas de extinção.

REFERÊNCIAS

ALTOBELLI, Joseph T.; LAARMAN, Patrick B.; MOORE, Jennifer A. First Year Survival of Hatchling Eastern Box Turtles (*Terrapene carolina carolina*) at Their Northern Range Limit in Michigan's Lower Peninsula. **Journal of Herpetology**, v. 55, n. 4, p. 432-441, 2021.

ALTON, Lesley A.; FRANKLIN, Craig E. Do high temperatures enhance the negative effects of ultraviolet-B radiation in embryonic and larval amphibians? **Biology Open**, v. 1, n. 9, p. 897-903, 2012.

BAILEY, L. L. Evaluating elastomer marking and photo identification methods for terrestrial salamanders: marking effects and observer bias. **Herpetological Review**, v. 35, n. 1, p. 38, 2004.

BAILLIE, S. R. et al. From individuals to flyways: the future of marking birds for conservation. **Ringing & Migration**, v. 24, n. 3, p. 155-161, 2009.

BASTOS, R. P.; HADDAD, C. F.B. Breeding activity of the neotropical treefrog *Hyla elegans*

(Anura, Hylidae). **Journal of Herpetology**, p. 355- 360, 1996.

BEAUSOLEIL, N. J.; MELLOR, D. J.; STAFFORD, K. J. Methods for Marking New Zealand Wildlife: Amphibians. **Reptiles and Marine Mammals**, p. 147.

BEATHAM, S. E. *et al.* A PIT-tag–based method for measuring individualbait uptake in small mammals. **Ecological Solutions and Evidence**, v. 2, n. 2, p. e12081, 2021.

BECKER C.G., JONER F., FONSECA C.R. Ecologically sustainable tree monocultures contribute to conservation of an Araucaria Forest endemic frog. **Journal of Natural History** 41: 1739-1752,2007.

BERNAT-PONCE, Edgar; GIL-DELGADO, José A.; LÓPEZ-IBORRA, Germán M. Replacement of semi-natural cover with artificial substrates in urban parks causes a decline of house sparrows

Passer domesticus in Mediterranean towns. **Urban Ecosystems**, v. 23, n. 3, p. 471-481, 2020.

BLAIR, W. F. Techniques for the study of mammal populations. **Journal of Mammalogy**, 22 (2):148– 157, 1941.

BLAUSTEIN, A. R.; WAKE, D. B. Declive de las poblaciones de anfibios. **Investigación y ciencia**, v. 225, p. 8-13, 1995.

BOLGER, D.T. *et al.* 2012. A computer-assisted system for photographic mark-recapture analysis.

Methods in Ecology and Evolution, 3: 813-822, 2012.

BONNEAU, J. L.; THUROW, R. E.; SCARNECCHIA, D. L. Captura, Marcação e Enumeração de Truta de Touro Juvenil e Truta Degolada em Pequenos Fluxos de Baixa Condutividade. **North American Journal of Fisheries Management**, 15(3), 563-568, 1995.

BORREMANS, Benny *et al.* Evaluation of short-, mid-and long-term effects of toe

clipping on a wild rodent. **Wildlife Research**, v. 42, n. 2, p. 143-148, 2014.

BRADFIELD, K.S. Photographic identification of individual Archey's Frogs, *Leiopelma archeyi*, from natural markings. **DOC Science Internal Series**, 191:1-36, 2004.

BRANNELLY, L. A.; BERGER, L.; SKERRATT, L. F. Comparison of Three widely used marking techniques for adult anuran species *Litoria verreauxii alpina*. **Herpetological Conservation and Biology**, v. 9, n. 2, p. 428-435, 2014.

BURGSTALLER, Stephan; GOLLMANN, Günter; LANDLER, Lukas. The green toad example: a comparison of pattern recognition software. 2020.

CAMPER, J. D.; DIXON, J. R. **Evaluation of a microchip marking system for amphibians and reptiles**. Texas Parks & Wildlife Department, 1988.

CAORSI, V. Z.; SANTOS, R. R.; GRANT, T. Clip or snap? An evaluation of toe-clipping and photo-identification methods for identifying individual Southern Red-Bellied Toads, *Melanophryniscus cambaraensis*. **South American Journal of Herpetology**, v. 7, n. 2, p. 79-84, 2012.

CARLINE, R. F.; BRYNILDSON, O. M. Effects of the Floy anchor tag on the growth and survival of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). **Journal of the Fisheries Board of Canada**, v. 29, n. 4, p. 458-460, 1972.

CAVALCANTE-PINTO, K. *et al.* Influência da urbanização na morfologia e canto de *Dendropsophus cruzi*: **UMA AVALIAÇÃO EMPARQUES URBANOS NO CERRADO GOIANO**, 2020.

CHAPMAN, B. M.; CHAPMAN, R.F. A field study of a population of leopard toads (*Bufo regularis regularis*). **J. Anim. Ecol.** 27:265-286, 1958.

CHEESEMAN, Ted *et al.* Advanced image recognition: a fully automated, high-accuracy photo-identification matching system for humpback whales. **Mammalian Biology**, p. 1-15, 2021.

CHEW, V. Y.; LIEW, H.; JOSEPH, J. Photographic identification of greenturtles (*Cheloniemydas*) at Redang Island, Malaysia. **Marine Turtle Newsletter**, v. 146, p. 1-6, 2015.

CLARKE, Gregory S.; SHINE, Richard; PHILLIPS, Benjamin L. May the (selective) force be withyou: spatial sorting and natural selection exert opposing forces on limb length in an invasive amphibian. **Journal of evolutionary biology**, v. 32, n. 9, p. 994-1001, 2019.

COURTOIS, E. A. *et al.* The use of visible implant alpha tags for anuran tadpoles. **HerpetologicalReview**, v. 44, n. 2, p. 230-233, 2013.

COVE, M. V.; SPÍNOLA, M. Pairing noninvasive surveys whit capture- recapture analysis to estimate demographic parameters for *Dendrobates auratus* (Anura: Dendrobatidae) from an alteredhabitat in Costa Rica. **Phyllomedusa** 12: 107–115, 2013.

CRONEMBERGER, Cecilia *et al.* Potencial do Uso de Amostras Fecais de Felinos como Ferramenta de Monitoramento Ambiental: Estudo de Caso no Parque Nacional da Serra dos Órgãos. **Biodiversidade Brasileira-BioBrasil**, v. 12, n. 1, p. 244-258, 2022.

CROUCH, Carter G.; BENSON, Robert H.; BRENNAN, Leonard A. Comparison of two color- marking techniques for American Kestrels in South Texas. **Journal of Raptor Research**, v. 52, n.1, p. 66-71, 2018.

CUCHEROUSSET, Julien *et al.* The use of two new portable 12-mm PIT tag detectors to track small fish in shallow streams. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 25, n. 1, p.270-274, 2005.

CURTIS, J.M.R. Visible implant elastomer color determination, tag visibility, and tag loss: potential sources of error for mark–recapture studies. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 26, n. 2, p. 327-337, 2006.

DA CUNHA, J. A. S. *et al.* Selective logging in a chronosequence of Atlantic Forest: drivers and impacts on biodiversity and ecosystem services. **Perspectives in Ecology and Conservation**, 2021.

DALA-CORTE, R.B.; MOSCHETTA, J. B.; BECKER, F. G. Photo-identification as a technique for recognition of individual fish: a test with the freshwater armored catfish *Rineloricaria aequalicuspis* Reis & Cardoso, 2001 (Siluriformes: Loricariidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 14,2016.

DASTANSARA, N. et al. Impacts of temperature on growth, development and survival of larval *Bufo (Pseudepidalea) viridis* (Amphibia: Anura): implications of climate change. **Zoology and Ecology**, v. 27, n. 3-4, p. 228-234, 2017.

DAVIS, T.M., OVASKA, K. Individual recognition of amphibians: effects of toe clipping and fluorescent tagging on the salamander *Plethodon vehiculum*. **J.Herpetol.** 35: 217-225, 2001.

DAWSON, J.; PANTER, C. T.; ZEISSET, I. Comparisons of image-Matching software when identifying pool frog (*Pelophylax lessonae*) individuals from a reintroduced population. **Herpetological Journal**, v. 31,n. 1, 2021.

DEVILLE, M.; PINCEBOURDE, S. Telemetry reveals the habitat selected by immature dragonflies: implications for conservation of the threatened dragonfly *Leucorrhinia caudalis* (Odonata: Anisoptera). **Journal of Insect Conservation**, v. 23, n. 1, p. 147-155, 2019.

DONNELLY, M. A. et al. Techniques for marking amphibians. Measuring and monitoring biological diversity: **Standard methods for amphibians**, 1994.

DRINKWATER, Eleanor; ROBINSON, Elva JH; HART, Adam G. Keeping invertebrate research ethical in a landscape of shifting public opinion. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 10, n. 8,p. 1265-1273, 2019.

DUELLMAN, W. E.; TRUEB, L. Biology of amphibians. **JHU press**, 1994.

DUNBAR, Stephen G. *et al.* HotSpotter: Using a computer-driven photo-id application to identify sea turtles. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 535, p. 151490, 2021.

DURET, Clément; PILLE, Fabien; DENOËL, Mathieu. Efficiency of aquatic PIT-tag

telemetry, a powerful tool to improve monitoring and detection of marked individuals in pond environments. **Hydrobiologia**, v. 849, n. 11, p. 2609-2619, 2022.

ELGUE, E. *et al.* Validity of photo-identification technique to analyze natural markings in *Melanophryniscus montevidensis* (Anura: Bufonidae). **Phyllomedusa: Journal of Herpetology**, v. 13, n. 1, p. 59-66, 2014.

FERNER, J. W. A review of marking and individual recognition techniques for amphibians and reptiles. Salt Lake City. **Society for the Study of Amphibians and Reptiles**, 78p, 2007.

FERREIRA, Anselmo *et al.* An inception-based data-driven ensemble approach to camera model identification. In: **2018 IEEE International Workshop on Information Forensics and Security (WIFS)**. IEEE, 2018. p. 1-7.

FISHER, K. J.; GUILFOYLE, K. J.; HATCH, K. A. Stress induced by toe-clipping in cane toads (*Rhinella marina*). **Copeia**, v. 2013, n. 3, p. 539- 542, 2013.

FOUILLOUX, C. A.; GARCIA-COSTOYA, G.; ROJAS, B. Visible Implant elastomer (VIE) success in early larval stages of a tropical amphibian species. **PeerJ**, v. 8, p. e9630, 2020.

FREITAS, R. P.; OLIVEIRA, M. D.; GUSTAVO, F. F. Uso do Implante Visível de Elastômero Fluorescente (IVE) para marcação de lagartos *Phyllorhynchus pollicaris* (Squamata: Phyllodactylidae). **Biotemas**, v. 26, n. 4, p. 271-276, 2013.

FUNK, W. Chris; DONNELLY, Maureen A.; LIPS, Karen R. Alternative views of amphibian toe-clipping. **Nature**, v. 433, n. 7023, p. 193-193, 2005.

HAGLER, James R.; JACKSON, Charles G. **Methods for marking insects: current techniques and future prospects**. 39 p. 2001.

HALLORAN, Kelly M.; MURDOCH, James D.; BECKER, Matthew S. Applying computer-aided photo-identification to messy datasets: a case study of T hornicroft's giraffe (*Giraffa camelopardalis thornicrofti*). **African Journal of Ecology**, v. 53, n. 2, p. 147-155, 2015.

HEARD, G. W.; SCROGGIE, M.P.; MALONE, B. Visible implant alphanumeric tags as an alternative to toe-clipping for marking amphibians—a casestudy. **Wildlife Res.** 35:747–759, 2008

HENRY, Pierre-Yves; JARNE, Philippe. Marcando gastropodes com casca dura: perda de marca, impacto nos traços da história da vida e perspectivas na biologia. *Biologia Invertebrada*, v. 126, n.2, p. 138-153, 2007.

HOEFER, Sebastian *et al.* Semi-automated photo-identification of Bahamian Racers (*Cubophis vudii vudii*). **Acta Herpetologica**, v. 16, n. 2, p. 133-136, 2021.

HUDSON, Cameron M.; BROWN, Gregory P.; SHINE, Richard. Effects of toe-clipping on growth, body condition, and locomotion of cane toads (*Rhinella marina*). **Copeia**, v. 105, n. 2, p. 257-260, 2017.

IRELAND, D.; OSBOURNE, N.; BERRILL, M. Marking medium-to large-sized anurans with passive integrated transponder (PIT) tags. **Herpetological Review**, v. 34, n. 3, p. 218, 2003.

IZECKSOHN, E.; CARVALHO-E-SILVA, S. P. Anfíbios da Floresta Nacional Mário Xavier, município de Seropédica, estado do Rio de Janeiro, Brasil (Amphibia: Anura). **Contribuições Avulsas Sobre a História Natural do Brasil**, v. 39, p. 1-3, 2001.

JENKINS, C. N. *et al.* 2015. Patterns of vertebrate diversity and protection in Brazil. **PloS one**, 10(12), e0145064, 2015.

KENYON, N., PHILLOTT, A. D., ALFORD, R.A.: Evaluation of photographic identification method (PIM) as a tool to identify adult *Litoria genimaculata* (Anura: Hylidae). **Herpetological Conservation and Biology** 4: 403–410, 2010.

KELLY, M. J. Computer-aided photograph matching in studies using individual identification: an example from Serengeti cheetahs. **Journal of Mammalogy**, v. 82, n. 2, p. 440-449, 2001.

KIM, M. Y. *et al.* Treefrog lateral line as a mean of individual identification through visual and software assisted methodologies. **Journal of Ecology and Environment**, v. 41, n. 1, p. 1-6, 2017.

KJELDGAARD, MacKenzie K. et al. Distinct colony boundaries and larval discrimination in polygyne red imported fire ants (*Solenopsis invicta*). **Molecular Ecology**, v. 31, n. 3, p. 1007-1020, 2022.

LANGTIMM, Catherine A. *et al.* Survival estimates for Florida manatees from the photo-identification of individuals. **Marine Mammal Science**, v. 20, n. 3, p. 438-463, 2004.

LAW, Peter R.; JEWELL, Zoe; ALIBHAI, Sky. Using shape and size to quantify variation in footprints for individual identification: Case study with white rhinoceros (*Ceratotherium simum*). **Wildlife Society Bulletin**, v. 37, n. 2, p. 433-438, 2013.

LETTINK, M.; ARMSTRONG, D. P. Uma introdução ao uso de análise de marcação-recaptura para monitoramento de espécies ameaçadas. **Departamento de Conservação Técnico Série A**, v. 28, p. 5-32, 2003.

LIMA-ARAÚJO, F. et al. Efficiency of photo identification of inguinal color patterns of *Pithecopus gonzagai* (Anura: Phyllomedusidae) from northeastern Brazil. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, v. 20, n. 1, p. 67-74, 2021.

LORETTO, D. *et al.* **On the practice of toe clipping for small mammal studies in Brazil**. 4 p. 2013.

LOWE, G. Sift-the scale invariant feature transform. **Int. J.**, v. 2, n. 91-110, p. 2, 2004.

LU, X., LI, B., & LIANG, J. J. Demografia comparativa de um anuran temperado, *Rana chensinensis*, ao longo de um gradiente elevacional relativamente fino. **Canadian Journal of Zoology**, 84(12), 2020.

MATTHÉ, M. et al. Comparison of photo-matching algorithms commonly used for photographic capture–recapture studies. **Ecology and evolution**, v. 7, n. 15, p. 5861-5872, 2017.

MACAULAY, Luke T.; SOLLMANN, Rahel; BARRETT, Reginald H. Estimating deer populations using camera traps and natural marks. **The Journal of Wildlife Management**, v. 84, n. 2, p. 301-310, 2020.

MARTOF B. Home range and movements of the green frog, *Rana clamitans*. **Ecology**, 34: 529– 543, 1953.

MCCARTHY, M. A.; PARRIS, K. M. Clarifying the effect of toe clipping on frogs with Bayesian statistics. **Journal of Applied Ecology**, v. 41, n. 4, p. 780-786, 2004.

MCKENZIE, Jeremy et al. Avanços na tecnologia de marcação e marcação de peixes. Sociedade Americana de Pesca, 2012.

MEJÍA, D. P.; PADRÓN, D. F.; SOLÉ, M. A new spool-and-line attachment method to track short movements in phyllomedusidae frogs (Anura: Phyllomedusidae). **Herpetology Notes**, v. 14, p. 125-131, 2021.

MELO, Í. V. *et al.* New additions to the herpetofauna of the Dois Irmãos State Park, an urban Atlantic Rainforest fragment in northeastern Brazil. **Herpetology Notes**, 2018.

MOHER, David *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **Annals of internal medicine**, v. 151, n. 4, p. 264-269, 2009.

MOREIRA, Amy Borges et al. Reabilitação de tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta* Linnaeus, 1758) após traumatismo craniano. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 15, n. 4, p. 303-311, 2021.

MOYA, Oscar *et al.* APHIS: a new software for photo-matching in ecological studies. **Ecological Informatics**, v. 27, p. 64-70, 2015.

MURRAY, D. L.; FULLER, M. R. Effects of marking on the life history patterns of vertebrates. **Research techniques in ethology and animal ecology**. Columbia University Press, New York, NY USA, p. 15-64, 2000.

NARAYAN, E. J. *et al.* Urinary corticosterone responses to capture and toe-clipping in the cane toad (*Rhinella marina*) indicate that toe-clipping is a stressor for amphibians. **General and comparative endocrinology**, v. 174, n. 2, p. 238- 245, 2011.

NAUWELAERTS, S.; COECK, J.; AERTS, P. Visible implant elastomers as a method for marking adult anurans. **Herpetological Review**, v. 31, n. 3, p. 154, 2000.

NIETFELD, T. M. Wildlife marking techniques. **Research and management techniques for wildlife and habitats**, p. 140-168, 1994.

OROPEZA-SÁNCHEZ, MARCO TULIO; PINEDA, Eduardo; LURÍA-MANZANO, RICARDO. Population characteristics, habitat, and diet of the large-crested toad (*Incilius cristatus*; anura: Bufonidae): A critically endangered species endemic to Mexico. **Herpetological Conservation and Biology**, v. 13, n. 3, p. 558-568, 2018.

OSBOURN, M.S. *et al.* Use of fluorescent visible implant alphanumeric tags to individually mark juvenile ambystomatid salamanders. **Herpetological Review** 42, 43–47, 2011.

PETSO, T.; JAMISOLA, R. S.; MPOELENG, D. Review on methods used for wildlife species and individual identification. **European Journal of Wildlife Research**, v. 68, n. 1, p. 1-18, 2022.

PEREIRA, E. N.; LIRA, C. S.; SANTOS, E. M. Ocupação, distribuição espacial e sazonal dos anfíbios anuros, em fragmento de mata atlântica. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 7, n. 2, p. 70-83, 2016.

PERRET, N.; JOLY, P. Impacts of tattooing and PIT-tagging on survival and fecundity in the alpine newt (*Triturus alpestris*). **Herpetologica**, v. 58, n. 1, p. 131-138, 2002.

PERRY, G. *et al.* 2011. Toe Clipping of Amphibians and Reptiles: Science, Ethics, and the Law. **Journal of Herpetology**, 45:547-555, 2011.

PLUMMER, M. V.; FERNER, J. W. Marking reptiles. **Reptile biodiversity: standard methods for inventory and monitoring**, p. 143-150, 2012.

POLLOCK, K. H. *et al.* Statistical inference for capture-recapture experiments. **Wildlife monographs**, p. 3-97, 1990.

PORTUGAL, Steven J.; WHITE, Craig R. Externally attached biologgers cause compensatory body mass loss in birds. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 13, n. 2,

p. 294-302, 2022.

PRADO-SANUDO, M. L.; GIRALDO, A.; BOLÍVAR-GARCÍA, W. Population status of

Centrolene savagei (Anura: Centrolenidae) in the Western and Central Andes of Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, v. 24, n. 2, p. 116-124, 2020.

PYKE, G. H. The use of PIT tags in capture-recapture studies of frogs: a field evaluation. *Herpetological Review*, v. 36, n. 3, p. 281-285, 2005.

QUINBY, B. M.; CREIGHTON, J. C.; FLAHERTY, E. A. Estimating Population Abundance of Burying Beetles Using Photo-Identification and Mark-Recapture Methods. *Environmental Entomology*, v. 50, n. 1, p. 238-246, 2021.

RAOULT, Vincent; TOSETTO, Louise; WILLIAMSON, Jane E. Drone-based high-resolution tracking of aquatic vertebrates. *Drones*, v. 2, n. 4, p. 37, 2018.

RECIO, Pablo *et al.* PIT-Tags as a technique for marking fossorial reptiles: insights from a long-term field study of the amphisbaenian *Trogonophis wiegmanni*. *Acta Herpetol*, v. 14, p. 101-107, 2019.

REYNE, M. *et al.* Combining spawn egg counts, individual photo-ID and genetic fingerprinting to estimate the population size and sex ratio of an endangered amphibian. *Integrative zoology*, v. 16, n. 2, p. 240-254, 2021.

SAPSFORD, S. J. *et al.* Visible implant elastomer marking does not affect short-term movements or survival rates of the treefrog *Litoria rheocola*. *Herpetologica*, v. 70, n. 1, p. 23-33, 2014.

SCHMIDT, K.; SCHWARZKOPF, L. Visible implant elastomer tagging and toe-clipping: effects of marking on locomotor performance of frogs and skinks. *The Herpetological Journal* 20(2), 99-105, 2010.

SILVY, Nova J.; LOPEZ, Roel R.; PETERSON, Markus J. Wildlife marking techniques. *Techniques for wildlife investigations and management*, v. 6, p. 339-376, 2005.

SINSCH, U. Zwei neue Markierungsmethoden zur individuellen Identifikation von Amphibien in langfristigen Freilanduntersuchungen: erste Erfahrungen bei Kreuzkröten. **Salamandra** 28:116–128, 1992.

ŠUKALO, G. et al. Novel, non-invasive method for distinguishing the individuals of the fire salamander (*Salamandra salamandra*) in capture-mark-recapture studies. **Acta Herpetologica**, v.8, n. 1, p. 41-45, 2013.

RON, Santiago R. et al. Population decline of the Jambato toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador. **Journal of Herpetology**, p. 116-126, 2003.

ROOSENBERG, WILLEM M.; BURKE, RUSSELL L. Capture, measurement, and field techniques. **Ecology and Conservation of the Diamond-backed Terrapin; Roosenburg, WM, Kennedy, VS, Eds**, p. 7-25, 2018.

ROSSA-FERES, D. D. C. et al. Anfíbios da Mata Atlântica: Lista de espécies, histórico dos estudos, biologia e conservação. **Revisões em Zoologia: Mata Atlântica**, p. 237-314, 2017.

SÁ, L et al. Avaliação do método de foto identificação (APHIS) aplicado ao *Rhinella jimi* (Stevaux, 2002). In: ANAIS DO IX CONGRESSO BRASILEIRO DE HERPETOLOGIA, 2019, Campinas.

Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/cbh-2019/papers/avaliacao-do-metodo-de-foto-identificacao--aphis--aplicado-ao-rhinella-jimi---stevaux--2002-?lang=pt-br> Acesso em: 13 ago. 2021.

SANTANA,D.J.; SILVA,E.T;OLIVEIRA,E.F. Predação de *Dendropsophus elegans* (Anura, Hylidae) por *Phoneutria nigriventer* (Araneae, Ctenidae) em Viçosa, Minas Gerais, Brasil. **Boletim do museu de biologia Mello Leitão**, v. 26, p. 59-65, 2009.

SAPSFORD, S. J. et al. Visible implant elastomer marking does not affect short-term movements or survival rates of the treefrog *Litoria rheocola*. **Herpetologica**, v. 70, n. 1, p. 23-33, 2014.

SCHWEMMER, Philipp; WEIEL, Stefan; GARTHE, Stefan. Spatio-temporal movement

patterns and habitat choice of red foxes (*Vulpes vulpes*) and raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) along the Wadden Sea coast. **European Journal of Wildlife Research**, v. 67, n. 3, p. 1-16, 2021.

SEBER, G. A. F. **Estimation of animal abundance and related parameters**. 35 p. 1973.

SOULSBURY, C. D. *et al.* The welfare and ethics of research involving wild animals: A primer. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 11, n. 10, p. 1164-1181, 2020.

TALAMONI, S. A.; MOTTA-JUNIOR, José Carlos; DIAS, M. M. Fauna de mamíferos da Estação ecológica de Jataí e da Estação Experimental de Luiz Antônio. **Estudos integrados em ecossistemas, Estação Ecológica de Jataí**, v. 1, p. 317-329, 2000.

TOURANI, Mahdiah. A review of spatial capture–recapture: Ecological insights, limitations, and prospects. **Ecology and Evolution**, v. 12, n. 1, p. e8468, 2022.

TREILIBS, Claire E. *et al.* Photographic identification of individuals of a free-ranging, small terrestrial vertebrate. **Ecology and Evolution**, v. 6, n. 3, p. 800-809, 2016.

VOGELBEIN, Wolfgang K.; OVERSTREET, Robin M. Histopatologia do tag âncora interno em spot e spottout. **Transações da American Fisheries Society**, v. 116, n. 5, p. 745-756, 1987.

URSPRUNG, Eva *et al.* Toe regeneration in the neotropical frog *Allobates femoralis*. **The Herpetological Journal**, v. 21, n. 1, p. 83-86, 2011.

TEWS, J. *et al.* Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. **Journal of Biogeography**, v. 31, n. 1, p. 79-92, 2004.

VASCONCELLOS, Michelle Abadie de. **Fotoidentificação como alternativa de marcação não invasiva para o sapinho microendêmico *Melanophryniscus admirabilis* (Anura: Bufonidae)**. 2012.

WANG, T. *et al.* Advertisement call of two *Liuixalus* species (Anura: Rhacophoridae) endemic to Hainan Island, China. **Behavioural Processes**, p. 104423, 2021.

WAUDBY, H. P.; PETIT, S. Comments on the efficacy and use of visible implant elastomer (VIE) for marking lizards. **South Australian Naturalist**, The, v.85, n. 1, p. 7-13, 2011.

WELLS, K.D. The ecology and behavior of Amphibians. – **Chicago Univ. Press**, 2007.

WINKLER C., HEUNISCH G. Photographical methods for individual identification of Alpine newts (*Triturus alpestris*) and palmate newts (*J. helveticus*) (Urodela, Salamandridae). **Mertensiella**, 7: 71-77, 1997.

WOODS, C. M. C; MARTIN-SMITH, K. M. Visible implant fluorescent elastomer tagging of the big-bellied seahorse, *Hippocampus abdominalis*. *Fisheries Research*, v. 66, n. 2-3, p. 363-371, 2004.

ZAMORA-CAMACHO, Francisco Javier. Toe-clipping does not affect toad's short-term locomotor performance. In: **Annales Zoologici Fennici. Finnish Zoological and Botanical Publishing Board**, 2018. p. 237-246.

3. CAPÍTULO 2: TENDENCIAS E DESAFIOS NO USO DE TÉCNICAS DE MARCAÇÃO E RECAPTURA EM ANIMAIS SELVAGENS: UMA REVISÃO GLOBAL

ARTIGO NA NORMA DA REVISTA A SER SUBMETIDO NA JOURNAL OF ANIMAL ECOLOGY

<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/hub/journal/13652656/author-guidelines#articletypes>

Qualis: A1

Fator de Impacto: 5.60

30 Alguns aspectos espécie-específicos (classe, status de ameaça e grupo zoológico) dos estudos
31 foram significativamente associados à tecnologia e durabilidade das técnicas (classe, status de
32 ameaça, padrão de distribuição, estágio de vida, hábito das espécies). “Testes de marcação” e
33 “Demografia” foram os objetivos de estudo mais relatados dos estudos, tendo para estes tintas
34 e anilhas como marcas mais utilizadas, respectivamente, estando mais associadas ao táxon
35 estudado para o objetivo. “Testes anteriores já feitos” e “Perda de marcas” foram vantagens e
36 desvantagens de uso mais relatadas, respectivamente. O uso de técnicas de marcação e recaptura
37 diferiu nos diferentes biomas, mas estavam atrelados às espécies alvo, sem considerar as
38 particularidades do bioma.

39 4. No cenário atual, a escolha da técnica usada depende sobretudo das características das
40 espécies, sendo o contexto ambiental, temático e de ameaça das espécies de pouca relevância.
41 Verificamos que Mamíferos no topo dos estudos corresponde a uma superamostragem da classe
42 possivelmente dada a dificuldade em se marcar algumas espécies e a representatividade de
43 táxons como espécies bandeira. Invertebrados, por outro lado, foram menos amostrados, apesar
44 da diversidade e lento avanço na adaptação de técnicas para o grupo. Elaboramos um *guideline*
45 com modelos de objetivos e demais características que investigamos para ajudar pesquisas
46 futuras na melhor seleção de técnicas conforme particularidades combinadas, como objetivos
47 de pesquisa, das espécies-alvo e contexto biogeográfico da pesquisa, bem como estimulamos o
48 teste de técnicas em animais pouco estudados e a difusão de técnicas tecnológicas e menos
49 invasivas a serem aplicadas na fauna global.

50 **Palavras-chave:** estudos populacionais; monitoramento animal; reconhecimento individual

51

52 **1. Introdução**

53

54 Os estudos que objetivam investigar a viabilidade das populações tendem a, de
55 modo geral, acompanhar crescimento, sobrevivência e ameaças locais para instituir planos de

56 manejo que garantam a persistência natural das espécies em seus ecossistemas (Hickey;
57 Sollman, 2018). Dadas as inviabilidades metodológicas de acessar todos os indivíduos de uma
58 população animal, as técnicas de marcação-recaptura se mostram como ferramentas
59 importantes para o pesquisador. As técnicas de marcação-recaptura permitem a
60 individualização (através da marcação) e acompanhamento (através da recaptura) dos
61 espécimes selecionados por determinado tempo (Lettink & Armstrong, 2003; Quinby et al.,
62 2021). Diante da diversidade de técnicas existentes (Donnelly et al., 1997), alguns requisitos
63 para a marcação ideal dos estudos populacionais devem ser atendidos: a) ausência de
64 interferências na sobrevivência, fisiologia, locomoção e comportamento de animais marcados;
65 b) durabilidade da técnica, pelo menos até o fim do estudo proposto; c) relação custo benefício
66 positiva; d) Fácil implementação, seja para estudos em laboratório ou em campo (Ferner, 1979;
67 Seber, 1986; Pollock et al., 1990; Soulsbury et al., 2020). No entanto, além de não ser livres de
68 erros, a maioria das técnicas existentes não atende a todos os requisitos supracitados quando
69 aplicada em diversas espécies, o que torna a escolha de uma técnica ideal uma tarefa difícil
70 (Silvy et al., 2012). Aliado a isso, alguns aspectos importantes não são levados em consideração
71 para garantir a eficácia das técnicas e o bem-estar dos animais, como fatores espécie-
72 específicos, ambientais, os objetivos dos estudos, aspectos éticos, aspectos tecnológicos
73 (Murray & Fuller 2012; Loretto et al., 2013; Soulsbury et al., 2020).

74 No que se refere aos fatores espécie-específicos (ou seja, aqueles que condizem
75 com a espécie estudada, como por exemplo, classe, estágio de vida, classificação quanto a
76 presença de coluna vertebral, sua distribuição geográfica, hábito de vida e status de ameaça),
77 alguns pontos podem ser determinantes para o bem-estar e eficiência na aplicação de técnicas
78 específicas. Por exemplo, o uso de dispositivos de rastreamento comumente usados em espécies
79 vertebradas – ou seja, de grande porte e massa - pode apresentar complicações quanto à
80 aplicabilidade em espécies de invertebrados, como abelhas – menores e de menor massa - pois
81 não há padronização bem embasada do peso máximo e do tamanho que invertebrados podem

82 carregar sem afetar seu desempenho locomotor e reprodutivo (Drinkwater et al., 2019). Além
83 disso, a diversidade de revestimento, por vezes características predominante das classes das
84 espécies – escamas, pelos, pele, casco – pode ampliar ou limitar a diversidade de técnicas
85 eficientes para o monitoramento dos animais (e.g. tintas, etiquetas, corte de pelo/escamas) e
86 distintas técnicas de aplicação (aplicação interna, subcutânea, externa) (Bodey et al., 2017). O
87 estágio de vida, por sua vez, pode limitar ou ampliar o uso de uma mesma técnica para um
88 espécime a longo prazo, uma vez que algumas espécies podem apresentar distintas morfologias
89 ao longo do seu desenvolvimento ontogenético (Batsleer et al., 2020; Brown & Simon, 2021;
90 Munscher et al., 2021). Em anuros com ciclo de vida bifásico e estágio de girino, por exemplo,
91 o uso de algumas técnicas (e.g. elastômeros) bem aplicadas na fase larval podem se fazer
92 inviáveis na fase adulta devido à redução da transparência da pele, impedindo a visualização da
93 marca artificial (Courtois et al., 2013). O hábito de vida das espécies, por exemplo (terrestre,
94 aquático, semiaquático), pode ser imprescindível para a escolha da técnica ideal, uma vez que
95 indica em qual ambiente vive uma espécie e, conseqüentemente, qual técnica poderá
96 proporcionar melhor detectabilidade de seus indivíduos.

97 Um outro ponto importante acerca de aspectos espécie-específicos é que já se
98 compreende melhor as capacidades cognitivas de animais vertebrados, ao passo que nos demais
99 grupos, como invertebrados, a diversidade de formas e as incertezas na interpretação da
100 capacidade cognitiva das espécies em sentir dor tem relativizado as considerações éticas na
101 elaboração de critérios mais específicos para marcação (Adamo, 2016; Klick et al., 2016; Boyle
102 et al., 2018; Fisher & Larson, 2019). Em alguns invertebrados considerados “superiores” cuja
103 capacidade cognitiva já é melhor evidenciada, (e.g. cefalópodes, Fiorito et al., 2014; crustáceos
104 decápodos, Barr et al., 2008) o bem-estar destes animais já é levado em consideração no manejo
105 comercial e na pesquisa (Drinkwater et al., 2019). No entanto, em outros grupos como insetos
106 – pouco abordados em revisões acerca do tema – algumas das técnicas aplicadas usam os
107 mesmos protocolos dos vertebrados e raramente objetivam quantificar os possíveis efeitos da

108 técnica aplicada às espécies (Fisher & Larson, 2019; Batsleer et al., 2020; Soulsbury et al.,
109 2020), o que pode comprometer a eficácia das técnicas utilizadas.

110 A depender do bioma em que naturalmente vivem as espécies, a complexidade da
111 paisagem e/ou as características da paisagem de estudo podem promover uma série de
112 obstáculos que, a depender da técnica empregada, podem causar alterações na detectabilidade
113 remota de espécies – desde a desintegração física dos dispositivos ou baixa transmissão de sinal
114 – bem como criar novos obstáculos na locomoção dos indivíduos (Snijders et al., 2017).

115 Em relação aos objetivos dos estudos, as perguntas científicas podem ser relevantes
116 para a escolha do método que permita a coleta célere dos dados de interesse. Estudos de
117 reintrodução de indivíduos ou inserção de indivíduos estéreis com o objetivo de controle
118 populacional podem requerer técnicas que não necessariamente individualizem os espécimes,
119 mas que os diferenciem dos demais como “grupo marcado”, sendo ideal, portanto, técnicas de
120 rápida aplicação e, de preferência, baixo custo (Kjeldgaard et al., 2022). Por outro lado, estudos
121 que objetivam o monitoramento individual e coleta de dados fisiológicos podem vir a requerer
122 técnicas que permitam monitoramento prolongado e detectabilidade à distância de parâmetros
123 fisiológicos (Lima & Dos Santos, 2010). No entanto, não se sabe se há um padrão determinado
124 de técnicas preferíveis a outros diversos objetivos de estudo de maneira específica.

125 As técnicas dotadas de tecnologia e menos invasivas têm sido testadas e
126 recomendadas para grupos zoológicos em primeiro plano (Silvy, Lopes, Peterson, 2012; Petso
127 et al., 2022; Tourani, 2022). No entanto, a adesão dos pesquisadores às técnicas que envolvem
128 tecnologia de ponta parece não acompanhar na mesma proporção o avanço de técnicas,
129 principalmente em relação ao monitoramento à distância, uma vez que implica na necessidade
130 de longos testes de validação e alto custo de alguns equipamentos, a depender do local de estudo
131 (Thomas et al., 2020). As diferentes estruturas socioeconômicas dos países, por exemplo,

132 podem moldar as adesões a determinadas técnicas, principalmente pela capacidade em
133 desenvolver ou adquirir técnicas alternativas de marcação (Defra, 2003).

134 Os fatores apresentados até agora ressaltam a importância da escolha da técnica de
135 marcação para o sucesso do estudo. No entanto, as informações sobre o sucesso e as
136 desvantagens de cada técnica para cada grupo taxonômico e contexto aparecem escassas,
137 dispersas e possivelmente com vieses geográficos ou sociais. Isso dificulta a escolha da melhor
138 técnica a ser utilizada em cada caso particular, e a decisão final em muitos casos fica a critério
139 subjetivo do pesquisador (Thomas et al., 2021). Para resolver este problema, fica clara a
140 necessidade de compilar e reorganizar as informações para elaborar melhor os critérios e
141 princípios norteadores utilizando os fatores mencionados para direcionar e facilitar a escolha
142 da técnica em cada caso.

143 Diante das peculiaridades de cada estudo e uso de técnicas nas espécies animais,
144 realizamos revisão sistemática e cienciométrica da literatura científica sobre os panoramas de
145 aplicação de técnicas de marcação e recaptura em invertebrados e vertebrados de vida livre em
146 escala global. Primeiro, descrevemos o cenário geral dos estudos, abordando os aspectos
147 temporais e temáticos (anos de publicação, objetivos de estudo de marcação e recaptura e
148 período de amostragem dos estudos), espécie-específicos (espécies estudadas, suas classes,
149 estágios de vida dos indivíduos, número de indivíduos amostrados, hábito, status de ameaça e
150 padrões de distribuição) e biogeográficos (países, continentes e biomas amostrados). Segundo,
151 identificamos as técnicas utilizadas, determinando suas características associadas, invasividade,
152 duração e potenciais tecnológicos, relatando, em seguida, as vantagens e desvantagens
153 informadas para cada técnica. Em terceiro, verificamos a relação entre as técnicas e suas
154 características associadas com os aspectos específicos dos estudos (temporais e temáticos,
155 espécie-específicos e biogeográficos). E finalmente, como um quarto objetivo, construímos um
156 *guideline* sobre o uso de marcação e recaptura em escala global, no qual incluimos os fatores

157 desconsiderados nos estudos como possíveis norteadores para uma melhor orientação de
158 estudos futuros.

159 2. Material e métodos

160 2.1. Coleta de dados

161 Para a coleta de dados, buscamos publicações científicas disponíveis nas plataformas
162 Web of Science e Scopus, para considerar um amplo apanhado de estudos publicados até o
163 fevereiro de 2022. Para direcionar as buscas nas plataformas, utilizamos os seguintes
164 mecanismos booleanos de pesquisa: "mark-recapture" AND ("vertebrates" OR "invertebrates")
165 OR "animal monitoring" OR "marking methods". Verificamos que não houve uma tendência
166 restritiva à trabalhos com diversos táxons em relação ao nosso mecanismo booleano escolhido.

167 Selecionamos os artigos que se enquadraram nos seguintes critérios de inclusão: I)
168 artigos completos e revisões de literatura publicadas até fevereiro de 2022; II) artigos
169 publicados em inglês; III) artigos que informaram o(s) método(s) de captura-recaptura
170 utilizado(s) no estudo; e IV) artigos que amostraram populações selvagens de invertebrados
171 e/ou vertebrados. Por outro lado, os critérios de exclusão foram: I) literatura cinzenta; II)
172 estudos que impliquem em morte proposital dos indivíduos; III) artigos de marcação de táxons
173 não zoológicos; e IV) artigos que amostram apenas populações em cativeiro.

174 A busca inicial resultou em 1044 artigos. Após a remoção de duplicatas e subsequentes
175 triagens estabelecidas dentro dos critérios de inclusão e exclusão informados, restaram 312
176 artigos a serem incluídos na síntese (**Figura S1, Informação de Suporte**). A seguir,
177 descrevemos as tendências de publicação em relação a cada um dos aspectos investigados.

178 Quanto aos estudos incluídos na síntese, primeiramente, coletamos informações
179 específicas à logística dos estudos, que variam desde aspectos temporais e temáticos, espécie-
180 específicos e biogeográficos, a fim de que pudéssemos investigar se estas informações
181 influenciariam na escolha das técnicas relatadas pelos autores. Em seguida, extraímos

182 informações referentes às técnicas, suas características associadas e tópicos especiais que
 183 relatam as vantagens para o uso e desvantagens fornecidas pelos autores (**Tabela 1**). Essas
 184 informações foram nossos pontos de investigação no universo dos estudos coletados para a
 185 construção do *guideline*. Nestas informações, também incluímos “período de amostragem”,
 186 pois consideramos que este pode estar atrelado aos aspectos espécie-específicos (e.g. estudos
 187 que trabalham com um estágio específico de vida de uma espécie devem ter o período de
 188 amostragem correspondente ao período em que o indivíduo permanece no estágio de vida de
 189 interesse).

190 **Tabela 1** Descrições das informações extraídas nos estudos considerados na síntese.

Informações extraídas	Descrição
<i>Aspectos temporais, temáticos e biogeográficos</i>	
Ano	Ano de publicação do estudo;
Período de amostragem	Duração da coleta de dados do estudo, representada em meses;
Foco do estudo	Objetivo do estudo (e.g. padrão de movimento, demografia, teste de marcação, dispersão);
País	País de estudo em que foi realizada a amostragem;
Continente	Continente em que foi realizada a amostragem;
Bioma	Classificação geral do bioma em que se insere a amostragem do estudo, segundo Whittaker (Begon et al., 2007);
<i>Aspectos espécie-específicos</i>	
Classe	Classe zoológica a qual pertencem as espécies alvo dos estudos;
Grupo zoológico	Definido como vertebrado/invertebrado, quanto à presença ou ausência de coluna vertebral;
Hábito de vida	Hábito da espécie alvo do estudo (e.g. terrestre, semiaquático, aquático);
Estágio de vida	juvenil/adulto/não especificado, no que se trata do estágio de desenvolvimento dos indivíduos amostrados ¹ ;
Padrão de distribuição geográfica	Definido como espécie endêmica/não endêmica, conforme dados do estudo ou, quando não constou no estudo, da IUCN ² ;
Status de conservação	Status de conservação fornecidos pela IUCN ² sobre as espécies alvo do estudo (e.g. NE, DD, LC, NT VU, EN, CR) ^{3,4} ;
<i>n</i> indivíduos	Número de indivíduos juvenis, adultos amostrados no estudo;

Técnica e características associadas

Identidade das técnicas	Nome da(s) técnica(s) utilizados(s) para marcação dos animais no estudo;
Invasividade	Definida como invasiva ou não invasiva, quanto ao potencial de invasividade do método conforme Silvy e Peterson (2011);
Uso de tecnologia	Definida por sim/não, no que se trata da ocorrência de potencial tecnológico da marcação utilizada;
Durabilidade	Definida por permanente/temporária, quanto à permanência da técnica de marcação no corpo do animal conforme Silvy e Peterson (2011);
Tópicos especiais	
Vantagens	Palavras-chave que trouxeram o motivo/vantagens que levaram os autores a optarem por uma marcação (e.g. baixo custo, tecnologia, testes anteriores, fácil aplicabilidade);
Desvantagens	Palavras-chave que trouxeram desvantagens relatadas pelos autores relacionadas à aplicação da marcação (e.g. baixa retenção, perda de marcas, trauma físico, morte, erro humano, alto custo);

191 ¹ – Nesta categoria, “não relatado” foi preenchido quando o estudo não detalhava o estágio de vida dos indivíduos;
 192 ²- *International Union for Conservation of Nature*; ³ - NE (Não Avaliada); DD (Dados Deficientes); LC (Pouco
 193 Preocupante); NT (Quase Ameaçada); VU(Vulnerável); EN (Em Perigo); CR (Criticamente em Perigo). ⁴- Não
 194 listamos espécies EW (Extinta da natureza) e EX(Extinta), uma vez que trabalhamos com estudos que investigaram
 195 vida silvestre.

196 A coleta dos dados biogeográficos dos estudos (país, continente e bioma) se deu pela
 197 extração das coordenadas geográficas dos locais de estudo. Nos casos em que o artigo não
 198 relatou o local exato de amostragem – isto é, as coordenadas propriamente ditas - foi utilizada
 199 a localidade que fosse mais específica em relação ao país (e.g. estado, província, reserva, lago)
 200 para extração das coordenadas geográficas. Finalmente, a partir das coordenadas geográficas e
 201 usando como base o mapa *mundi* do Pacote *mapdata* no *Software R* (R Core Team, 2021), se
 202 obteve informações sobre o país, continente e bioma do local de estudo.

203 2.2. Análise dos dados

204 Todas as análises a seguir foram feitas utilizando o *Software R* (R Core Team, 2021).
 205 Para as análises referentes ao primeiro (análises dos padrões gerais de publicação - Aspectos
 206 temporais, temáticos e biogeográficos, aspectos espécie-específicos e tópicos especiais →) e
 207 segundo (descrição das técnicas e suas características associadas) objetivos, representamos
 208 graficamente os números absolutos e frequências relativas de estudos para as variáveis
 209 exploradas. É importante ressaltar que alguns estudos amostraram mais de um bioma (aspecto

210 biogeográfico), portanto, nesse caso a contagem das frequências corresponde ao número de
211 vezes em que um local de estudo esteve inserido em um bioma, conforme os dados das
212 coordenadas amostradas. Especificamente na variável “Identidade das técnicas” (Técnicas e
213 suas características), devido ao grande número de técnicas de marcação e recaptura que foram
214 relatadas nas publicações consideradas nesta revisão (um total de 165), e para facilitar as
215 análises futuras e interpretação dos resultados, agrupamos as diferentes técnicas relatadas que
216 apresentassem características similares em grandes categorias denominadas “técnicas gerais”
217 (**Tabela S2, Informação de Suporte**), seguindo critérios estabelecidos por Silvy e Peterson
218 (2011).

219 No terceiro objetivo, verificamos as associações entre alguns aspectos gerais dos
220 estudos. A princípio, conduzimos testes χ^2 de aderência (quando as tabelas de contingência
221 foram $1 \times k$, no qual k representa o número de colunas) e de independência (quando as tabelas
222 de contingência foram $n \times k$, no qual n representa o número de linhas e k , o de colunas) quando
223 as variáveis preditoras e de resposta foram categóricas, a fim de verificar também se as
224 frequências diferiam do acaso. Em relação aos aspectos espécie-específicos e técnicas,
225 relacionamos apenas classes e status com as identidades das técnicas, pois o nosso intuito sobre
226 as demais variáveis desse aspecto era observá-los em relação às características das técnicas.
227 Para as análises de χ^2 entre a identidade das técnicas e variáveis como objetivos de estudo,
228 classes, biomas, vantagens e desvantagens relatadas, fizemos separadamente por técnica. Para
229 tabelas de contingência 2×2 (2 linhas e duas colunas), foi informado o valor phi, enquanto que
230 para tabelas $n \times k$ (mais de duas linhas e mais de duas colunas), foram informados os valores V
231 de Cramer (Pacote rstatix; Kassambara, Alboukadel, 2022). Os valores de phi e V de Cramer
232 informam uma escala de intensidade da associação entre as duas variáveis nominais, de maneira
233 que valores próximos ou iguais a 0 representam fraca intensidade, e valores próximos de 1,
234 forte intensidade. Para a interpretação dos dados em que houve relação significativa, analisamos
235 os resíduos padronizados ajustados do teste, a fim de verificar se as relações são positivas ou

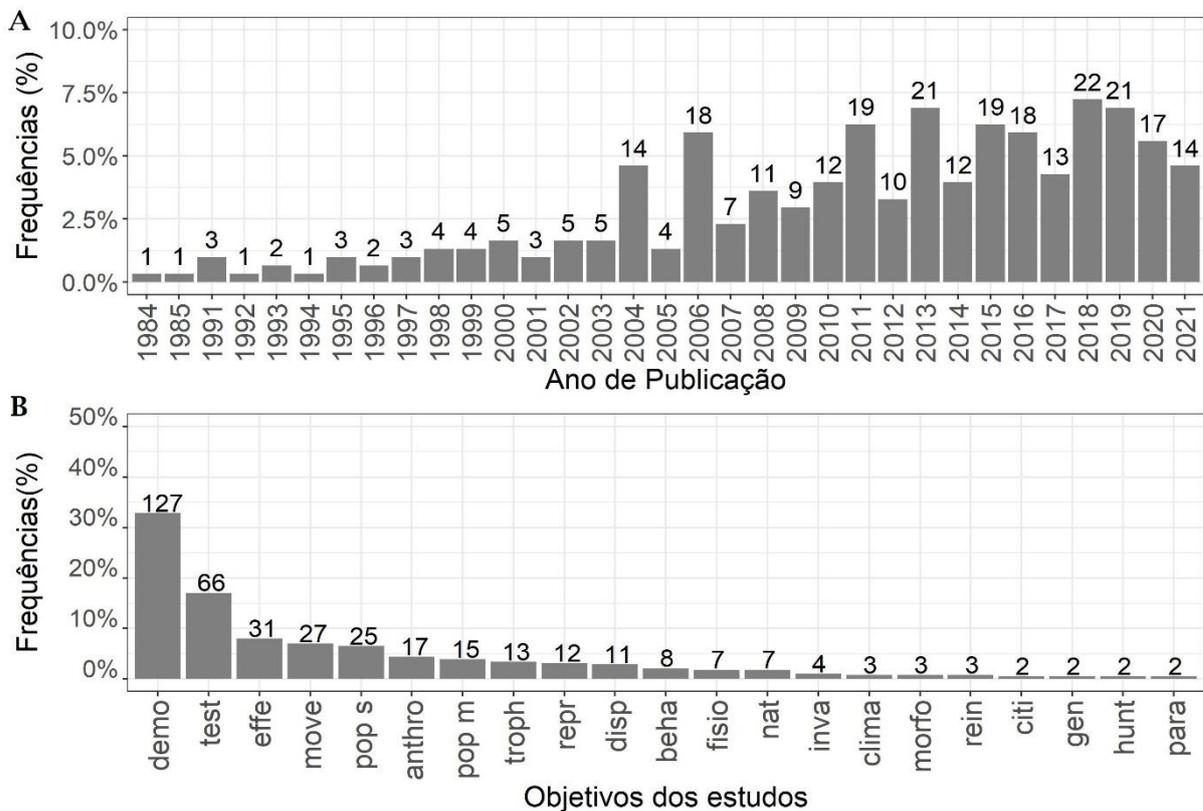
236 negativas em relação aos valores esperados. Para tal, são considerados significativos os resíduos
237 fora da faixa entre 1,94 e -1,94 (Sharpe, 2015). Nos casos em que não foram atendidos os
238 pressupostos para os testes χ^2 , combinamos categorias menos representativas segundo as
239 informações dadas pelo teste que apresentavam frequências esperadas menores que 5 (**Tabela**
240 **S3, Informação de Suporte**). Ainda para o terceiro objetivo, nos casos em que duas das
241 variáveis independentes foram numéricas - número de indivíduos e período de amostragem -,
242 utilizamos regressões logísticas, de forma separada para cada variável numérica (**Tabela S2 e**
243 **Tabela S4, Informação de Suporte**). Para mais detalhes sobes as análises estatísticas e
244 especificações das variáveis nas análises, ver **Tabela S1, Informação de Suporte**.

245 **3. Resultados e discussão**

246 3.1. Aspectos temporais, temáticos e biogeográficos

247 O registro mais antigo do nosso banco de dados data de maio de 1984, publicado por
248 Moulton e Weller (1984) com aves. Houve um aumento considerável de publicações a partir
249 do ano 2000 (91%; n=298), o que acreditamos ser um acréscimo natural em estudos de revisão,
250 dado o aumento de interesse científico e tecnológico nos variados tópicos que requerem o
251 emprego de técnicas de marcação e recaptura. No entanto, não compreendemos bem a detecção
252 de certa estabilização no ano 2012 (**Figura 1A**), que se manteve até o período limite de busca.

253 Os estudos abordaram 21 objetivos, sendo “demografia” o mais estudado (27,06%;
 254 n=127 artigos, Figura 1B). Em seguida, os segundo e terceiro objetivos mais estudados se
 255 referiam a estudos puramente metodológicos, relacionados unicamente com a aplicação de
 256 técnicas de marcação e recaptura, como “testes de marcação” (15,1%; n=66) e a verificação de
 257 efeitos decorrentes de alguma marcação previamente utilizada (7,09%; n=31). A alta frequência
 258 de estudos demográficos na nossa revisão é possivelmente enviesada pelo elevado número de
 259 publicações que envolvem o anilhamento em aves (Moulton & Weller, 1984; Peron et al., 2016;
 260 Champagnon et al., 2018) e o uso de tintas e etiquetas em mamíferos (Ozgul et al., 2006;
 261 Davidson et al., 2018; Gitzen et al., 2018), técnicas mais usadas.



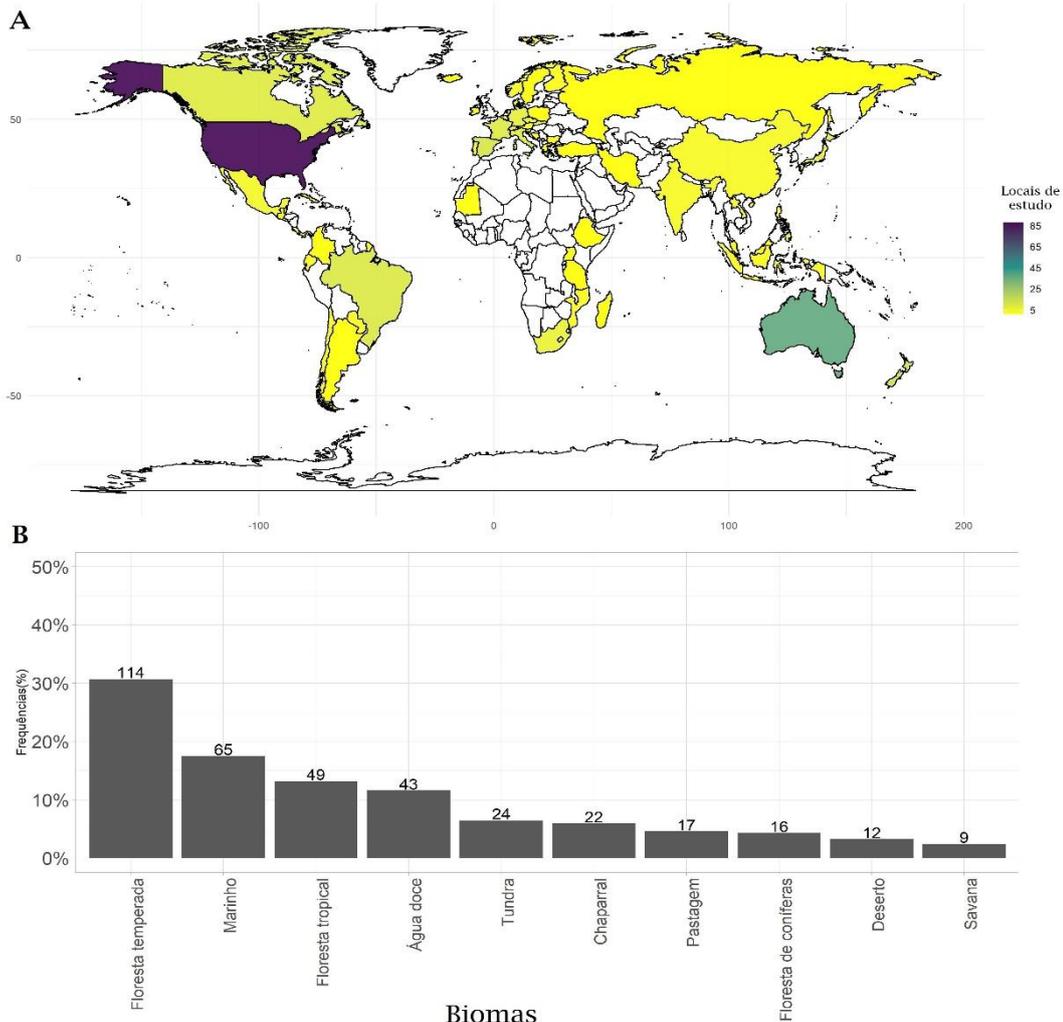
262 **Figura 1:** Tendências de publicações dos artigos incluídos na síntese. Estudos sobre marcação e recaptura de espécies
 263 animais publicados desde 1984 até fevereiro de 2022 (A); Objetivos de estudo dos 312 artigos incluídos na síntese (B) Nas
 264 figuras A e B, os eixos y correspondem à porcentagem de estudos nos respectivos anos de publicação e objetivos,
 265 respectivamente. Abreviações: demo = Demografia; test = Testes de marcação; effe = efeitos de marcação; movim = padrão
 266 de movimento; tama = Tamanho populacional; anthro = Impactos antrópicos; monit = monitoramento populacional; trofi =
 267 Ecologia trófica; repr = reprodução; disp = dispersão; comp = Comportamento; fisio = fisiologia; nat = história natural; inva =
 268 espécie invasora; clima = alterações climáticas; morfo = Morfometria; rein = Reintrodução; cien = Ciência cidadã; gen =
 269 Genética; Caça = Caça; para = Parasitismo. Em nossa síntese, não foram registradas publicações nos anos de 1986-1991.

270

271 Verificamos grande variação quanto ao período de amostragem. O menor relatado foi
272 0,3 meses (11 dias), enquanto o maior foi 432 meses, o qual correspondeu a 36 anos (média ±
273 EP: $52,35 \pm 4.98$ meses; Mo = 1). O período médio de amostragem dos estudos equivale a 4
274 anos e 2 meses, o que pode estar relacionado ao objetivo de maior interesse em nossa revisão.

275 Os 312 estudos incluídos na síntese abarcaram todos os continentes, exceto Antártida
276 (**Figura 2A**). Contabilizamos 66 países e duas ilhas: Little Cayman, no mar do Caribe, e Ilha
277 de Cousin, em Seychelles. Estados Unidos e Austrália, países desenvolvidos, foram os países
278 mais representativos quanto aos locais de estudo, com 43% (n=132) do total. Além disso,
279 encontramos 10 biomas estudados (Figura 2B). Dentre esses, Floresta Temperada (30,7%;
280 n=114), Marinho (17,5%; n=65) e Floresta Tropical (13,2%; n=49) foram, nesta ordem, os
281 biomas mais estudados dentre os artigos incluídos na síntese.

282 Acreditamos que a concentração de estudos em biomas e países de regiões desenvolvidas
 283 está associada ao estágio de inventário da biodiversidade local e regional bem mais avançado
 284 nesses locais que em países subdesenvolvidos, onde a biodiversidade é maior, mas pouco
 285 conhecida (Adenle; Stevens; Bridgewater, 2015). Isso culmina na predominância de estudos de
 286 taxonomia, ecologia e história natural em regiões subdesenvolvidas e com alta biodiversidade,
 287 abordagens primárias que não demandam uso de métodos de marcação e recaptura.



288 **Figura 2:** Representação dos aspectos biogeográficos encontrados no presente estudo. A maioria dos estudos
 289 se concentrou em regiões desenvolvidas do continente norte-americano e australiano, como indica o mapa de
 290 cores (A), O bioma mais representativo correspondeu às regiões mais estudadas (B), principalmente em
 291 relação ao hemisfério norte.

292

293

294

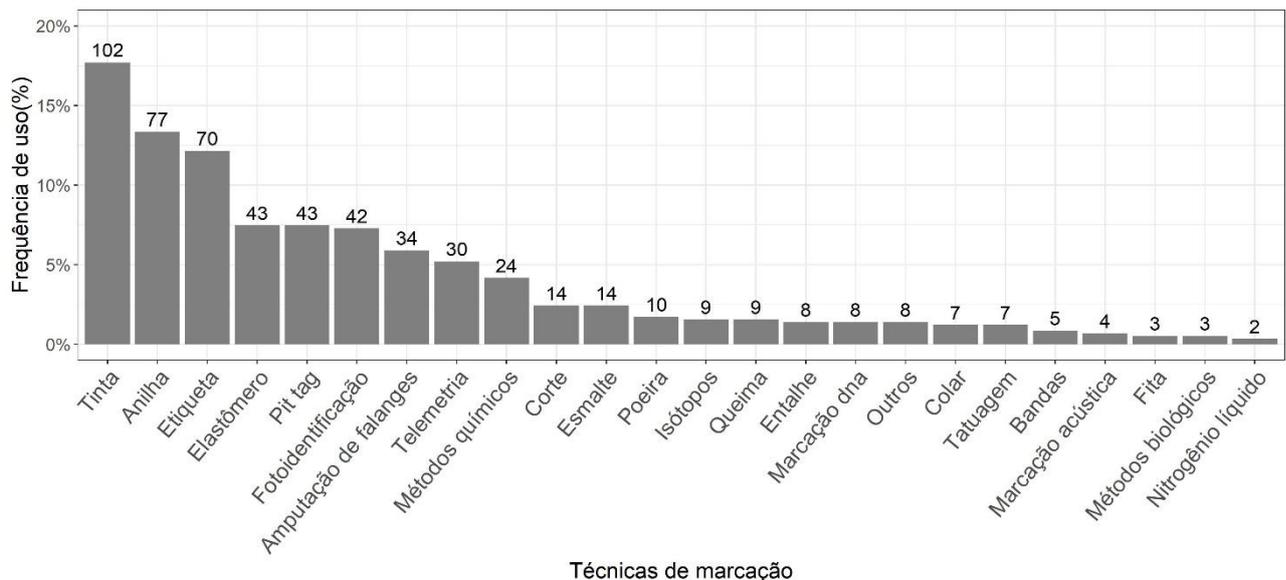
295

296

297 3.2. Técnicas de marcação e características associadas

298 Encontramos 154 técnicas de marcação e recaptura agrupadas em 24 técnicas gerais
 299 (**Figura 3**). As técnicas gerais mais utilizadas foram, nesta ordem, tintas (17,7%; n= 102),
 300 anilhas (13,4%; n=77) e etiquetas (12,15%; n= 70).

301 Quanto à invasividade, as técnicas invasivas e não invasivas foram similarmente usadas,
 302 sendo as invasivas 54,1% (n = 13 técnicas) e técnicas não invasivas 45,9% (n=11). Para o uso
 303 de tecnologia na aplicação das técnicas, 67% (n=16) das técnicas não exigiam emprego de
 304 tecnologia na sua aplicação, enquanto as técnicas que requeriam tecnologia representaram 33%
 305 (n=8). No quesito durabilidade, as técnicas temporárias foram 54,1% (n= 13), enquanto 45,9%
 306 (n=11) foram permanentes. De forma geral, embora a tecnologia tenha avançado no cenário
 307 científico e no uso das técnicas de marcação e recaptura, técnicas não tecnológicas foram
 308 amplamente usadas no cenário global, e isso pode estar relacionado a um baixo custo e
 309 facilidade na aplicação de técnicas convencionais (De Bruyn et al., 2016). A identidade das
 310 técnicas e suas respectivas características podem ser encontradas na **Tabela S2, Informação**
 311 **de Suporte**.



312 **Figura 3:** Frequência relativa e absoluta (valores acima das barras) dos estudos que usam cada uma das
 313 24 técnicas gerais baseadas nas 154 técnicas de marcação e recaptura relatadas. O eixo y corresponde
 314 às porcentagens de espécies submetidas à cada uma das técnicas encontradas.

315

316 3.3. Aspectos espécie-específicos

317 Ao todo, 456 espécies foram informadas como espécies-alvo nos 312 estudos de
 318 marcação e recaptura. Os táxons estão distribuídos em 16 classes, sendo Mammalia a mais
 319 representativa em relação a espécies estudadas, seguida de Insecta, Aves, Amphibia e Reptilia,
 320 (Figura 4A). A predominância de mamíferos no topo do ranking pode se dar por espécies desta
 321 classe serem consideradas espécies-bandeira, ou seja, espécies que atuam como “símbolo” em
 322 ações e políticas conservacionistas (Simberloff, 1998; Buss et al., 2017; Romagnoli, Scabin,
 323 Vasconcellos Pegas, 2011), logo, atuam como ponte para investigação de aspectos a serem
 324 extrapolados para outros táxons. Outro ponto importante é a dificuldade em eutanasiar

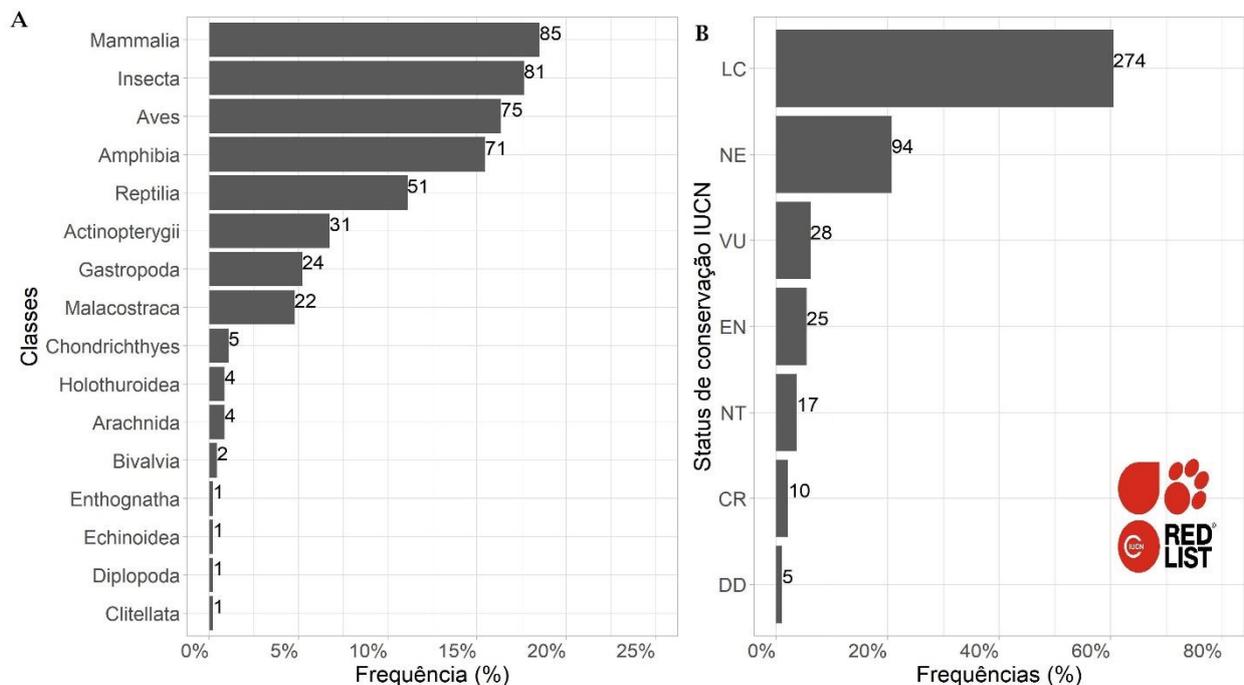


Figura 4 Classes zoológicas representadas pelas 456 espécies e 5 gêneros presentes nos artigos da síntese (A) e os status de conservação pela IUCN mais representativos (B). Os valores ao lado das barras indicam os valores absolutos de cada classe dentro dos artigos analisados. Os valores do eixo y correspondem às porcentagens de espécies estudadas dentro de cada classe zoológica representada. Siglas conforme a classificação da Internacional Union for Conservation of Nature (IUCN): LC- Pouco preocupante, NE – Não avaliada; VU – Vulnerável; EN – Em Perigo; NT – Quase ameaçada; CR – Criticamente em perigo.

325 mamíferos, e as investigações sobre este grupo requerem alguma marcação e recaptura. As
 326 classes menos representativas foram Clitellata, Diplopoda, Enthognata e Echinoidea, cada uma
 327 com registro de apenas uma espécie. Nenhuma espécie foi muito estudada, de modo que a
 328 espécie mais estudada (*Mus musculus*, Mammalia) esteve presente em apenas 4 estudos.

329 O status de conservação Pouco Preocupante (LC) correspondeu a maioria (60,5%) das
 330 espécies estudadas. Espécies Não Avaliadas (NE), por sua vez, representaram 20,7% do total,
 331 enquanto os Vulneráveis (VU) e Ameaçadas (EN) corresponderam a 6,1% e 5,5% das espécies,
 332 respectivamente (**Figura 4B**).

333 Insecta foi a única classe invertebrada bem estudada e a que mais teve espécies não
 334 avaliadas pela IUCN. Dada a escassez de compilados sobre as técnicas de marcação para o
 335 grupo devido ao seu porte pequeno e o conhecimento incipiente acerca da biodiversidade
 336 existente (Walker & Wineiter, 1981; Hagler & Jackson, 2001), acreditamos que
 337 representatividade da classe em nosso estudo pode se dar pela tentativa de compilar dados para
 338 celeridade na avaliação de padrões demográficos por meio de diferentes técnicas.

339 A maioria das espécies estudadas foram vertebrados de hábito terrestre, adultos e não
 340 endêmicos (**Figura 5A**, 59,4% das espécies). Possivelmente, a ampla distribuição de espécies
 341 terrestres facilitou a coleta de dados que requeriam marcação e recaptura. Nem todas as espécies
 342 estudadas nos artigos incluídos na síntese tiveram o estágio de vida dos espécimes informado,

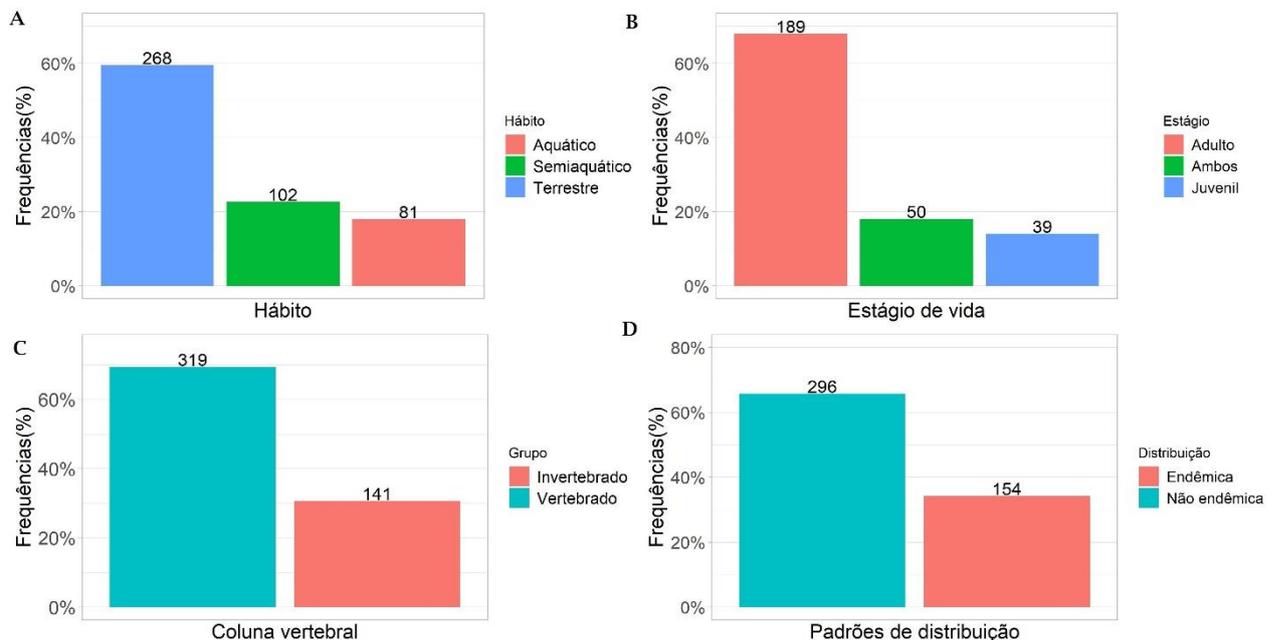


Figura 5 Gráficos sobre aspectos associados aos táxons estudados; Porcentagem de espécies estudadas de acordo com o hábito de vida (A), estágio de vida (B), e grupo zoológico* (C); e Padrões de distribuição das espécies* (D). * = Informações quando disponibilizadas pelos artigos (observe que os artigos não informam alguns desses aspectos para algumas espécies, e conseqüentemente, esses gráficos não apresentem valores para o total dos 461 táxons). Os valores acima das barras representam os valores absolutos do número de espécies, e os valores do eixo y e de cada gráfico correspondem à porcentagem de espécies inseridas nas categorias descritas.

343 inclusive quando se trabalhou com mais de uma espécie no mesmo estudo. No entanto, para as
344 espécies que tiveram estas informações registradas (n=279), detectamos que a maioria (68%)
345 teve somente indivíduos adultos amostrados (**Figura 5B**).

346 Quanto à presença e ausência de coluna vertebral (**Figura 5C**), 69,4% das espécies
347 estudadas compreenderam a vertebrados, enquanto a quantidade de espécies invertebradas
348 estudadas foi menor, com 30,6%.

349 Alguns trabalhos não especificaram qual espécie fora estudada, relatando somente o
350 gênero ou a classe. Sobre os táxons identificados a nível de espécie (n=450), 65,8% não são
351 endêmicas, enquanto 34,2% são espécies endêmicas quanto ao seu local de ocorrência (**Figura**
352 **5D**). Quanto ao número de indivíduos, a menor quantidade relatada foi 1 indivíduo por espécie,
353 enquanto a maior foi 1.500.000 indivíduos por espécie (média \pm EP: 7902.8 \pm 3884.3
354 indivíduos), um estudo realizado com insetos (Briers et al., 2004).

355 3.4. Tópicos especiais: vantagens e desvantagens

356 Os autores relataram 26 vantagens relacionadas ao uso das técnicas gerais de
357 marcação e recaptura abordadas em cada estudo (**Tabela S5, Informação de Suporte**). As
358 vantagens de uso “testes anteriores já feitos com sucesso”, “teste de eficiência da marcação”,
359 “menor invasividade”, “fácil aplicação” foram as mais relatadas, indicando que a praticidade e
360 a alta adesão das técnicas pelo mundo atua como critério de escolha para aplicação das técnicas
361 (Lin et al., 2010).

362 Algumas outras vantagens anteriormente não mencionadas foram restritas a
363 técnicas específicas. Tinta, por exemplo, foi uma técnica utilizada com a vantagem de que o
364 período de amostragem foi curto o suficiente para a permanência da marcação nos indivíduos
365 (Gitzen et al., 2018). A vantagem de “teste de efeitos negativos no animal” somente foi usada
366 quando a técnica de Amputação de falanges foi aplicada (Jones & Bell 2010). Telemetria foi a
367 técnica mais utilizada quando a vantagem foi “detecção de movimento” (83,3%; n=5). De

368 mesmo modo, a vantagem “marcas naturais da espécie” foi dada, em sua maioria, para o uso da
369 Fotoidentificação, pois a presença de marcas naturais é um pré-requisito para o uso da técnica
370 (Kenyon et al., 2011) (**Tabela S3, Informação de Suporte**).

371 Encontramos 24 desvantagens da aplicação das técnicas relatadas pelos autores
372 (**Tabela S5, Informação de Suporte**). A “perda de marcação” foi a mais citada, seguida de
373 “uso restrito por tamanho do animal”, “baixa eficiência”, “trauma físico” e “difícil visibilidade”
374 (**Tabela S3, Informação de Suporte**).

375 É importante salientar que os termos “comportamento” e “marcas naturais das
376 espécies” aparecem em relatos tanto de vantagens como de desvantagens, mas sinalizam
377 significados diferentes. Isso se justifica porque, para “comportamento” nas vantagens
378 encontradas, o comportamento da espécie estudada foi um fator a ser considerado para a escolha
379 da técnica aplicada (e.g. *Arcotephalus forsteri*, comportamento social, Robinson et al. (2003)),
380 enquanto que para desvantagens, o relato sinalizou que a técnica não foi eficiente na
381 individualização ou reconhecimento do espécime justamente devido ao seu comportamento
382 natural (e.g. capacidade de adentrar em fendas ou fissuras dificultando a visibilidade, *Proteus*
383 *anguinus*, Balázs, Lewarne, Herczeg (2020)). Sobre “marcas naturais da espécie”, em
384 vantagens, enfatizar que o padrão natural da espécie alvo de estudo foi um fator a ser
385 considerado na escolha da técnica, enquanto que, em desvantagens relatadas, sinaliza que o
386 padrão natural da espécie foi um empecilho na visualização da marcação atribuída ao animal.

387 Assim como para as vantagens, algumas desvantagens se restringiram a técnicas
388 específicas. “Efeitos negativos na reprodução” dos indivíduos e “efeitos negativos na
389 dispersão” de espécies de plantas pelos espécimes foram desvantagens relatadas apenas quando
390 Métodos químicos foram aplicados, indicando interferências nas interações planta-animal
391 (Ginzel & Hanks, 2002). A desvantagem “marcas naturais da espécie” foi relatada apenas
392 quanto Tinta foi aplicada, indicando a desvantagem do pesquisador em verificar a marcação

393 feita por este método diante do padrão de cores da espécie-alvo de estudo, o que indica que uma
394 técnica que valorizasse as marcas naturais da espécie – fotoidentificação – talvez fosse melhor
395 empregada. “Baixa qualidade de fotos”, por sua vez, foi uma desvantagem restrita apenas à
396 técnica de fotoidentificação. As técnicas Corte e Tinta foram as que obtiveram, com metade
397 dos relatos cada, a desvantagem “mudança de comportamento” dos indivíduos marcados. A
398 desvantagem “alto custo”, por fim, foi relatada apenas para 3 técnicas: Métodos biológicos
399 (50%; n=2), Isótopos (25%; n=1) e Elastômeros (25%; n=1), nenhuma das três foram
400 representativas no nosso universo amostral.

401 3.5. Relação entre as técnicas, características associadas e aspectos específicos dos estudos

402 3.5.1. Técnicas e aspectos temporais, temáticos e biogeográficos

403 Em relação aos anos de publicação mais representativos, focamos nas
404 características das técnicas de marcação utilizadas. O cenário a partir dos anos 2000 para a
405 aplicação de técnicas revelou que, quanto à invasividade, o uso das técnicas intercalou entre
406 sobreposição de técnicas invasivas ou uma quantidade similar de invasivas e não invasivas na
407 maioria dos anos (**Figura 6A**). Em tecnologia, vimos que somente no ano de 2021 técnicas com
408 potencial tecnológico foram mais usadas que as não tecnológicas (**Figura 6B**). Sobre
409 durabilidade, apenas em 2004, 2005 e 2013 as técnicas temporárias foram mais usadas em
410 detrimento das permanentes (**Figura 6C**).

411 Verificamos que, ao longo dos anos de maior com maior número de publicações,
412 não houve diferenças significativas no uso de técnicas quanto à invasividade ou tecnologia, mas
413 sim para durabilidade (**Tabela S3, Informação de Suporte**), de maneira que, nos anos de 2004

414 e 2013, trabalhos publicados utilizavam técnicas temporárias com uma frequência maior que a



Figura 6 Cenário dos anos de publicação dos artigos incluídos na síntese em relação às características das técnicas: invasividade (A), tecnologia (B) e durabilidade (C). As cores representadas nas barras correspondem às características das técnicas utilizadas e os valores acima de cada barra representam os valores absolutos de métodos com a respectiva característica investigada. O eixo y dos gráficos A, B e C referem-se à porcentagem de publicações para cada ano diferenciando entre as diferentes categorias dentro de cada característica associada das técnicas.

415 esperada ao acaso. Assim, para o ano de publicação, vimos que o potencial tecnológico não foi
416 uma característica relevante na escolha da técnica, sinalizando um cenário global que prioriza
417 a adesão por ferramentas já bem empregadas. Demais informações sobre as análises
418 supracitadas podem ser encontradas na **Tabela S3, informação de suporte**.

419 Nos objetivos encontrados nessa síntese, o uso das técnicas diferiu apenas quanto à
420 durabilidade (**Tabela S3, Informação de Suporte**). Assim, os objetivos “teste de marcação” e
421 “padrão de movimento” foram investigados utilizando majoritariamente técnicas temporárias,
422 pois são objetivos cujos períodos de estudo demandam uma curta amostragem, enquanto
423 “Reprodução” e outros objetivos (grupo composto por “Comportamento”, “Ciência cidadã”,
424 “Fisiologia”, “Genética”, “Caça”, “Ameaça de espécies invasoras”, “Efeitos de marcação”,
425 “Morfologia”, “História Natural”, “Parasitismo” e “Reintrodução”) foram mais investigados
426 com técnicas permanentes (**Tabela S3, Informação de Suporte**), devido à necessidade de
427 observações longas e contínuas acerca do táxon. A ausência de relação para tecnologia e
428 invasividade pode retratar um cenário em que o potencial tecnológico e a invasividade das
429 técnicas, mesmo com o passar dos anos, ainda não ganharam relevância na escolha das técnicas
430 para uma abrangência global no estudo da fauna silvestre, independente do objetivo, sendo mais
431 relevante o tempo que a técnica ficará retida ao corpo do animal. Não detectamos relação
432 significativa entre os objetivos e a identidade das técnicas (**Tabela S3, Informação de**
433 **Suporte**).

434 Apenas os Estados Unidos obtiveram Tinta como a técnica mais usada (**Tabela S3,**
435 **Informação de Suporte**). No caso da Austrália – segundo país mais estudado – e demais países
436 com até 10 relatos de técnicas não houve dominância de alguma técnica utilizada (**Tabela S3,**
437 **Informação de Suporte**). Ainda assim, este é um retrato de como os países desenvolvidos são
438 capazes de moldar o cenário global de marcação. De forma geral, os países de estudo diferiram
439 significativamente apenas quanto à invasividade das técnicas, de maneira que Austrália e Brasil
440 aplicaram mais técnicas invasivas, enquanto Canadá, Espanha e Demais países (**Tabela S3,**

441 **Informação de Suporte**) submeteram as espécies a técnicas não invasivas numa maior
442 frequência. A representatividade de técnicas invasivas no Brasil e Canadá e pode ser um reflexo
443 da aplicação pertinente de amputação de falanges para espécies australianas e brasileiras. Além
444 disso, estes resultados sugerem que países europeus e Estados Unidos, mesmo com recursos
445 financeiros e em biomas de paisagens complexas, não investiram em tecnologia como uma
446 prioridade no uso das técnicas para a fauna silvestre, principalmente de técnicas que têm como
447 vantagem detectabilidade à distância.

448 Os biomas tiveram relação significativa com a identidade das técnicas
449 (**Tabela S3, Informação de Suporte**). Pit tags e tintas foram mais usados nas florestas
450 temperadas, e nas florestas tropicais, anilhas e amputação de falanges foram frequentes. O
451 bioma marinho obteve etiquetas como técnica mais usada, o que se dá pela maioria de estudos
452 com mamíferos no bioma (**Tabela S3, informação de suporte**). No tocante às características
453 das técnicas, detectamos relação significativa apenas para invasividade e durabilidade das
454 técnicas nos biomas em que foram usadas (**Tabela S3, Informação de Suporte**). No bioma
455 Marinho, técnicas invasivas foram utilizadas com maior frequência, possivelmente pelo
456 emprego de etiquetas em mamíferos - que foram mais estudados no bioma (**Tabela S3,**
457 **Informação de Suporte**) - técnica invasiva. As técnicas mais usadas em florestas tropicais
458 foram permanentes, e podem sugerir o foco de estudos com Aves e integrantes da herpetofauna,
459 como os anfíbios anuros, cujo emprego de amputação de falanges - técnica permanente – ainda
460 se faz muito presente (Fisher, 1930; Wells, 2014). Por outro lado, o bioma marinho teve
461 espécies submetidas a técnicas que possuem como vantagem a fácil visibilidade, quando se é
462 recomendado uso de técnicas com maior detectabilidade (McPhee et al., 2021).

463 O período de amostragem foi um previsor estatisticamente significativo para o uso
464 de algumas técnicas, bem como afetou negativamente o uso de tecnologia (regressão logística:
465 $X^2_{(1)}=4,39$, $p<0,001$, R^2 Nagelkerke = 0,01, **Tabela S4, Informação de Suporte**). Quanto
466 maior o período de amostragem dos estudos, maiores foram as chances do uso de Anilha,

467 Etiquetas e Telemetria (**Tabela S4, Informação de Suporte**). Além disso, quanto mais longo
468 o período de estudo, menor foi a probabilidade do uso de técnicas com potencial tecnológico,
469 ressaltando que a capacidade de retenção das marcas se fez mais relevante que o potencial
470 tecnológico em estudos de longo prazo. As relações com durabilidade e invasividade não foram
471 significativas (regressão logística: $X^2_{(1)}=1,10$, $p=0,64$). A permanência de etiquetas como uma
472 das prioridades mesmo em estudos de longo prazo indica que essa técnica, mesmo sendo
473 temporária, foi mais usada em estudos demográficos de longo prazo, provavelmente em
474 decorrência da vantagem mais relatada pra ela ser a realização de testes anteriores que tiveram
475 sucesso, mais uma vez ressaltando que, mesmo em longos períodos, técnicas já bem
476 empregadas ainda superam a investida em técnicas novas com potencial tecnológico.

477 3.5.2. Aspectos espécie-específicos e técnicas

478 Tinta foi uma técnica bem empregada em mamíferos e insetos, e isso pode indicar
479 que esta é uma técnica bem empregada mesmo em dois grupos extremamente distintos quanto
480 ao tamanho, morfologia e fisiologia, reforçando a ideia da escolha de tintas pela vantagem da
481 facilidade de aplicação em diferentes táxons (Hassal et al., 2010; La Porta & Goretti, 2020).
482 Aves contabilizou Anilha como técnica mais aplicada. Embora novas técnicas estejam
483 disponíveis na marcação animal, as técnicas clássicas ainda serão prioridade de escolha no
484 monitoramento da avifauna, uma vez que permitiram avanços importantes principalmente sobre
485 espécies de aves migratórias, devido à unicidade dos códigos (Bearhop et al., 2005; Baillie et
486 al., 2011; Jung, Boosna, Krebs, 2020). Para Amphibia, as técnicas mais utilizadas foram
487 Elastômeros, Amputação de falanges e Fotoidentificação, nesta ordem (**Tabela S3,**
488 **Informação de Suporte**). De fato, amputação de falanges é uma técnica ainda muito empregada para
489 esses integrantes da herpetofauna, no entanto, o emprego da fotoidentificação tem surgido como
490 alternativa menos invasiva à amputação de falanges – técnica clássica para o grupo – tendo se
491 popularizado na pesquisa com mamíferos e recentemente com anfíbios, principalmente anuros (Elgue
492 et al., 2014).

493 Algumas técnicas ficaram restritas a classes específicas, como Marcação acústica – somente
494 utilizada em Aves, embora pouco difundida. Métodos biológicos, isótopos e poeira foram as
495 três técnicas aplicadas somente em insetos, provavelmente pelo tamanho corporal pequeno,
496 logo, a facilidade em empregar substâncias em pó e/ou componentes químicos. Entalhe foi
497 utilizada somente em Reptilia, mais especificamente com a ordem Testudine, devido à presença
498 de carapaça óssea nesta classe que permite o molde com ferramentas de entalhe.

499 As três características das técnicas estiveram significativamente associadas com as
500 classes (**Tabela S3, informação de suporte**). Nossas análises verificaram que os mamíferos,
501 peixes e répteis são submetidos a técnicas mais técnicas invasivas do que o esperado, enquanto
502 Aves e Insecta são mais submetidas a técnicas não invasivas. De forma geral, os vertebrados
503 supracitados estão sujeitos a técnicas que envolvem maior manipulação e inoculação de
504 dispositivos na cavidade corpórea em escala global. Animais aquáticos submetidos a técnicas
505 invasivas reforça os achados de invasividade no bioma marinho visto anteriormente,
506 endossados pelo emprego de etiquetas em mamíferos. Em relação à tecnologia, os integrantes
507 da herpetofauna foram mais submetidos a técnicas com potencial tecnológico, enquanto insetos
508 e aves foram mais submetidas a técnicas que dispensam tecnologia, embora que por motivos
509 diferentes. A herpetofauna está avançando no uso de marcações tecnológicas em relação à
510 outras classes devido à constante busca de técnicas alternativas aos efeitos negativos de técnicas
511 como amputação de falanges, considerada como “clássica”, mas invasiva para a herpetofauna
512 (Waichman, 1972; Bogert, 1974). O baixo emprego de técnicas tecnológicas em insetos
513 ressaltam a ausência dos efeitos do carregamento de dispositivos relativamente pesados pelos
514 espécimes (Blauster et al., 2020). Além disso, alguns autores relatam que o uso de técnicas mais
515 simples é mais viável em insetos por permitir também aplicação em massa e de maneira mais
516 rápida (Hagler & Jackson, 2001). Por fim, aves e integrantes da herpetofauna foram submetidas
517 a mais técnicas permanentes, e insetos foram mais submetidos a técnicas temporárias. Para
518 insetos, manter o uso de técnicas sem tecnologia é mais prático (Hagler & Jackson, 2001),

519 enquanto que, para aves, técnicas sem tecnologia ainda sim permitem efetividade na coleta de
520 dados populacionais (Ortego et al., 2008).

521 Os status de conservação “Pouco Preocupante” (LC) e “Não Avaliadas” (NE) obtiveram
522 frequências significativas para o uso das técnicas, de modo que Tinta e Anilha foram mais
523 usadas para essas categorias, devido ao fato de que a maioria das espécies LC e NE
524 corresponderem a mamíferos e insetos, respectivamente (**Tabela S3, Informação de Suporte**).
525 Não houve associação significativa entre o status “Vulnerável” (VU) e a identidade das técnicas
526 (**Tabela S3, Informação de Suporte**). Apenas tecnologia e durabilidade das técnicas tiveram
527 relação significativa com o status de conservação. Para tecnologia, espécies no status (LC)
528 foram mais submetidas a técnicas sem tecnologia, enquanto espécies nos status
529 “Vulnerável”(VU), “Quase Ameaçada” (NT) e “Em Perigo” (EN) foram marcadas com técnicas
530 tecnológicas numa maior frequência. Para durabilidade, espécies no status “Não Avaliada”
531 (NE), cuja maioria corresponde à insetos, foram frequentemente marcadas com técnicas
532 temporárias, enquanto que espécies no status “Em Perigo” (EN) foram mais marcadas com
533 técnicas permanentes. Não houve diferenças significativas entre a invasividade delas e os status
534 de conservação das espécies (**Tabela S3, informação de suporte**), o que alerta para as
535 recomendações de autores anteriores sobre o emprego de técnicas não invasivas em espécies
536 em alguma categoria de ameaça, dada a vulnerabilidade das populações que estão em constante
537 declínio ou com área de ocupação reduzida (Bendik et al., 2013; Santangeli et al., 2020).

538 Em nosso estudo, espécies terrestres e não endêmicas foram mais submetidas a
539 técnicas não invasivas, e as relações com uso de tecnologia e durabilidade das técnicas não
540 foram significativas (**Tabela S3, informação de suporte**). O contrário aconteceu para os
541 grupos zoológicos, que foram significativamente associados à tecnologia e durabilidade,
542 apenas, de modo que vertebrados foram associados a técnicas com tecnologia e permanentes, e
543 invertebrados, a técnicas temporárias e sem tecnologia. Isso implica no alerta de que espécies
544 aquáticas e endêmicas no geral podem estar sujeitas a efeitos negativos de algumas técnicas,

545 sem que sejam consideradas primeiramente sua restrita ocorrência (Jefferson et al., 2021). Além
546 disso, o emprego de técnicas permanentes em vertebrados e temporárias em invertebrados pode
547 ser uma alternativa adotada pelos autores para estudos com grupos distintos tempos de vida
548 (Leisnham & Cameron; Jamieson, 2003; Brown, 2016). O estágio de vida e número de
549 indivíduos (regressão logística: $X^2_{(8)} = 11,13$, $p = 0,19$) não estiveram associados a nenhuma
550 das características das técnicas (**Tabela S3, informação de suporte**). Dessa maneira,
551 detectamos que os estudos não seguem o padrão de recomendações que indicam fortemente
552 técnicas não invasivas a indivíduos juvenis, priorizando o uso cujos efeitos já sejam conhecidos
553 ou não comprometam o desenvolvimento do indivíduo (Davis et al., 2004; Ousborn et al.,
554 2011). Sobre o número de indivíduos, percebemos que técnicas de fácil aplicação eram mais
555 utilizadas em favor do tempo gasto para marcação individual para muitos indivíduos (e.g. Belini
556 et al., 2014).

557 3.5.3. Técnicas, vantagens e desvantagens

558 O qui-quadrado de aderência indicou frequências significativas apenas para as
559 vantagens no uso de etiquetas, sendo “testes anteriores” a vantagem que mais se distinguiu da
560 esperada (**Tabela S3, informação de suporte**). Em relação à quantidade de vantagens
561 relatadas, dentre as 9 técnicas mais utilizadas, pit tags foi a técnica mais relevante, seguida de
562 Tintas e Etiquetas, ambas com a mesma quantidade (**Tabela S5, material de suporte**). A
563 técnica com a menor quantidade de vantagens relatadas foram Amputação de falanges e
564 Métodos químicos (**Tabela S5, material de suporte**). Apenas tecnologia apresentou relação
565 significativa com as vantagens das técnicas, de forma que vantagens que remetiam “potencial
566 tecnológico” das técnicas estavam mais associadas a técnicas com potencial tecnológico,
567 enquanto a vantagem “fácil visibilidade” esteve mais associada a técnicas sem potencial
568 tecnológico. (**Tabela S3, informação de suporte**).

569 Assim como para vantagens, “Perda de marca” foi a única desvantagem mais
570 relatada para Etiquetas e Elastômeros. Não houve relação significativa entre as desvantagens e
571 o uso das demais técnicas mais usadas, como Tintas, Anilha, Pit tags, Fotoidentificação,
572 Amputação de falanges, e Métodos químicos (**Tabela S3, informação de suporte**). Dentre as
573 9 técnicas mais estudadas, Tinta foi a técnica com a maior quantidade de desvantagens relatadas
574 nos estudos, enquanto Métodos químicos e Fotoidentificação tiveram as menores quantidades
575 de desvantagens informadas pelos autores. As desvantagens relatadas para as técnicas estiveram
576 significativamente associadas apenas com a durabilidade das técnicas (**Tabela S3, informação
577 de suporte**). Para durabilidade das técnicas, o qui-quadrado de independência indicou que a
578 relação com as desvantagens foi significativa. A análise dos resíduos padronizados ajustados
579 indicou que a desvantagem “perda de marcas” foi mais registrada para técnicas temporárias.

580 Em síntese do cenário, mesmo com uma técnica de potencial tecnológico (e.g. pit
581 tags) com a maior quantidade de vantagens relatadas, destacamos o uso de tintas – embora com
582 a maior quantidade de desvantagens relatadas - devido principalmente a testes anteriores
583 realizados com sucesso, o que endossa o emprego bem difundido da técnica, embora, em
584 comparação a pit tags, a técnica apresente limitações, principalmente relacionadas à visibilidade
585 e retenção. Tinta pode ter um emprego desafiador na coleta de informações mais próximas da
586 realidade em relação à parâmetros demográficos, que foi o foco mais representativo em nosso
587 estudo. Assim sendo, outras técnicas poderiam ter sido bem empregadas, como,
588 fotoidentificação, telemetria, pittags que obtiveram menores quantidades de desvantagens
589 relatadas.

590 A associação das vantagens relacionadas ao potencial tecnológico com técnicas que
591 de fato eram tecnológicas podem indicar que a característica relacionada à tecnologia foi
592 relevante na escolha. A vantagem sobre fácil visibilidade das marcas associadas a técnicas não
593 tecnológicas indica que, quando as técnicas não foram tecnológicas, técnicas frequentemente
594 usadas como tinta e etiquetas permitiram fácil visualização das marcas nos animais. O fato das

595 desvantagens estarem relacionadas apenas à perda de marcas reforça que o emprego das
 596 técnicas mais frequentes em escala global carece de durabilidade, independente do táxon
 597 estudado.

598 3.6. *Guideline*

599 Analisamos a aplicação das técnicas de marcação aplicados à fauna silvestre a partir
 600 de diversas perspectivas, o que permitiu observar como os estudos estão selecionando as
 601 técnicas para obter sucesso em gerar dados ecológicos e relevantes na perspectiva da marcação
 602 silvestre. No presente tópico, baseado em nossas observações, elaboramos um *guideline* com
 603 critérios e direcionamentos que podem auxiliar na escolha do “método ideal” para marcação
 604 animal em estudos futuros em escala global. Acreditamos ser importante ressaltar que a nossa
 605 intenção não é determinar qual técnica é a correta ou a equivocada aos futuros estudos, mas sim
 606 recomendar técnicas que consideramos mais adequadas levando em consideração os aspectos
 607 relevantes que norteiam os estudos (e.g. Qual o objetivo? O estudo será a longo-prazo ou a
 608 curto prazo? Qual grupo vai ser estudado? Em que ambientes/biomas a espécie se encontra?
 609 Quantos indivíduos serão amostrados?).

610 Selecionamos as características das técnicas que avaliamos ao investigar o
 611 cenário global de aplicação para vida silvestre – tecnologia, durabilidade e invasividade - e
 612 pareamos com os tópicos que acreditamos que podem melhor direcionar estudos futuros na
 613 decisão da técnica de marcação, a serem destrinchados a seguir. Desse modo, cada tópico teve
 614 um perfil de técnicas adequadas traçado, bem como até 4 exemplos de técnicas que
 615 corresponderam às características marcadas, sejam eles relatados na síntese ou não a fim de
 616 afunilar as escolhas já evidenciando suas características para a celeridade da decisão.

617 **Tabela 2** *Guideline* para aplicação de técnicas de marcação e recaptura para a fauna silvestre levando em
 618 consideração o objetivo do estudo, local, duração, grupo zoológico estudado, categoria de ameaça estabelecida na
 619 IUCN, estágio de vida das espécies, número de indivíduos e características morfológicas relacionadas ao
 620 revestimento da pele dos animais, considerando sempre as vantagens e desvantagens relatadas pelos autores.
 621 Abreviações: Tec = método tecnológico; Não tec. = método não tecnológico; Perm = método permanente; Temp
 622 = método temporário; Inva = método invasivo; Não inva. = método não invasivo. Fac. Visib. = Fácil visibilidade.
 623 A primeira coluna informa as possibilidades (critérios) de diversos aspectos dos possíveis estudos futuros. Nas 7

Corpo coberto por pelos e/ou penas	<input checked="" type="checkbox"/>		Corte de pelos, tinta, fotoidentificação					
Corpo coberto por escamas/ placas ósseas/exoesqueleto	<input checked="" type="checkbox"/>		Tinta, telemetria (adaptada), entalhe, fotoidentificação, pit tags.					
Corpo coberto por pele lisa e/ou impermeável	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		Fotoidentificação, tinta, fita, elastômeros.

628

629 3.6.1 Objetivos de estudo

630 Recomendamos técnicas como fotoidentificação, anilhas e pit tags para estudos
631 demográficos, uma vez que estas técnicas não apresentam relatos associados à desvantagem de
632 perdas de marcas relevantes que possam comprometer os dados do estudo (Taggart, Morris,
633 Caraguel, 2021). No quesito Fisiologia, optamos por inserir como sugestões técnicas que
634 permitam detectabilidade à distância, como pit tags e telemetria, objetivando reduzir o encontro
635 do pesquisador com o indivíduo marcado e, assim, não alterando dados fisiológicos de interesse
636 do estudo (Brownscombe, 2019). Adicionalmente, sugerimos que estudos futuros avaliem os
637 possíveis efeitos negativos juntamente com os testes de marcação de técnicas tecnológicas que
638 estão ingressando lentamente no uso para fauna silvestre, investigando possíveis efeitos
639 negativos às populações estudadas antes do uso nos exemplos supracitados (Armstrong &
640 Perrot, 2000).

641

642 3.6.2 Local de estudo

643 Em ambientes com alta densidade vegetal ou altas profundidades – casos em que a
644 espécie alvo é aquática, por exemplo - se faz melhor a escolha de técnicas que tenham como
645 vantagens a melhor detectabilidade do que a melhor visibilidade da marca no animal, ou seja,
646 que permitam o monitoramento remoto. Alguns autores relatam que biomas terrestres com altas
647 densidades vegetais ou biomas marinhos/dulcícolas muito profundos podem prejudicar a
648 visibilidade de marcas (McPhee et al., 2021). Ambientes mais abertos, por sua vez, poderiam

649 propiciar uma melhor visibilidade dos indivíduos e, conseqüentemente, de suas marcas naturais,
650 portanto sugerimos também o uso de fotoidentificação de suas marcas naturais, quando
651 possível, uma vez que a fácil visibilidade de marcas artificiais nos indivíduos pode gerar uma
652 maior visibilidade a predadores ou até mesmo um viés de caça direcionada (Wiskirchen et al.,
653 2016). Portanto, o uso de técnicas de fácil visibilidade precisa ser estrategicamente pensado e
654 executado.

655 3.6.3 Duração do estudo

656 A média do período amostral correspondeu a 50 meses, o equivalente a um pouco
657 mais de 4 anos de amostragem. Portanto, esta foi a nossa janela de tempo estabelecida para
658 “curto” e “longo” prazos. Para tal, para estudos de longo prazo, sugerimos somente técnicas
659 que possuam como vantagem a menor invasividade e que sejam permanentes, compreendendo,
660 no mínimo, o período proposto de amostragem. No caso de estudos rápidos, recomendamos
661 somente técnicas temporárias. Chegamos nessa sugestão observando que técnicas que
662 classificamos como temporárias foram usadas em longos períodos, e isso pode ter elevado o
663 número de relatos referente à perda de marcas (e.g. Schmutz & Morse, 2000).

664 3.6.4 Grupos zoológicos

665 Nossas recomendações neste tópico incentivam a aplicação de técnicas com
666 potencial tecnológico nos invertebrados, mas ressaltamos a necessidade de iniciativas de
667 adaptação destas técnicas em formas adequadas na marcação quanto ao peso e,
668 conseqüentemente, o impacto comportamental, reprodutivo ou locomotor que pode ser
669 provocado. Em relação aos vertebrados, vimos que uma das técnicas mais usadas foi
670 temporário, e isso implica em estar sujeito à desvantagem de perda de marcas e,
671 conseqüentemente, de dados populacionais. Além disso, vertebrados possuem um tempo de
672 vida maior que o tempo de retenção da técnica. Dessa forma, encorajamos o uso mais frequente
673 de técnicas permanentes, da mesma forma que os técnicas temporárias podem ser bem

674 empregados em invertebrados devido ao tempo de vida relativamente curto dos representantes
675 do grupo.

676 3.6.5 Categorias pela IUCN

677 Recomendamos que espécies ameaçadas sejam priorizadas quanto ao emprego de técnicas
678 permanentes ou temporárias, não invasivos e com potencial tecnológico, uma vez que muitas
679 dessas espécies estão sob constantes ameaças de declínios populacionais (Cooke et al., 2016).
680 Não invasividade se justifica pela tentativa de evitar técnicas que possam provocar alterações
681 populacionais de espécies que já estão com populações em números críticos (Narayan et al.,
682 2019). Uma das técnicas que sugerimos – fotoidentificação – pode ser trabalhada em conjunto
683 com a sociedade na conservação de espécies ameaçadas, por meio da Ciência Cidadã (Oliveira
684 et al., 2017). Não fizemos restrições para espécies com DD e NE, pois são diversos os motivos
685 pelos quais uma espécie não foi avaliada ou possui dados deficientes, apenas reiteramos o uso
686 de técnicas tecnológicas que podem ajudar na coleta de dados de espécies crípticas e de difícil
687 encontro, por exemplo.

688 3.6.7 Número de indivíduos

689 Alguns relatos de autores evidenciaram a desvantagens de implementar técnicas
690 com potencial tecnológico para grandes quantidades de indivíduos devido à escassez de testes,
691 mas também que algumas marcações realizadas em lote, como poeira, podem interferir nas
692 taxas de sobrevivência e locomoção temporária dos espécimes (Bellini et al., 2014). Por isso,
693 recomendamos o uso de técnicas que permitam marcar os indivíduos com técnicas similares a
694 anilhas, pit tags e fotoidentificação combinada, para dar suporte ao registro de recaptura.
695 Aconselhamos técnicas permanentes que tenham como vantagem a alta retenção de marcas, o
696 que poderia acarretar numa menor quantidade de marcas perdidas e necessidade de remarcação
697 em massa, algo que seria trabalhoso e demorado. Em trabalhos com quantidades menores de
698 animais a serem marcados, encorajamos técnicas com potencial tecnológico sendo cada vez

699 mais implementado, pois isso pode detectar o potencial das técnicas para estudos futuros com
700 grandes populações.

701 3.6.8 Estágio de vida

702 No caso de indivíduos juvenis, recomendamos que, se as técnicas a serem
703 escolhidos forem invasivos, que sejam temporários, visando a redução de efeitos ao longo do
704 desenvolvimento do espécime, e que pelo menos possa estar atrelado um monitoramento
705 remoto que permita a coleta do máximo de dados. Além disso, as fases juvenis de diversos
706 grupos animais são mais suscetíveis a predação intensa que formas adultas (Pike et al., 2008;
707 Stojanovic et al., 2022), por isso, recomendamos técnicas temporárias que não deem destaque
708 aos indivíduos por período prolongado visando a não interferência nas taxas de sobrevivência
709 naturais das espécies.

710 3.6.9 Características morfológicas

711 Para espécies cobertas por pelos ou penas, sugerimos a verificação de padrões de
712 coloração de pelagem/penas para uma possível marcação por fotoidentificação uma vez que
713 algumas desvantagens relatadas para a técnica foi a difícil visibilidade das marcas naturais.
714 Além disso, sugerimos ainda técnicas como corte de pelos em regiões específicas que permitam
715 a individualização dos espécimes, ou aplicação de tintas atóxicas na pelagem, a depender do
716 período proposto para o estudo. Para espécies com estruturas rígidas em sua morfologia externa,
717 recomendamos também o uso de telemetria adaptada, uma vez que existe a possibilidade de
718 acoplar os dispositivos externamente nos animais. Com animais que consideramos mais
719 sensíveis quanto ao revestimento da pele – pele lisa, permeável – não recomendamos técnicas
720 que sejam invasivas ou tóxicas, como métodos químicos, dada a captação de substâncias
721 aumentadas na pele, com base em outros autores (Cuellar-Valencia et al., 2023). Além disso,
722 não recomendamos técnicas invasivas que impliquem na realização de microcirurgias, uma vez
723 que há uma composição microbiana característica da pele dos animais (Aprill et al., 2020), e

724 isso poderia acarretar num favorecimento de espécies de bactérias oportunistas, por exemplo,
725 gerando infecções locais ou sistêmicas (Flowers & Grice, 2020).

726 4. Considerações finais

727 Com este guideline, esperamos poder direcionar melhor o emprego das técnicas de
728 marcação levando em consideração aspectos múltiplos a serem combinados na pesquisa.
729 Optamos por evidenciar as características das técnicas que favoreceriam o estudo e, com isso,
730 elencar possíveis técnicas a serem aplicadas. Ressaltamos que a seleção de técnicas invasivas
731 em nosso *guideline* não se restringe apenas à esta característica. Em outras palavras, não
732 estamos encorajando que cada vez mais técnicas invasivas sejam aplicados nos estudos de vida
733 selvagem quando marcamos um “” para a característica técnicas invasivas. O que há aqui é
734 uma ponderação entre as características, como acontece com pit tags, um método invasivo que,
735 no entanto, possui um potencial tecnológico e durabilidade permanente (Silvy, Lopes, Peterson,
736 2011). Não podemos descartar a possibilidade de que muitos estudos ainda empregarão técnicas
737 invasivas, mas cabe aos autores a tomada de decisão sobre este aspecto ao combinar as
738 informações do estudo e de vida silvestre que interessam ser obtidas. Não há um método ideal
739 geral para os espécimes-alvo dos estudos, mas é possível hipotetizar cenários de pesquisa em
740 que algumas técnicas sejam mais adequadas.

741 Também ressaltamos que as técnicas também poderão ser avaliadas quanto ao custo
742 de aplicação, a depender do objetivo. Poucos estudos relataram “alto custo como desvantagem
743 em nossa síntese (Janke et al., 2009), e análises prévias não indicaram alguma associação do
744 financiamento dos artigos e o emprego de técnicas tecnológicos, que realmente possuem alto
745 custo de aquisição. Além disso, muitos países tiveram poucos estudos, quando comparado com
746 Estados Unidos e Austrália, de modo que os relatos de alto custo se dissiparam entre países
747 menos representativos. Portanto, reiteramos a escolha dos técnicas mais viáveis recomendados

748 para que limitações logísticas não impeçam a coleta de dados importantes para a conservação
749 das espécies.

750 Por fim, colaboramos com o comprometimento de futuros estudos em relatarmos
751 as principais vantagens que levaram ao uso das técnicas e as principais desvantagens ou
752 desvantagens relatadas, para que as técnicas sejam passíveis de avaliação em casos similares e
753 possam inclusive alertar sobre interferências na vida selvagem, quando for o caso. Apesar de
754 muitos estudos não terem relatado nem vantagens nem desvantagens, os que relataram foram
755 cruciais para compreensão de nossas investigações, direcionando melhor as sugestões dadas no
756 *guideline*.

757 5. Conclusão

758 Este trabalho investigou o cenário de marcação e recaptura de espécies
759 invertebradas e vertebradas em escala global. Identificamos que a maioria das técnicas
760 utilizados foram não tecnológicos e invasivos empregados a vertebrados terrestres fora de
761 algum status de ameaça pela IUCN. A análise conjunta das vantagens e desvantagens, quando
762 relatadas pelos autores, permitiram identificar quais as principais vantagens e desvantagens na
763 aplicação das técnicas em cada caso, e, a partir disso, conseguimos elaborar um *guideline* que
764 levou em consideração a maioria das informações relativas aos estudos que extraímos e
765 analisamos em nossa síntese. Adicionalmente, recomendamos fortemente o emprego de
766 técnicas tecnológicas e não invasivos em espécies mais vulneráveis, ameaçadas e sensíveis, e
767 uma melhor ponderação sobre a durabilidade das técnicas em longos estudos ou com muitos
768 indivíduos a serem amostrados. Reiteramos que estas recomendações precisam ser combinadas
769 para a tomada de decisão, dada a especificidade de perguntas sobre conservação que venham a
770 surgir, e que uma prévia seleção de técnicas candidatas possa dar celeridade na tomada de
771 decisão. Por fim, reiteramos da necessidade de mais estudos com técnicas tecnológicas
772 aplicados principalmente a invertebrados, o que pode permitir a realização de melhorias e

773 detecção de eficiência da marcação selvagem. Estes estudos podem inclusive ser oriundos de
774 ambientes controlados, para que conseguente sejam implementados em cenários de vida livre.

775 6. Agradecimentos

776 Agradecemos à Universidade Federal de Pernambuco e ao Programa de Pós
777 Graduação em Etnobiologia e Conservação da natureza pelo apoio acadêmico na elaboração
778 desta pesquisa. Também agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível
779 Superior (CAPES, Processo nº 88887.633858/2021-00) pela bolsa de mestrado, a Talita Câmara
780 pelas sugestões relevantes na construção deste artigo. Xavier Arnan agradece ao Conselho
781 Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade
782 (PQ-2, Processo 307385/2020-5).

783 7. Referências

- 784 Ahmad, M., Ghazal, T. M., & Aziz, N. (2022). A survey on animal identification techniques
785 past and present. *International Journal of Computational and Innovative Sciences*, 1(2), 1-7.
- 786 Alba, A. C., Breeding, S., Valuska, A. J., Sky, C., Dunn, M., Schutz, P. J., ... Ferrie, G. M.
787 (2019). Use of passive radio frequency identification technologies to monitor nest usage in the
788 northern carmine bee-eater (*Merops n. nubicus*). *Zoo biology*, 38(6), 498-507.
- 789 Apprill, A., Miller, C. A., Van Cise, A. M., U'Ren, J. M., Leslie, M. S., Weber, L., ... & Waring,
790 G. (2020). Marine mammal skin microbiotas are influenced by host phylogeny. *Royal Society*
791 *Open Science*, 7(5), 192046.
- 792 Arbeláez-Rojas, G. A., & Melão, M. D. G. G. (2022). Production performance and nutritional
793 quality of the fairy shrimp *Dendrocephalus brasiliensis* Pesta, 1921 (Crustacea, Anostraca)
794 cultured with fish effluent in recirculation system. *Aquaculture*, 548, 737692.

- 795 Armstrong, D. P., & Perrott, J. K. (2000). An experiment testing whether condition and survival
796 are limited by food supply in a reintroduced hihi population. *Conservation Biology*, 14(4),
797 1171-1181.
- 798 Bellini, R., Albieri, A., Balestrino, F., Carrieri, M., Porretta, D., Urbanelli, S., ... & Maini, S.
799 (2014). Dispersal and survival of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) males in Italian urban
800 areas and significance for sterile insect technique application. *Journal of medical entomology*,
801 47(6), 1082-1091.
- 802 Bendik, N. F., Morrison, T. A., Gluesenkamp, A. G., Sanders, M. S., O'Donnell, L. J. (2013).
803 Computer-assisted photo identification outperforms visible implant elastomers in an
804 endangered salamander, *Eurycea tonkawae*. *PloS one*, 8(3), e59424.
- 805 Besedin, D., Turner, B. J., Deo, P., Lopes, M. D. B., & Williams, C. R. (2022). Effect of
806 captivity and water salinity on culture-dependent frog skin microbiota and *Batrachochytrium*
807 *dendrobatidis* (Bd) infection. *Transactions of the Royal Society of South Australia*, 146(2),
808 273-294.
- 809 Brannelly, L. A., Chatfield, M. W., & Richards-Zawacki, C. (2013). Visual implant elastomer
810 (VIE) tags are an unreliable method of identification in adult anurans. *Herpetological Journal*.
- 811 Brovini, E. M., de Deus, B. C. T., Vilas-Boas, J. A., Quadra, G. R., Carvalho, L., Mendonca,
812 R. F., ... Cardoso, S. J. (2021). Three-best-seller pesticides in Brazil: Freshwater concentrations
813 and potential environmental risks. *Science of the Total Environment*, 771, 144754.
- 814 Brown, W. S. (2016). Lifetime reproduction in a northern metapopulation of timber rattlesnakes
815 (*Crotalus horridus*). *Herpetologica*, 72(4), 331-342.
- 816 Buss, G., Lokschin, L. X., Setubal, R. B., Teixeira, F. Z. (2007). A abordagem de espécie-
817 bandeira na Educação Ambiental: estudo de caso do bugio-ruivo (*Alouatta guariba*) e o

- 818 Programa Macacos Urbanos. Direitos Humanos, Educação e Meio Ambiente, Porto Alegre:
819 Evangraf, 165-185.
- 820 Brownscombe, J. W., Lédée, E. J., Raby, G. D., Struthers, D. P., Gutowsky, L. F., Nguyen, V.
821 M., ... & Cooke, S. J. (2019). Conducting and interpreting fish telemetry studies: considerations
822 for researchers and resource managers. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 29, 369-400.
- 823 Carson, H. S., Morin, D. J., Bouma, J. V., Ulrich, M., & Sizemore, R. (2019). The survival of
824 hatchery-origin pinto abalone *Haliotis kamtschatkana* released into Washington waters.
825 *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(3), 424-441.
- 826 Cajade, R., Marangoni, F., & Gangenova, E. (2013). Age, body size and growth pattern of
827 *Argenteohyla siemersi pedersenii* (Anura: Hylidae) in northeastern Argentina. *Journal of*
828 *Natural History*, 47(3-4), 237-251.
- 829 Care, A., & Use Committee. (1998). Guidelines for the capture, handling, and care of mammals
830 as approved by the American Society of Mammalogists. *Journal of Mammalogy*, 1416-1431.
- 831 Cid, B., Costa, R. D. C. D., Balthazar, D. D. A., Augusto, A. M., Pires, A. S., & Fernandez, F.
832 A. (2013). Preventing injuries caused by radiotelemetry collars in reintroduced red-rumped
833 agoutis, *Dasyprocta leporina* (Rodentia: Dasyproctidae), in Atlantic Forest, southeastern Brazil.
834 *Zoologia (Curitiba)*, 30, 115-118.
- 835 Cooke, Steven J. et al. (2016);. Pesca para peixes ameaçados de extinção: problema de
836 conservação ou ação de conservação?. *Peixes e Pescas*, v. 17, n. 1, p. 249-265.
- 837 Cruickshank, S. S., & Schmidt, B. R. (2017). Error rates and variation between observers are
838 reduced with the use of photographic matching software for capture-recapture studies.
839 *Amphibia-Reptilia*, 38(3), 315-325.

- 840 Cuellar-Valencia, O. M., Murillo-García, O. E., Rodríguez Salazar, G. A., & Bolívar-García,
841 W. (2023). Bioaccumulation of mercury in direct-developing frogs: The aftermath of illegal
842 gold mining in a National Park. *Herpetological Journal*, 33(1).
- 843 Cummins, C. P., & Swan, M. J. (2000). Long term survival and growth of free living great
844 crested newts (*Triturus cristatus*) PIT-tagged at metamorphosis. *Herpetological journal*, 10(4),
845 177-182.
- 846 Davis, H.; Vancompernelle, M.; dickens, J. (2020). effectiveness and reliability of photographic
847 identification methods for identifying individuals of a cryptically patterned toad. *Herpetological*
848 *Conservation and Biology*, v. 15, n. 1, p. 204-211.
- 849 Davis, J. L., Young-Williams, A. C., Hines, A. H., & Zmora, O. (2004). Comparing two types
850 of internal tags in juvenile blue crabs. *Fisheries Research*, 67(3), 265-274.
- 851 Elgue, E., Pereira, G., Achaval-Coppes, F., Maneyro, R. (2014). Validity of photo-identification
852 technique to analyze natural markings in *Melanophryniscus montevidensis* (Anura: Bufonidae).
853 *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, 13(1), 59-66.
- 854 Dolný, A., Šigutová, H., Ožana, S., & Choleva, L. (2018). How difficult is it to reintroduce a
855 dragonfly? Fifteen years monitoring *Leucorrhinia dubia* at the receiving site. *Biological*
856 *Conservation*, 218, 110-117.
- 857 Duellman, W. E.; Trueb, L. (1994). *Biology of amphibians*. JHU press.
- 858 Estes, J. A., Terborgh, J., Brashares, J. S., Power, M. E., Berger, J., Bond, W. J., Wardle, D. A.
859 (2011). Trophic downgrading of planet Earth. *science*, 333(6040), 301-306.
- 860 Ferreira, G. A., Pinto, M. L., Nakano-Oliveira, E., & Genaro, G. (2013). Dermatitis prompted
861 by a collar employed in radio-telemetry monitoring. *Animal Welfare*, 22(2), 195-197.

- 862 Fisher, D. O., & Blomberg, S. P. (2009). Toe-bud clipping of juvenile small marsupials for
863 ecological field research: No detectable negative effects on growth or survival. *Austral Ecology*,
864 34(8), 858-865.
- 865 Flowers, L.; Grice, E. A. (2020). The skin microbiota: balancing risk and reward. *Cell host &*
866 *microbe*, v. 28, n. 2, p. 190-200.
- 867 Fouilloux, C. A., Garcia-Costoya, G., Rojas, B. (2020). Visible implant elastomer (VIE)
868 success in early larval stages of a tropical amphibian species. *PeerJ*, 8, e9630.
- 869 Fujino, T., Sawada, H., Mitamura, H., Masuda, R., Arai, N., & Yamashita, Y. (2017). Single
870 spaghetti tagging as a high-retention marking method for Japanese common sea cucumber
871 *Apostichopus japonicus*. *Fisheries science*, 83, 367-372.
- 872 Fuller, M. R., & Fuller, T. K. (2012). Radio-telemetry equipment and applications for
873 carnivores. *Carnivore ecology and conservation: A handbook of techniques* Oxford University
874 Press, Oxford, UK, 152-68.
- 875 Geller, G. A. (2020). Capturing and Marking Raccoons for Individual Recognition in Camera
876 Studies using Tail-fur Clipping and Dyes. *Wildlife Society Bulletin*, 44(4), 766-772.
- 877 Geen, G. R., Robinson, R. A., & Baillie, S. R. (2019). Effects of tracking devices on individual
878 birds—a review of the evidence. *Journal of Avian Biology*, 50(2).
- 879 Gitzen, R. A., Renken, R. B., Fantz, D. K., Wolf, A. J., Jensen, R. G., Favara, J., & Millsbaugh,
880 J. J. (2018). *Peromyscus* responses to alternative forest management systems in the Missouri
881 Ozarks, USA. *Forest Ecology and Management*, 429, 558-569.
- 882 Hagler, J. R., & Jackson, C. G. (2001). Methods for marking insects: current techniques and
883 future prospects. *Annual review of entomology*, 46(1), 511-543.

- 884 Halsch, C. A., Shapiro, A. M., Fordyce, J. A., Nice, C. C., Thorne, J. H., Waetjen, D. P., &
885 Forister, M. L. (2021). Insects and recent climate change. *Proceedings of the national academy*
886 *of sciences*, 118(2), e2002543117.
- 887 Hassall, C., Lowe, C. D., Harvey, I. F., Watts, P. C., & Thompson, D. J. (2010). Phenology
888 determines seasonal variation in ectoparasite loads in a natural insect population. *Ecological*
889 *Entomology*, 35(4), 514-522.
- 890 Hulbert, I. A. (2001, March). GPS and its use in animal telemetry: The next five years. In
891 *Proceedings of the Conference on Tracking Animals with GPS* (pp. 51-60).
- 892 Hirasawa, T., Nagashima, H., & Kuratani, S. (2013). The endoskeletal origin of the turtle
893 carapace. *Nature Communications*, 4(1), 2107.
- 894 Janke, J., Bandte, M., Ulrichs, C., Grabenweger, G., Jäckel, B., Balder, H., & Büttner, C.
895 (2009). Serological marking of *Pnigalio agraulis* (Hymenoptera: Eulophidae) for field
896 dispersal studies. *Journal of pest science*, 82, 47-53.
- 897 Jefferson, T., Costello, M. J., Zhao, Q., & Lundquist, C. J. (2021). Conserving threatened
898 marine species and biodiversity requires 40% ocean protection. *Biological Conservation*, 264,
899 109368.
- 900 Jenkins, C. N., Pimm, S. L., & Joppa, L. N. (2013). Global patterns of terrestrial vertebrate
901 diversity and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(28), E2602-
902 E2610.
- 903 Jones K. E., et al. 2009. PanTHERIA: um banco de dados em nível de espécie de história de
904 vida, ecologia e geografia de mamíferos existentes e recentemente extintos. *Ecologia* 90, 2648.
905 10.1890/08-1494.1
- 906 Kiritani, K., Yamashita, H., & Yamamura, K. (2013). Beak marks on butterfly wings with
907 special reference to Japanese black swallowtail. *Population ecology*, 55, 451-459.

- 908 La Porta, G., Goretti, E. (2020). Movement and demography of Southern damselfly
909 (Coenagrion mercuriale, Odonata) in a Mediterranean lotic ecosystem. *Ethology Ecology &*
910 *Evolution*, 32(2), 107-121.
- 911 Lees, A. C., Haskell, L., Allinson, T., Bezeng, S. B., Burfield, I. J., Renjifo, L. M., ... &
912 Butchart, S. H. (2022). State of the World's Birds. *Annual Review of Environment and*
913 *Resources*, 47(1).
- 914 Leisnham, P. T., Cameron, C., Jamieson, I. G. (2003). Life cycle, survival rates and longevity
915 of an alpine weta *Hemideina maori* (Orthoptera: Anostomatidae) determined using mark-
916 recapture analysis. *New Zealand Journal of Ecology*, 191-200.
- 917 Leite, A. S., Santos, L. L., Costa, Y., & Hatje, V. (2014). Influence of proximity to an urban
918 center in the pattern of contamination by marine debris. *Marine pollution bulletin*, 81(1), 242-
919 247.
- 920 Macip-Ríos, R., Brauer-Robleda, P., Zúñiga-Vega, J. J., Casas-Andreu, G. (2011). Demography
921 of two populations of the Mexican mud turtle (*Kinosternon integrum*) in central Mexico. *The*
922 *Herpetological Journal*, 21(4), 235-245.
- 923 Martins de Araujo, M., Sanhueza Salas, F. J., & Arthur, V. (2022). Marcação de insetos para
924 estudos biológicos. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 121.
- 925 May, R. M. (2004). Ethics and amphibians. *Nature*, 431(7007), 403-403.
- 926 McCarthy, M. A., & Parris, K. M. (2004). Clarifying the effect of toe clipping on frogs with
927 Bayesian statistics. *Journal of Applied Ecology*, 41(4), 780-786.
- 928 McPhee, D. P., Blount, C., Smith, M. P. L., & Peddemors, V. M. (2021). A comparison of
929 alternative systems to catch and kill for mitigating unprovoked shark bite on bathers or surfers
930 at ocean beaches. *Ocean & Coastal Management*, 201, 105492.

- 931 Milligan M.C., Johnson M.D., Garfinkel M, Smith C.J., Njoroge P. (2016). Quantifying pest
932 control services by birds and ants in Kenyan coffee farms. *Biol. Conserv.* 194:58–65
- 933 Narayan, E. J., Forsburg, Z. R., Davis, D. R., & Gabor, C. R. (2019). Non-invasive methods for
934 measuring and monitoring stress physiology in imperiled amphibians. *Frontiers in Ecology and*
935 *Evolution*, 7, 431.
- 936 Nauwelaerts, S., Coeck, J., Aerts, P. (2000). Visible implant elastomers as a method for marking
937 adult anurans. *Herpetological Review*, 31(3), 154.
- 938 Oliveira, Y. C. B. B. D. (2017). Fotoidentificação de tartarugas marinhas: uma ferramenta
939 participativa de conservação.
- 940 Osbourn, M. S., Hocking, D. J., Conner, C. A., Peterman, W. E., Semlitsch, R. D. (2011). Use
941 of fluorescent visible implant alphanumeric tags to individually mark juvenile ambystomatid
942 salamanders. *Herpetological Review*, 42(1), 43-47.
- 943 Peron, G., Gaillard, J. M., Barbraud, C., Bonenfant, C., Charmantier, A., Choquet, R., ... &
944 Gimenez, O. (2016). Evidence of reduced individual heterogeneity in adult survival of long-
945 lived species. *Evolution*, 70(12), 2909-2914.
- 946 Pike, D. A., Pizzatto, L., Pike, B. A., Shine, R. (2008). Estimating survival rates of uncatchable
947 animals: the myth of high juvenile mortality in reptiles. *Ecology*, 89(3), 607-611.
- 948 Ptacek, L., Machlica, L., Linhart, P., Jaska, P., & Muller, L. (2016). Automatic recognition of
949 bird individuals on an open set using as-is recordings. *Bioacoustics*, 25(1), 55-73.
- 950 Rowe, L. K., Scofield, R. P., Taylor, G. A., Barker, R. J. (2018). An estimate of the Hutton's
951 shearwater (*Puffinus huttoni*) population in the Kaikōura region using colour-marking in 2002
952 and 2014. *Notornis*, 65(4), 196-201.
- 953 Read, A. J. (2009). Telemetry. *Encyclopedia of Marine Mammals*, 1153–1156, 2009.

- 954 Resende Braga, M., Jorge, L. R., Jahn, A. E., Loyola, R., & Varela, S. (2022). Future climate
955 change will impact the migration of New World migrant flycatchers (Tyrannidae). *Ornithology*
956 *Research*, 30(1), 63-74.
- 957 Rodrigues, A. S., Pilgrim, J. D., Lamoreux, J. F., Hoffmann, M., & Brooks, T. M. (2006). The
958 value of the IUCN Red List for conservation. *Trends in ecology & evolution*, 21(2), 71-76.
- 959 Ríos-Jara, E., Pérez-Peña, M., Beas-Luna, R., López-Uriarte, E., & Juárez-Carrillo, E.. (2001).
960 Gastropods and bivalves of commercial interest from the continental shelf of Jalisco and
961 Colima, México. *Revista de Biología Tropical*, 49(3-4), 859-863.
- 962 Santangeli, A., Pakanen, V. M., Bridgeford, P., Boorman, M., Kolberg, H., Sanz-Aguilar, A.
963 (2020). The relative contribution of camera trap technology and citizen science for estimating
964 survival of an endangered African vulture. *Biological Conservation*, 246, 108593.
- 965 Schaub, M., & Pradel, R. (2004). Assessing the relative importance of different sources of
966 mortality from recoveries of marked animals. *Ecology*, 85(4), 930-938.
- 967 Schmutz, J. A., & Morse, J. A. (2000). Effects of neck collars and radiotransmitters on survival
968 and reproduction of emperor geese. *The Journal of wildlife management*, 231-237.
- 969 Smith RJ, Veríssimo D, Isaac NJB, Jones KE (2012) Identificando espécies de Cinderela:
970 descobrindo mamíferos com apelo de conservação emblemático. *Conserve Lett* 5:205–212.
971 <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00229.x>
- 972 Stojanovic, D., Neeman, T., Lacy, R., Farquharson, K. A., Hogg, C. J., Heinsohn, R. (2022).
973 Effects of non-random juvenile mortality on small, inbred populations. *Biological*
974 *Conservation*, 268, 109504.
- 975 Stork, N. E. (2018). How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on
976 Earth?. *Annual review of entomology*, 63, 31-45.

- 977 Taggart, P. L., Morris, S., & Caraguel, C. G. (2021). The impact of PIT tags on the growth and
978 survival of pythons is insignificant in randomised controlled trial. *PeerJ*, 9, e11531.
- 979 Tallamy, D. W., Shriver, W. G. (2021). Are declines in insects and insectivorous birds related?
980 *The Condor*, 123(1), 059.
- 981 Davies T. J., et al. 2008. Árvores filogenéticas e o futuro da biodiversidade de mamíferos. *Proc.*
982 *Natl Acad. Sci. EUA* 105, 11 556–11 563 10.1073/pnas.0801917105
- 983 Van Helden, B.E., Close, P.G. & Steven, R. Conservação de mamíferos em um mundo em
984 mudança: os jardins urbanos podem desempenhar um papel?. *Ecosyst Urbano* 23, 555–567
985 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11252-020-00935-1>
- 986 Smith RJ, Veríssimo D, Isaac NJB, Jones KE. (2012). Identificando espécies de Cinderela:
987 descobrindo mamíferos com apelo de conservação emblemático. *Conserve Lett* 5:205–212.
988 <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00229.x>
- 989 Walker, T. J., & Wineriter, S. A. (1981). Marking techniques for recognizing individual insects.
990 *The Florida Entomologist*, 64(1), 18-29.
- 991 Wiskirchen, K. H., Jacobsen, T. C., Sullivan, J. D., & Ditchkoff, S. S. (2017). Hunter
992 cooperation with requests to avoid a visibly marked ungulate. *Wildlife Society Bulletin*, 41(2),
993 301-308.
- 994 Whittow, G. Causey (Ed.). (2013). *Mammals*. Academic Press.
- 995 Zuberogoitia, I., González-Oreja, J. A., Martínez, J. E., Zabala, J., Gómez, I., López-López, P.
996 (2013). Foraging movements of Eurasian griffon vultures (*Gyps fulvus*): implications for
997 supplementary feeding management. *European Journal of Wildlife Research*, 59, 421-429.

998 **Informação de Suporte**

999

1000 **UMA REVISÃO GLOBAL DAS TENDÊNCIAS E DESAFIOS NO USO DE**
 1001 **TÉCNICAS DE MARCAÇÃO E RECAPTURA PARA ESTUDOS COM ANIMAIS**
 1002 **SELVAGENS**

1003 Lara Valesca Mendonça da Costa Santos¹, Geraldo Jorge Barbosa de Moura¹, Xavier Arnan^{1,2}

1004

1005 ¹*Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua. Manoel de Medeiros, s/n*

1006 ²*Universidade de Pernambuco*

1007

1008 **Tabela S3** Análises executadas no presente estudo, constando as variáveis das quais se testou a associação e os
 1009 testes estatísticos executados.

Variável 1	Variável 2	Teste feito
Descrição das tendências temporais, temáticas, biogeográficas, espécie-específicas, de técnicas e de tópicos especiais (1º objetivo)		
Aspectos temporais, temáticos e biogeográficos		
<i>Ano de publicação</i>	-	Descrição gráfica
<i>Objetivos dos estudos</i>	-	χ^2 de aderência
<i>Biogeografia dos estudos</i>	-	χ^2 de aderência
<i>Período de amostragem (meses)</i>	-	Média e desvio padrão
Aspectos espécie-específicos		
<i>Classes zoológicas</i>	-	χ^2 de aderência
<i>Status de conservação pela IUCN</i>	-	χ^2 de aderência
<i>Hábito de vida</i>	-	χ^2 de aderência
<i>Estágio de vida</i>	-	χ^2 de aderência
<i>Grupo zoológico</i>	-	χ^2 de aderência
<i>Padrões de distribuição das espécies</i>	-	χ^2 de aderência
<i>Número de indivíduos</i>	-	Média e desvio padrão
Técnicas e suas características (2º objetivo)		
<i>Identidade das técnicas</i>	-	χ^2 de aderência
<i>Invasividade</i>	-	χ^2 de aderência
<i>Tecnologia</i>	-	χ^2 de aderência

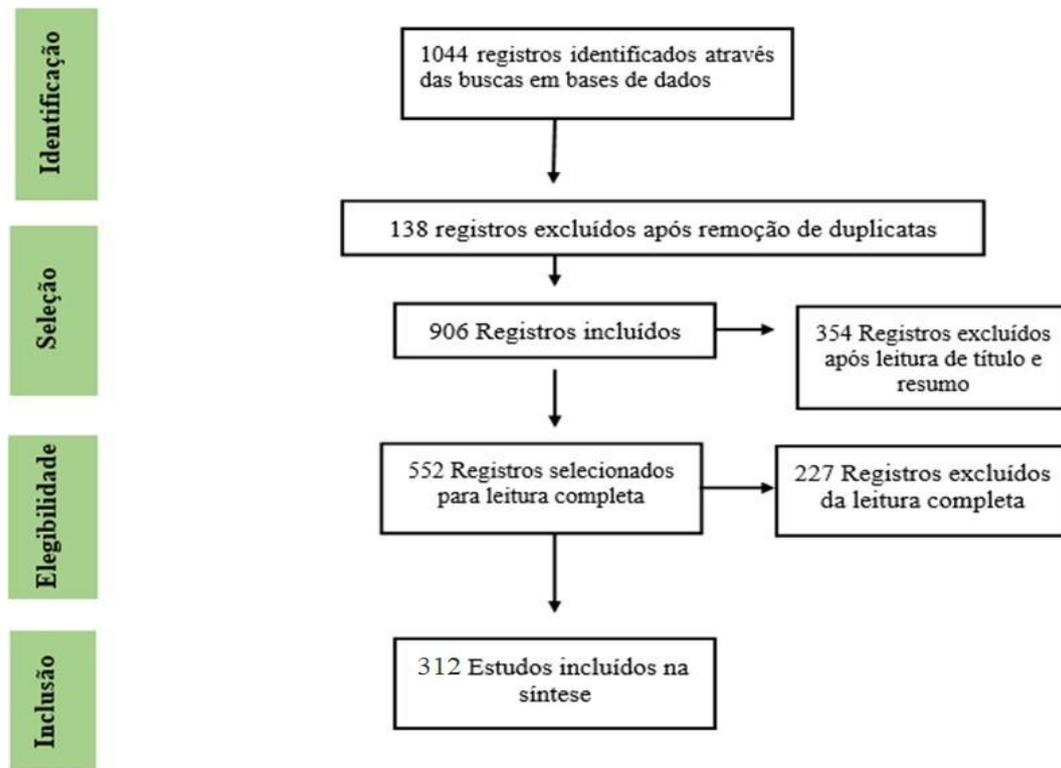
<i>Durabilidade</i>	-	χ^2 de aderência
Tópicos especiais		
<i>Vantagens no uso das técnicas</i>	-	χ^2 de aderência
<i>Desvantagens no uso das técnicas</i>	-	χ^2 de aderência
Relações entre tendências temporais, temáticas e biogeográficas e técnicas (3º Objetivo)		
<i>Anos de publicação</i>	Características das técnicas (invasividade, tecnologia e durabilidade, separadamente)	χ^2 de independência
<i>Objetivos</i>	Técnicas ¹	χ^2 de independência
<i>Objetivos</i>	Características das técnicas (invasividade, tecnologia e durabilidade, separadamente)	χ^2 de independência
<i>Biomias</i>	Técnicas ¹	χ^2 de independência
<i>Biomias</i>	Características das técnicas (invasividade, tecnologia e durabilidade, separadamente)	χ^2 de independência
<i>Período de amostragem</i>	Técnicas ¹	Regressão logística multinomial
<i>Período de amostragem</i>	Características das técnicas ((invasividade, tecnologia e durabilidade, separadamente)	Regressão logística binomial
Relações entre aspectos espécie-específicos e técnicas		
<i>Classes</i>	Técnicas ¹	χ^2 de independência
<i>Classes</i>	Características das técnicas ((invasividade, tecnologia e durabilidade, separadamente)	χ^2 de independência
<i>Status²</i>	Técnicas ¹	χ^2 de independência
<i>Status</i>	Características das técnicas ((invasividade, tecnologia e durabilidade, separadamente)	χ^2 de independência
<i>Grupos zoológicos</i>	Técnicas ²	χ^2 de independência
<i>Grupos zoológicos</i>	Características das técnicas (invasividade, tecnologia e durabilidade, separadamente)	χ^2 de independência
<i>Hábito de vida</i>	Características das técnicas (invasividade, tecnologia e durabilidade, separadamente)	χ^2 de independência
<i>Estágio de vida</i>	Características das técnicas (invasividade, tecnologia e durabilidade, separadamente)	χ^2 de independência
<i>Número de indivíduos</i>	Características das técnicas (invasividade, tecnologia e durabilidade, separadamente)	Regressão logística binomial
Relações entre tópicos especiais e técnicas		
<i>Justificativa</i>	Técnicas ¹	χ^2 de independência
<i>Justificativa</i>	Características das técnicas (invasividade, tecnologia e durabilidade, separadamente)	χ^2 de independência
<i>Desvantagem</i>	Técnicas ¹	χ^2 de independência
<i>Desvantagem</i>	Características das técnicas (invasividade, tecnologia e durabilidade, separadamente)	χ^2 de independência
Outras relações		
<i>Classes</i>	Biomias ³	χ^2 de independência

<i>Status</i>	Objetivos ⁴	χ^2 de independência
<i>Classes</i>	Status ²	χ^2 de independência

1010 * = análise feita com 12 anos mais representativos = 2004, 2006, 2010, 2011, 2013, 2014, 2014, 2015,
 1011 2016, 2018, 2019, 2020, 2021; ¹= Análises feitas para as 9 técnicas mais representativas: Tinta, Anilha,
 1012 Etiqueta, Elastômero, Pit tag, Fotoidentificação, Amputação de falanges, Telemetria e Métodos
 1013 químicos; ²=status de conservação mais representativos (LC, NE e VU); ³ 4 biomas mais representativos;
 1014 ⁴= 5 objetivos de estudo mais representativos.

1015

1016



1029 **Figura S1:** Protocolo PRISMA executado para a síntese da presente revisão, indicando as etapas de
 1030 identificação, seleção, elegibilidade e inclusão dos artigos que atenderam aos critérios estabelecidos.

1031

1032

1033

1034

1035

1036

1037

1038 **Tabela S2:** Identidade, descrição, e características das técnicas de marcação e recaptura informadas nos estudos.

Técnicas e características					
Identidade da técnica	Descrição	Exemplo relatado	Invasividade	Durabilidade	Tecnologia
Marcação acústica	Coleta de registros vocais da(s) espécie(s) em estudo;	Marcação acústica, verificação acústica;	Não	Temporária	Sim
Bandas	Ataduras de material maleável projetadas para envolver patas e asas dos animais;	Atadura, banda de teflon, bandas de asas e faixa;	Não	Temporária	Não
Métodos biológicos	Métodos que utilizaram micro-organismos como marcação de outro organismo;	Cepa apossimbiótica;	Sim	Temporária	Sim
Queima	Marcação gerada pelo contato direto com alguma fonte de calor;	Queima de escamas, cauterização, laser, solda e ferro e fogo;	Sim	Permanente	Não
Métodos químicos	Uso de substâncias químicas específicas para individualização dos animais;	dihidrato de oxitetraciclina, complexo de alizarina, calceína, hidrocarbonetos;	Sim	Temporária	Não
Colar	Material utilizado para envolver a região cervical dos animais;	Colar, colar de plástico;	Não	Temporária	Não
Corte	Remoção de tecido de diferentes partes do corpo dos animais;	Corte de escamas, corte de barbatana caudal/peitoral, perfuração;	Sim	Permanente	Não
Marcação Dna	Coleta e extração de material genético dos animais para identificação;	Marcação genética, marcação de DNA;	Não	Permanente	Sim

Poeira	Quaisquer substâncias reduzidas a pó fino e, desta maneira, pulverizadas nos animais;	Pó de ouro metálico, poeira, poeira fluorescente;	Não	Temporária	Não
Elastômero	Polímeros biocompatíveis fluorescentes inoculados na pele dos animais	Bioelastômeros, VIE (Visible Implant Elastomers);	Não	Temporária	Não
Esmalte	Substância líquida que, quando aplicada nos animais, forma uma película rígida e brilhante;	Esmalte;	Não	Temporária	Não
Tinta	Composição pigmentada utilizada para corar superfícies corpóreas dos animais, que pode ou não envolver uso de instrumentos aplicadores;	Tinta atóxica, laca automotiva, tinta spray, solução líquida corada, tinta óleo, corante fluorescente, corretivo, tinta guache, caneta e tinta à prova d'água;	Não	Temporária	Não
Isótopos	Elementos de mesmo número atômico e diferentes números de massa, usados para, através de rastreamento, detectar os animais ;	isótopos de estrôncio e isótopos estáveis;	Sim	Temporária	Sim
Nitrogênio líquido	Substância líquida produzida de maneira industrial, por meio de um método de destilação fracionada;	Nitrogênio líquido;	Sim	Permanente	Sim
Entalhe	Talhar ou moldar regiões rígidas do corpo dos animais;	Entalhe de carapaça;	Sim	Permanente	Não
Outros	Marcações de baixa representatividade e altamente específicas, cujas	Proteína de coelho, manchas de gordura,	Sim	Temporária	Não

	características não as permitiram ser incluídas nas categorias anteriores;	microesfera fluorescente;			
Fotoidentificação	Fotografia de marcas naturais dos animais com objetivo de individualização dos espécimes;	Fotoidentificação, marcas naturais;	Não	Permanente	Sim
Pit tag	Microchips anexados ao corpo dos animais, interna ou externamente, passíveis de rastreamento por scanners;	Transponders, pit tags;	Sim	Permanente	Sim
Anilha	Anéis de diferentes tamanhos e que são anexados nos membros dos animais;	Anilhas de aço, metálicas, alfanuméricas, acrílicas, plásticas, de alumínio e/ou coloridas;	Não	Permanente	Não
Etiqueta	Quaisquer tipos de material metálico, plástico ou acrílico anexados ao corpo do animal por meio de presilhas, cordões ou brincos e que possuam códigos de identificação Escritos;	Etiqueta à prova d'água, etiquetas de nylon, etiquetas de metal, titânio, auricular, plásticas, discos de plástico, etiquetas natatórias, etiquetas de miçanga, etiquetas de papel alumínio e pulseiras;	Sim	Permanente	Não
Fita	Material adesivo fixado sobre a superfície do corpo dos animais;	Fita, fita refletora;	Não	Temporária	Não
Tatuagem	Aplicação de tinta na região subcutânea da pele dos	Tatuagem, tatuagem auricular;	Sim	Permanente	Não

animais com auxílio de microagulhas;					
Telemetria	Marcas cuja coleta e transmissão de dados sejam à distância;	Radiotransmissores, colar radiotransmissor, telemetria acústica, transmissores de brinco e colar de telemetria;	Sim	Temporária	Sim
Amputação de falanges	Remoção de um ou mais dedos ou falanges dos animais.	Amputação de falanges, amputação de dedos, corte de falanges.	Sim	Permanente	Não

1039

1040

1041

1042

1043

1044

1045

1046

1047

1048

1049 **Tabela S3:** Análises referentes aos qui-quadrados de aderência e de independência realizados para verificar as associações entre alguns aspectos dos estudos com as
 1050 técnicas e suas características. Adicionalmente, nesta tabela constam análises referentes a outras relações que julgamos pertinentes realizar para entender como as
 1051 classes estavam inseridas em relação aos status e biomas e como os status estavam distribuídos em relação aos objetivos dos estudos. Ao fim de cada análise que
 1052 constem categorias agrupadas, estas foram devidamente especificadas quanto à composição do grupo.

1053

Análises χ^2 de independência– Informações descritivas (3º Objetivo)

Ano de publicação	Invasividade		χ^2	<i>p value</i>	V de Cramer	Phi	Df
	Non invasive(%)	Invasive(%)					
			14,26	0,21	0,29	-	11
2004	12(57,1)	9(42,9)					
2006	13(61,9)	8(38,1)					
2010	10(52,6)	9(47,4)					
2011	6(24)	19(76)					
2013	18(62)	11(38)					
2014	10(50)	10(50)					
2015	10(40)	15(60)					
2016	15(65,2)	8(34,8)					
2018	19(55,8)	15(44,2)					
2019	16(51,6)	15(48,4)					
2020	20(60,6)	13(39,4)					
2021	9(53)	8(47)					
	Tecnologia		χ^2	<i>p value</i>	V de Cramer	Phi	Df
	Não tecnológico(%)	Tecnológico(%)					
			15,57	0,15	-	-	11
2004	17(81)	4(19)					
2006	17(81)	4(19)					
2010	16(84,2)	3(15,8)					
2011	20(80)	5(20)					
2013	21(72,4)	8(27,6)					
2014	14(70)	6(30)					
2015	16(64)	9(36)					
2016	13(56,5)	10(43,5)					
2018	24(70,6)	10(29,4)					

2019	19(61,3)	12(38,7)					
2020	23(70)	10(30)					
2021	7(41,2)	10(58,8)					
Durabilidade							
	Permanente(%)	Temporária(%)	26,57	0,005	-	-	-
2004	5(24)	16(76)					
2006	11(52,4)	10(47,6)					
2010	12(63,1)	7(36,9)					
2011	19(76)	6(24)					
2013	12(41,4)	17(58,6)					
2014	9(45)	11(55)					
2015	19(76)	6(24)					
2016	15(65,2)	8(34,8)					
2018	22(64,7)	12(35,3)					
2019	23(74,2)	8(25,8)					
2020	18(54,5)	15(54,5)					
2021	10(59)	7(41)					
Relação entre objetivos e técnicas de marcação							
	Técnicas		30,85	0,01	-	-	16
Objetivos	<i>Etiqueta</i>	<i>Anilha</i>	Pit tag	Fotoidentificaç ão	<i>Amputação de falanges</i>		
Demografia	27	33	16	17	15		
Reprodução	6	6	2	3	2		
Tamanho populacional	5	4	6	2	6		
Teste de marcação	13	9	9	18	1		
Outros objetivos	26	13	18	15	20		
Outros objetivos: Impactos antrópicos, caça, ciência cidadã, mudanças climáticas, comportamento, dispersão, efeito de marcação, fisiologia, genética, espécies invasoras, monitoramento populacional, história natural, parasitismo, reintrodução, ecologia trófica.							
Invasividade							
	Não invasiva(%)	Invasiva(%)	20,62	0,12	0,18	-	11
Impactos antrópicos	10(50)	10(50)					

Comportamento	5(38,5)	8(61,5)
Demografia	107(52)	99(48)
Dispersão	12(60)	8(40)
Testes de marcação	85(59,1)	59(40,9)
Padrão de movimento	26(65)	14(35)
Outros objetivos ⁵	16(34)	31(66)
Parasitismo	3(27,2)	8(72,8)
Monitoramento populacional	17(62,9)	10(37,1)
Tamanho populacional	19(45,2)	23(54,8)
Reprodução	14(51,8)	13(48,2)
Ecologia trófica	8(34,7)	15(65,3)

⁵**Outros objetivos:** Caça, Ciência cidadã, Alterações climáticas e Reintrodução.

Tecnologia

	Não tecnológica(%)	Tecnológica(%)	15,02	0,09	-	-	9
Impactos antrópicos	19(95)	1(5)					
Demografia	158(76,7)	48(23,3)					
Dispersão	13(65)	7(35)					
Testes de marcação	96(66,6)	48(33,4)					
Padrão de movimento	28(70)	12(30)					
Outros objetivos ⁶	51(71,8)	20(28,1)					
Monitoramento populacional	22(81,5)	5(18,5)					
Tamanho populacional	33(78,6)	9(21,4)					
Reprodução	19(70,4)	8(29,6)					
Ecologia trófica	13(56,5)	10(43,5)					

⁶**Outros objetivos:** Caça, Ciência cidadã, Comportamento, Alterações climáticas, Efeitos de Marcação, Fisiologia, Genética, Espécies invasoras, Morfologia, História natural, Parasitismo e Reintrodução.

		Durabilidade						
		Permanente(%)	Temporária(%)	36,98	<0,001	0,24	-	10
Impactos antrópicos		14(70)	6(30)					
Comportamento		6(46,1)	7(53,9)					
Demografia		129(63)	77(37)					
Dispersão		9(45)	11(55)					
Testes de marcação		64(44,4)	80(55,6)					
Padrão de movimento		15(37,5)	25(62,5)					
Outros ⁷		44(75,8)	14(24,2)					
Monitoramento populacional		13(48,1)	14(51,9)					
Tamanho populacional		28(66,6)	14(33,4)					
Reprodução		21(77,7)	6(22,3)					
Ecologia trófica		13(56,5)	10(43,5)					

⁷**Outros objetivos:** Caça, Ciência cidadã, Alterações climáticas, Efeitos de Marcação, Fisiologia, Genética, Espécies invasoras, Morfologia, História natural, Parasitismo e Reintrodução.

		Identidade das técnicas e objetivos (3º objetivo)					
Técnicas	Demografia						
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	198,97	<0,001	0,21	-	21
Marcação Acústica	1(0,5)	9,36(4,55)					
Bandas biológicas	1(0,5)	9,36(4,55)					
Métodos biológicos	1(0,5)	9,36(4,55)					
Métodos químicos	3(1,46)	9,36(4,55)					
Queima	8(3,88)	9,36(4,55)					
Colar	4(1,94)	9,36(4,55)					

Corte	9(4,36)	9,36(4,55)					
Marcação Dna	3(1,46)	9,36(4,55)					
Poeira	3(1,46)	9,36(4,55)					
Elastmero	13(6,31)	9,36(4,55)					
Esnalte	4(1,94)	9,36(4,55)					
Tinta	26(12,62)	9,36(4,55)					
Nitrogênio líquido	1(0,5)	9,36(4,55)					
Entalhe	5(2,42)	9,36(4,55)					
Outros	5(2,42)	9,36(4,55)					
Fotoidentificação	17(8,25)	9,36(4,55)					
Pit tag	16(7,76)	9,36(4,55)					
Anilha	33(16,01)	9,36(4,55)					
Etiqueta	27(13,1)	9,36(4,55)					
Fita	1(0,5)	9,36(4,55)					
Telemetria	10(4,85)	9,36(4,55)					
Amputação de falanges	15(7,3)	9,36(4,55)					
Testes de marcação							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	144,14	<0,001	-	0,21	22
Marcação Acústica	3(2,08)	6,26(4,35)					
Bandas	3(2,08)	6,26(4,35)					
Métodos biológicos	2(1,38)	6,26(4,35)					
Queima	3(2,08)	6,26(4,35)					
Métodos químicos	16(11,11)	6,26(4,35)					
Collar	2(1,38)	6,26(4,35)					
Corte	1(0,7)	6,26(4,35)					
Marcação Dna	6(4,17)	6,26(4,35)					
Poeira	4(2,8)	6,26(4,35)					
Elastômero	24(16,7)	6,26(4,35)					

Esmalte	1(0,7)	6,26(4,35)					
Tinta	12(8,34)	6,26(4,35)					
Isótopos	2(1,38)	6,26(4,35)					
Nitrogênio líquido	1(0,7)	6,26(4,35)					
Outros	2(1,38)	6,26(4,35)					
Fotoidentificação	18(12,5)	6,26(4,35)					
Pit tag	9(6,25)	6,26(4,35)					
Anilha	9(6,25)	6,26(4,35)					
Etiqueta	13(9,02)	6,26(4,35)					
Fita	1(0,7)	6,26(4,35)					
Tatuagem	3(2,08)	6,26(4,35)					
Telemetria	8(5,56)	6,26(4,35)					
Amputação de falanges	1(0,7)	6,26(4,35)					
Padrão de movimento							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	13,9	0,03	0,24	-	6
Demais técnicas ⁸	11(27,5)	5,72(14,29)					
Elastômero	4(10)	5,72(14,29)					
Tinta	11(27,5)	5,72(14,29)					
Fotoidentificação	4(10)	5,72(14,29)					
Pit tag	3(7,5)	5,72(14,29)					
Anilha	3(7,5)	5,72(14,29)					
Telemetria	4(10)	5,72(14,29)					
⁸ Demais técnicas: Queima, Métodos químicos, Corte, Marcação Dna, Poeira, Esmalte, Outros e Fita							
Técnicas e países de estudo (3º objetivo)							
Países – Estados unidos							
Técnica de marcação	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	94,33	<0,001	0,18	-	19
Amputação de falanges	10(8)	7,2(5)					
Anilha	1(0,8)	7,2(5)					

Bandas	2(1,6)	7,2(5)					
Métodos biológicos	1(0,8)	7,2(5)					
Corte	7(5,51)	7,2(5)					
Elastômero	14(11,02)	7,2(5)					
Entalhe	5(4)	7,2(5)					
Esmalte	1(0,8)	7,2(5)					
Etiqueta	14(11,02)	7,2(5)					
Fotoidentificação	9(7,1)	7,2(5)					
Marcação dna	2(1,6)	7,2(5)					
Nitrogênio líquido	1(0,8)	7,2(5)					
Outros	4(3,14)	7,2(5)					
Pit tag	12(9,5)	7,2(5)					
Poeira	3(2,36)	7,2(5)					
Queima	1(0,8)	7,2(5)					
Químico	11(8,7)	7,2(5)					
Tatuagem	1(0,8)	7,2(5)					
Telemetria	9(7,1)	7,2(5)					
Tinta	19(15)	7,2(5)					
Países - Austrália							
Técnica de marcação	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	10,69	0,15	-	-	7
Amputação de falanges	7(15,2)	5,75(12,5)					
Demais técnicas ⁹	12(26)	5,75(12,5)					
Elastômero	3(6,52)	5,75(12,5)					
Etiqueta	5(10,9)	5,75(12,5)					
Fotoidentificação	4(8,7)	5,75(12,5)					
Pit tag	7(15,2)	5,75(12,5)					
Químico	5(10,9)	5,75(12,5)					
Telemetria	3(6,52)	5,75(12,5)					
⁹ Demais técnicas: Corte, Marcação acústica, Marcação Dna, Outros, Tatuagem e Tinta.							
Países - Espanha							

	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	0	1	-	-	1
Anilha	7(50)	7(50)					
Demais técnicas ¹⁰	7(50)	7(50)					
¹⁰ Demais técnicas: Marcação acústica, Fotoidentificação, Marcação Dna, Pit tag, Queima e Tinta.							
Países – Brasil							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	1,14	0,28	-	-	1
Demais técnicas ¹¹	9(64,3)	7(50)					
Telemetria	5(35,7)	7(50)					
¹¹ Demais técnicas: Etiqueta, Amputação de falanges e Fotoidentificação.							
Países – Canadá							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	3,76	0,05	-	-	1
Anilha	3(23,07)	6,5(50)					
Demais técnicas ¹²	10(76,93)	6,5(50)					
¹² Demais técnicas: Elastômero, Colar, Amputação de falanges, Tinta e Telemetria.							
Ínvasividade							
Países	Não invasivas(%)	Invasivas(%)	30,40	<0,001	0.25	-	8
Australia	12(26,08)	34(73,92)					
Brasil	3(21,4)	11(78,6)					
Canadá	10(77)	3(23)					
Demais países ¹³	99(56)	78(44)					
Espanha	12(85,7)	2(14,3)					
Estados Unidos	68(47,3)	76(52,7)					
França	5(38,5)	8(61,5)					
Inglaterra	10(59)	7(41)					
Nova zelândia	7(43,75)	9(56,25)					
¹³ Demais técnicas: Argentina, Austria, Bélgica, Belize, Bósnia e Herzegovina, Bulgária, Chile, China, Colômbia, Costa Rica, Cuba, República Tcheca, Dinamarca, Ecuador, El Salvador, Etiópia, Finlândia, Guiana Francesa, Alemanha, Grécia, Guatemala, Holanda, Islândia, Ilha de Cousin, Índia, Indonésia, Irã, Irlanda, Itália, Jamaica, Japão, Laos, Little Cayman, Madagascar, Malásia, Maldivas, Mauritânia, México, Moçambique, Nova Caledônia, Noruega, Panamá, Paraguai, Filipinas, Polônia, Portugal, Porto Rico, Rússia, Escócia, Eslováquia, Eslovênia, África do Sul, Suécia, Tanzânia, Suíça, Trinidad e Tobago, Turquia, Uganda, Reino Unido e País de Gales.							

Tecnologia

Países	Não tecnológicas(%)	Tecnológicas(%)	3,68	0,15	-	-	2
Austrália	29(61,7)	17(38,3)					
Demais países ¹⁴	189(71,6)	75(28,4)					
Estados Unidos	111(77)	33(23)					

¹⁴ **Demais países:** Argentina, Austria, Bélgica, Belize, Bósnia e Herzegovina, Bulgária, Canadá, Chile, China, Colômbia, Costa Rica, Cuba, República Tcheca, Dinamarca, Ecuador, El Salvador, Etiópia, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Guiana Francesa, Alemanha, Grécia, Guatemala, Holanda, Islândia, Inglaterra, Ilha de Cousin, Índia, Indonésia, Irã, Irlanda, Itália, Jamaica, Japão, Laos, Little Cayman, Madagascar, Malásia, Maldivas, Mauritânia, México, Moçambique, Nova Caledônia, Nova Zelândia, Noruega, Panamá, Paraguai, Filipinas, Polónia, Portugal, Porto Rico, Rússia, Escócia, Eslováquia, Eslovênia, África do Sul, Suécia, Tanzânia, Suíça, Trinidad e Tobago, Turquia, Uganda, Reino Unido e País de Gales.

Durabilidade

Países	Permanente(%)	Temporária(%)	16,98	0,03	-	-	8
Austrália	30(65,2)	16(34,8)					
Brasil	9(64,3)	5(35,7)					
Canadá	8(61,5)	5(38,5)					
Demais países ¹⁵	111(62,7)	66(37,3)					
Espanha	11(78,5)	3(21,5)					
Estados Unidos	80(64,5)	64(35,5)					
França	10(77)	3(23)					
Inglaterra	4(23,5)	13(76,5)					
Nova Zelândia	7(43,7)	9(56,3)					

¹⁵ **Demais países:** Argentina, Austria, Bélgica, Belize, Bósnia e Herzegovina, Bulgária, Chile, China, Colômbia, Costa Rica, Cuba, República Tcheca, Dinamarca, Ecuador, El Salvador, Etiópia, Finlândia, Guiana Francesa, Alemanha, Grécia, Guatemala, Holanda, Islândia, Ilha de Cousin, Índia, Indonésia, Irã, Irlanda, Itália, Jamaica, Japão, Laos, Little Cayman, Madagascar, Malásia, Maldivas, Mauritânia, México, Moçambique, Nova Caledônia, Noruega, Panamá, Paraguai, Filipinas, Polónia, Portugal, Porto Rico, Rússia, Escócia, Eslováquia, Eslovênia, África do Sul, Suécia, Tanzânia, Suíça, Trinidad e Tobago, Turquia, Uganda, Reino Unido e País de Gales.

Biomass e técnicas (3º Objetivo)

Biomass	Técnicas		90,72	<0,001	-	-	12
	<i>Fotoidentificação</i>	<i>Pit tag</i>	Anilha	Etiqueta	Amputação de falanges		
Floresta temperada	14	20	12	10	6		

Floresta tropical	5	3	29	7	17		
Marinho	13	10	3	34	1		
Outros biomas	11	12	35	21	11		
Outros biomas: Água doce, chaparral, deserto, floresta de coníferas, pastagem, savana e tundra.							
Invasividade							
	Não invasiva(%)	Invasiva(%)	42,95	<0,001	0,26	-	9
Chaparral	34(85)	6(15)					
Floresta de coníferas	15(48,4)	16(51,6)					
Deserto	4(26,7)	11(73,3)					
Água doce	22(39,3)	34(60,7)					
Pastagem	13(59,1)	9(40,9)					
Marinho	36(38,7)	57(61,3)					
Savana	9(53)	8(47)					
Floresta Temperada	118(63,1)	69(36,9)					
Floresta tropical	49(55)	40(45)					
Tundra	19(42,2)	26(57,8)					
Tecnologia							
	Não tecnológica(%)	Tecnológica(%)	7,80	0,051	0,15	-	9
Marinho	80(86)	13(14)					
Outros biomas ¹⁷	214(94,7)	12(5,3)					
Floresta Temperada	170(91)	17(9)					
Floresta tropical	84(94,4)	5(5,6)					
¹⁷ Outros Biomas: Água doce, Chaparral, Deserto, Floresta de coníferas, Savana, Tundra.							
Durabilidade							
	Permanente(%)	Temporária(%)	74,23	<0,0001	0,35	-	9
Chaparral	12(30)	28(70)					
Floresta de coníferas	21(67,8)	10(32,2)					
Deserto	10(66,7)	5(33,3)					
Água doce	19(34)	37(66)					
Pastagem	11(50)	11(50)					
Marinho	55(59,1)	38(40,9)					

Savana	12(70,6)	5(29,4)
Floresta Temperada	55(29,4)	132(70,6)
Floresta tropical	62(69,7)	27(30,3)
Tundra	12(26,7)	33(73,3)

Aspectos espécie-específicos e identidade das técnicas (3º objetivo)

Técnicas de marcação

Características analisadas	Tinta		X ²	<i>p value</i>	V de Cramer	Phi	df
Classes zoológicas*	<i>Valores observados(%)</i>	<i>Valores esperados(%)</i>	105,88	<0,001	0,36	-	8
Actinopterygii	5(4,9)	11,4(11,17)					
Arachnida	2(2)	11,4(11,17)					
Aves	2(2)	11,4(11,17)					
Bivalvia	1(1)	11,4(11,17)					
Gastropoda	10(9,8)	11,4(11,17)					
Insecta	36(35,3)	11,4(11,17)					
Malacostraca	5(4,9)	11,4(11,17)					
Mammalia	26(25,5)	11,4(11,17)					
Reptilia	15(14,7)	11,4(11,17)					
	Anilha		X ²	<i>p value</i>	V de Cramer	Phi	df
	<i>Valores observados(%)</i>	<i>Valores esperados(%)</i>	131,01	<0,001	-	0,92	2
Aves	73(94,8)	25,7(33,3)					
Insecta	1(1,3)	25,7(33,3)					
Mammalia	3(3,9)	25,7(33,3)					
	Etiqueta		X ²	<i>p value</i>	V de Cramer	Phi	df
Actinopterygii	<i>Valores observados(%)</i>	<i>Valores esperados(%)</i>	93,42	<0,001	0,36	-	10
	8(11,4)	6,4(9,14)					

Amphibia	3(4,3)	6,4(9,14)					
Bivalvia	1(1,4)	6,4(9,14)					
Chondrichthyes	1(1,4)	6,4(9,14)					
Echinoidea	2(2,9)	6,4(9,14)					
Gastropoda	8(11,4)	6,4(9,14)					
Holothuroidea	3(4,3)	6,4(9,14)					
Insecta	2(2,9)	6,4(9,14)					
Malacostraca	6(8,6)	6,4(9,14)					
Mammalia	28(40)	6,4(9,14)					
Reptilia	8(11,4)	6,4(9,14)					
Pit tag							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	16,36	0,02	-	0,2 3	7
Actinopterygii	4(9,9)	5,5(12,5)					
Amphibia	12(27,27)	5,5(12,5)					
Aves	3(10,2)	5,5(12,5)					
Gastropoda	5(11,3)	5,5(12,5)					
Malacostraca	3(6,8)	5,5(12,5)					
Mammalia	5(11,3)	5,5(12,5)					
Outras classes ¹⁸	2(4,55)	5,5(12,5)					
Reptilia	10(22,7)	5,5(12,5)					
¹⁸ Outras classes: Echinoidea e Holothuroidea.							
Elastômero							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	51,76	<0,001	0,54	-	4
Actinopterygii	11(25,6)	8,6(20)					
Amphibia	26(60,5)	8,6(20)					
Clitellata	1(2,3)	8,6(20)					
Insecta	1(2,3)	8,6(20)					
Malacostraca	4(9,3)	8,6(20)					
Fotoidentificação							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	46,76	<0,001	0,39	-	7
Actinopterygii	1(2,4)	5,25(12,5)					

Amphibia	16(38,1)	5,25(12,5)					
Chondrichthyes	3(7,1)	5,25(12,5)					
Holothuroidea	2(4,8)	5,25(12,5)					
Insecta	1(2,4)	5,25(12,5)					
Malacostraca	1(2,4)	5,25(12,5)					
Mammalia	5(11,9)	5,25(12,5)					
Reptilia	13(31)	5,25(12,5)					
Toe Clipping							
	<i>Valores observados(%)</i>	<i>Valores esperados(%)</i>	10,11	0,006	-	0,3 8	2
Amphibia	20(58,8)	11.4(33,5)					
Mammalia	6(17,6)	11.4(33,5)					
Reptilia	8(23,5)	11.4(33,5)					
Métodos químicos							
	<i>Valores observados(%)</i>	<i>Valores esperados(%)</i>	18,8	<0,001	-	0,4 5	3
Actinopterygii	10(3,.3)	7,5(25)					
Amphibia	3(10)	7,5(25)					
Bivalvia	1(3,3)	7,5(25)					
Insecta	16(53,3)	7,5(25)					
Telemetria							
	<i>Valores observados(%)</i>	<i>Valores esperados(%)</i>	17,33	0,001	0,38	-	4
Aves	4(13,3)	6(20)					
Chondrichthyes	3(10)	6(20)					
Mammalia	15(50)	6(20)					
Outras classes ¹⁹	3(10)	6(20)					
Reptilia	5(16,7)	6(20)					
¹⁹ Outras classes: Actinopterygii, Insecta e Malacostraca.							
Identidade das técnicas e classes zoológicas (3º objetivo)							
Mammalia							

Marking Techniques	<i>Valores observados(%)</i>	<i>Valores esperados(%)</i>	143,97	<0,001	-	0,3 2	13
Bandas	3(2,91)	7,35(7,16)					
Colar	2(1,95)	7,35(7,16)					
Corte	1(0,97)	7,35(7,16)					
Marcação Dna	2(1,95)	7,35(7,16)					
Tinta	26(25,2)	7,35(7,16)					
Nitrogênio líquido	1(0,97)	7,35(7,16)					
Outros	3(2,91)	7,35(7,16)					
Fotoidentificação	5(4,85)	7,35(7,16)					
Pit tag	5(4,85)	7,35(7,16)					
Anilha	3(2,91)	7,35(7,16)					
Tag	28(27,2)	7,35(7,16)					
Tatuagem	3(2,91)	7,35(7,16)					
Telemetria	15(14,6)	7,35(7,16)					
Amputação de falanges	6(5,82)	7,35(7,16)					
	Insecta						
	<i>Valores observados(%)</i>	<i>Valores esperados(%)</i>	227,3	<0,001	-	0,4 1	15
Métodos biológicos	3(3,70)	5,43(6,25)					
Queima	3(3,70)	5,43(6,25)					
Métodos químicos	16(19,7)	5,43(6,25)					
Corte	1(1,23)	5,43(6,25)					
Marcação Dna	2(2,47)	5,43(6,25)					
Poeira	10(12,34)	5,43(6,25)					
Elastômero	1(1,23)	5,43(6,25)					
Esmalte	3(3,70)	5,43(6,25)					
Tinta	36(44,4)	5,43(6,25)					
Isótopos	2(2,47)	5,43(6,25)					
Outros	3(3,70)	5,43(6,25)					
Fotoidentificação	1(1,23)	5,43(6,25)					

Anilha	1(1,23)	5,43(6,25)					
Etiqueta	2(2,47)	5,43(6,25)					
Fita	2(2,47)	5,43(6,25)					
Telemetria	1(1,23)	5,43(6,25)					
Aves							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	422,26	<0,001	-	0,7 4	8
Marcação acústica	4(5,34)	10,44(33,33)					
Bandas	2(2,67)	10,44(33,33)					
Colar	3(4)	10,44(33,33)					
Marcação Dna	2(2,67)	10,44(33,33)					
Esmalte	1(1,3)	10,44(33,33)					
Tinta	2(2,67)	10,44(33,33)					
Pit tag	3(4)	10,44(33,33)					
Anilha	73(97,3)	10,44(33,33)					
Telemetria	4(5,3)	10,44(33,33)					
Amphibia							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	88,88	<0,001	-	0,3 3	9
Queima	2(2,81)	8,6(10)					
Colar	1(1,40)	8,6(10)					
Marcação Dna	1(1,40)	8,6(10)					
Elastômero	26(36,6)	8,6(10)					
Fotoidentificação	16(22,5)	8,6(10)					
Pit tag	12(16,9)	8,6(10)					
Etiqueta	3(4,22)	8,6(10)					
Tatuagem	2(2,81)	8,6(10)					
Amputação de falanges	20(28,16)	8,6(10)					
Reptilia							

	<i>Valores observados(%)</i>	<i>Valores esperados(%)</i>	23,8	0,004	-	<i>0,18</i>	9
Queima	2(3,92)	7,5(10)					
Corte	5(9,8)	7,5(10)					
Tinta	15(29,41)	7,5(10)					
Entalhe	8(15,7)	7,5(10)					
Outros	1(1,96)	7,5(10)					
Fotoidentificação	13(25,5)	7,5(10)					
Pit tag	10(19,6)	7,5(10)					
Etiqueta	8(15,7)	7,5(10)					
Telemetria	5(9,8)	7,5(10)					
Amputação de falanges	8(15,7)	7,5(10)					
Invasividade							
	<i>Não invasiva(%)</i>	<i>Invasiva(%)</i>	85,14	<0,001	0,38	-	8
Actinopterygii	18(37,5)	30(62,5)					
Amphibia	44(51,2)	42(48,8)					
Aves	87(92,5)	7(7,5)					
Gastropoda	17(56,7)	13(43,3)					
Insecta	62(71,2)	25(28,8)					
Malacostraca	12(44,4)	15(55,6)					
Mammalia	44(42,7)	59(57,3)					
Outras classes ²⁰	13(48,1)	14(51,9)					
Reptilia	29(38,7)	46(61,3)					
²⁰ Outras classes: Arachnida, Bivalvia, Chondrichthyes, Clitellata, Diplopoda, Echinoidea e Holothuroidea.							
Tecnologia							
	<i>Não tecnologica(%)</i>	<i>Tecnológica(%)</i>	26,81	<0,05	0,21	-	8
Actinopterygii	42(87,5)	6(12,5)					
Amphibia	57(66,3)	29(33,7)					
Aves	81(86,2)	13(13,8)					
Gastropoda	25(83,4)	5(16,6)					
Insecta	77(88,5)	10(11,5)					
Malacostraca	21(77,8)	6(22,2)					
Mammalia	76(73,8)	27(26,2)					

Outras classes ²¹	16(59,3)	11(40,7)					
Reptilia	47(62,7)	28(37,3)					
²¹ Outras classes: Arachnida, Bivalvia, Chondrichthyes, Clitellata, Diplopoda, Echinoidea e Holothuroidea.							
Durabilidade							
	Permanente(%)	Temporária(%)	113,68	<0,05	0,44	-	9
Actinopterygii	20(41,7)	28(58,3)					
Amphibia	53(50)	53(50)					
Aves	78(83)	16(17)					
Gastropoda	13(43,4)	17(56,6)					
Insecta	13(15)	74(85)					
Malacostraca	16(59,2)	11(40,8)					
Mammalia	54(52,4)	49(47,6)					
Outras classes ²²	14(52)	13(48)					
Reptilia	54(72)	21(28)					
²² Outras classes: Arachnida, Bivalvia, Chondrichthyes, Clitellata, Diplopoda, Echinoidea e Holothuroidea.							
Status de conservação e identidade das técnicas							
LC							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	416,55	<0,001	0,24	-	20
Amputação de Falanges	26(7,76)	15,95(4,7)					
Anilha	55(16,4)	15,95(4,7)					
Banda	4(1,2)	15,95(4,7)					
Colar	6(1,8)	15,95(4,7)					
Corte	7(2)	15,95(4,7)					
Elastômero	29(8,6)	15,95(4,7)					
Entalhe	1(0,3)	15,95(4,7)					
Esmalte	2(0,6)	15,95(4,7)					
Etiqueta	42(12,5)	15,95(4,7)					
Fita	1(0,3)	15,95(4,7)					
Fotoidentificação	13(3,9)	15,95(4,7)					
Marcação Acústica	2(0,59)	15,95(4,7)					
Marcação DNA	3(0,9)	15,95(4,7)					

		VU						
		Valores observados	Valores	4,85	0,67	-	0,1	7
		(%)	esperados(%)				3	
Anilha		5(12,2)	5,12(12,5)					
Demais técnicas ²³		6(14,6)	5,12(12,5)					
Elastômero		4(9,7)	5,12(12,5)					
Etiqueta		5(12,2)	5,12(12,5)					
Fotoidentificação		8(19,5)	5,12(12,5)					
Pit tag		2(4,9)	5,12(12,5)					
Telemetria		7(17,01)	5,12(12,5)					
Tinta		4(9,7)	5,12(12,5)					
²³ Demais técnicas: Colar, Corte, Esmalte, Entalhe, Marcação acústica, Marcação Dna.								
Invasividade								
		Invasiva(%)	Não invasiva(%)	10,03	0,07	-	-	5
EN		21(67,7)	11(32,3)					
LC		158(47,16)	177(52,84)					
NE		44(37,6)	73(62,4)					
NT		10(38,5)	16(61,5)					
Outros status ²⁴		13(54,2)	11(45,8)					
VU		17(41,5)	24(58,5)					
²⁴ Outros status: CR, DD.								
Tecnologia								
		Tecnológica(%)	Não Tecnológica(%)	32,92	<0,001	-	0,2	5
EN		12(37,5)	20(62,5)				3	
LC		63(18,8)	272(81,2)					
NE		20(17,09)	97(82,91)					
NT		13(50)	13(50)					
Outros status ²⁵		7(29,16)	17(70,84)					
VU		19(46,34)	22(53,6)					
²⁵ Outros status: CR, DD.								
Durability								
		Permanente(%)	Temporária(%)	18,99	0,001	-	0,1	5
							8	

EN	26(81,25)	6(18,75)					
LC	208(62,08)	127(37,92)					
NE	55(47)	62(53)					
NT	20(77)	6(23)					
Outros status ²⁶	12(50)	12(50)					
VU	24(58,5)	17(41,5)					
²⁶ Outros status: CR, DD.							
Grupo zoológico e características das técnicas (3º objetivo)							
Grupo zoológico	Invasividade						
	Não invasiva(%)	Invasiva(%)	1,12	0,28	-	-	
Vertebrado	222(53,23)	195(46,77)					
Invertebrado	96(58,53)	68(41,47)					
	Tecnologia						
	Não tecnológica(%)	Tecnológica(%)	9,14	0,002	-	0,1 2	1
Vertebrado	305(73,6)	112(26,4)					
Invertebrado	140(86,5)	24(13,5)					
	Durabilidade						
	Permanente(%)	Temporária(%)	54,77	<0,001	0,30	-	1
Vertebrado	268(64,3)	149(35,7)					
Invertebrado	49(29,9)	115(70,1)					
	Padrão de distribuição e características das técnicas (3º objetivo)						
	Invasividade						
Padrão de distribuição	Não invasiva(%)	Invasiva(%)	4,95	0,02	-	0,1 7	1
Endêmica	92(50,8)	89(49,2)					
Não endêmica	236(61,1)	150(38,9)					
	Tecnologia						
	Não tecnológica(%)	Tecnológica(%)	0,04	0,82	-	-	1
Endêmica	141(74,6)	48(25,4)					
Não endêmica	292(75,1)	93(24,1)					

	Durabilidade						
	Permanente(%)	Temporária(%)	0,58	0,44	-	-	1
Endêmica	91(51,9)	98(48,1)					
Não endêmica	200(52)	185(48)					
	Estágio de vida e característica das técnicas (3º objetivo)						
Estágio de vida	Invasividade						
	Não invasivo(%)	Invasiva(%)	4,99	0,08	-	-	2
Juvenil	26(42,7)	28(57,3)					
Adulto	125(55)	102(45)					
Ambos	24(39,4)	37(60,6)					
	Tecnologia						
	Não tecnológica(%)	Tecnológica(%)	3,05	0,21	-	-	2
Juvenil	44(81,5)	10(18,5)					
Adulto	164(72,2)	63(27,8)					
Ambos	41(67,2)	20(32,8)					
	Durabilidade						
Estágio de vida	Permanente(%)	Temporária (%)	4,13	0,12	-	-	2
Juvenil	29(53,7)	25(46,3)					
Adulto	112(49,3)	115(50,7)					
Ambos	39(64)	22(36)					
	Hábito de vida e característica das técnicas (3º objetivo)						
Hábito de vida	Não Invasiva(%)	Invasiva(%)	41,63	0,08	0,26	-	2
Aquático	48(38)	78(62)					
Semiaquático	53(42,7)	71(57,3)					
Terrestre	219(67,1)	107(32,9)					
	Tecnológica						
	Não tecnológica(%)	Tecnológica(%)	3,05	0,21	-	-	2
Aquático	91(72,2)	35(27,8)					

Semiaquático	95(76,7)	29(23,3)					
Terrestre	260(79,8)	66(20,2)					
Durabilidade							
	Permanente(%)	Temporária(%)	4,13	0,12	-	-	2
Aquático	74(58,8)	52(41,2)					
Semiaquático	68(54,9)	56(45,1)					
Terrestre	176(54)	150(46)					
Tópicos especiais e identidade das técnicas (3º objetivos)							
Tinta							
Vantagens relatadas	<i>Valores observados(%)</i>	<i>Valores esperados(%)</i>	11	0,27	-	-	9
Variedade de cor	5(9,1)	5,5(10)					
Marcação complementar	3(5,5)	5,5(10)					
Fácil aplicação	8(14,5)	5,5(10)					
Fácil visibilidade	5(9,1)	5,5(10)					
Menor invasividade	3(5,5)	5,5(10)					
Baixo custo	3(5,5)	5,5(10)					
Comparação de marcação	6(10,9)	5,5(10)					
Testes de marcação	7(12,7)	5,5(10)					
Outras vantagens ²⁷	4(7,3)	5,5(10)					
Testes anteriores	11(20)	5,5(10)					
²⁷ Outras vantagens: Alta eficiência, Baixa mortalidade, Aproveitamento de estudo anterior e curto período de amostragem.							
Anilha							
	<i>Valores observados(%)</i>	<i>Valores esperados(%)</i>	5,57	0,23	-	-	4
Variedade de cor	3(10,7)	5,6(20)					

Marcação complementar	3(10,7)	5,6(20)
Fácil visibilidade	9(32,1)	5,6(20)
Longa duração	5(17,9)	5,6(20)
Outras vantagens ²⁸	8(28,6)	5,6(20)

²⁸ **Outras vantagens:** Método físico, Alta eficiência, Comparação de marcação, Teste de marcação, Testes anteriores.

Etiqueta		Valores esperados(%)	36,71	<0,001	0,25	9
	Valores observados(%)					
Marcação complementar	2(3,2)	6,2(10)				
Fácil aplicação	9(14,5)	6,2(10)				
Fácil visibilidade	3(4,8)	6,2(10)				
Menor invasividade	2(3,2)	6,2(10)				
Baixo custo	2(3,2)	6,2(10)				
Comparação de marcação	6(9,7)	6,2(10)				
Testes de marcação	12(19,4)	6,2(10)				
Outras vantagens ²⁹	4(6,5)	6,2(10)				
Testes anteriores	17(27,4)	6,2(10)				
Aproveitamento de estudo anterior	5(8,1)	6,2(10)				

²⁹ **Outras vantagens:** Variação de cores, fácil detectabilidade, Alta eficiência e Baixa mortalidade.

Pit tag		Valores esperados(%)	14,22	0,06	-	-	7
	Valores observados(%)						
Marcação complementar	3(7,3)	5,1(12,4)					
Menor invasividade	4(9,8)	5,1(12,4)					
Longa duração	4(9,8)	5,1(12,4)					

Comparação de marcação	3(7,3)	5,1(12,4)
Testes de marcação	3(7,3)	5,1(12,4)
Outras vantagens ³⁰	12(29,3)	5,1(12,4)
Potencial tecnológico	4(9,8)	5,1(12,4)

³⁰ **Outras vantagens:** Diferenciação de idade, dados de movimento, Fácil aplicação, Fácil detecção, Métodos físicos, Alta eficiência, Testes anteriores, Aproveitamento de estudo anterior, Uso de tecido biológico.

Elastômero

	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	9,09	0,24	-	-	7
<i>Varição de cor</i>	3(6,8)	5,5(12,5)					
<i>Fácil aplicação</i>	3(6,8)	5,5(12,5)					
<i>Fácil visibilidade</i>	4(9,1)	5,5(12,5)					
Menor invasividade	6(13,6)	5,5(12,5)					
Comparação de marcação	7(15,9)	5,5(12,5)					
Testes de marcação	6(13,6)	5,5(12,5)					
Outras vantagens ³¹	4(9,1)	5,5(12,5)					
Testes anteriores	11(25)	5,5(12,5)					

³¹ **Outras vantagens:** Comportamento do animal, Fácil detectabilidade, Alta eficiência e Baixo custo.

Fotoidentificação

	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	10,5	0,23	-	-	8
Marcação complementar	3(6,3)	5,3(11)					
<i>Fácil aplicação</i>	3(6,3)	5,3(11)					
Menor invasividade	8(16,7)	5,3(11)					

Testes de marcação	10(20,8)	5,3(11)					
Testes anteriores	5(10,4)	5,3(11)					
Aproveitamento de estudo anterior	2(4,2)	5,3(11)					
Marcas naturais da espécie	6(12,5)	5,3(11)					
Potencial tecnológico	7(14,6)	5,3(11)					
Amputação de falanges							
	<i>Valores observados(%)</i>	<i>Valores esperados(%)</i>	8,06	0,08	-	-	4
<i>Comparação de marcação</i>	4(13,8)	5,8(20)					
Testes de marcação	3(10,3)	5,8(20)					
Outras vantagens ³²	9(31)	5,8(20)					
Testes anteriores	3(10,3)	5,8(20)					
Aproveitamento de estudo anterior	3(10,3)	5,8(20)					
³² Outras vantagens: Marcação complementar, Fácil aplicação, Efeitos de marcação.							
Métodos químicos							
	<i>Valores observados(%)</i>	<i>Valores esperados(%)</i>	2,35	0,79	-	-	5
Fácil visibilidade	5(14,7)	5,66(16,7)					
Menor invasividade	7(20,6)	5,66(16,7)					
Baixo custo	3(8,8)	5,66(16,7)					
Teste de marcação	7(20,6)	5,66(16,7)					
Outras vantagens ³³	7(20,6)	5,66(16,7)					
Testes anteriores	5(14,7)	5,66(16,7)					

³³**Outras vantagens:** Fácil aplicação, Longa duração e Comparação de marcação.

		Telemetria						
		Valores <i>observados</i> (%)	Valores esperados(%)	7,65	0,26	-	-	6
Fácil detectabilidade	6(14,6)	5,85(14,3)						
Comparação de marcação	3(7,3)	5,85(14,3)						
Testes de marcação	3(7,3)	5,85(14,3)						
Deteccção de movimento	5(12,2)	5,85(14,3)						
Outras vantagens ³⁴	9(22)	5,85(14,3)						
Testes anteriores	10(24,4)	5,85(14,3)						
Potencial tecnológico	5(12,2)	5,85(14,3)						

³⁴**Outras vantagens:** Marcação complementar, Fácil aplicação, Fácil visibilidade, Menor invasividade e Baixo custo.

		Invasividade						
		Não invasiva(%)	Invasiva(%)	25,88	0,01	-	-	13
Varição de cor	11(73,4)	4(26,6)						
Marcação complementar	13(48,14)	14(51,86)						
Fácil aplicação	22(52,4)	20(47,6)						
Fácil detectabilidade	2(16,7)	10(83,3)						
Fácil visibilidade	21(61,8)	13(38,2)						
Menor invasividade	28(65,11)	15(34,89)						
Longa duração	8(53,4)	7(46,6)						
Baixo custo	8(40)	12(60)						
Comparação de marcação	20(52,6)	18(47,4)						
Testes de marcação	41(54,7)	34(45,3)						

Outras vantagens ³⁵	16(40)	24(60)					
Testes anteriores	37(36)	66(64)					
Aproveitamento de estudo anterior	5(45,4)	6(54,6)					
Potencial tecnológico	10(52,7)	9(47,3)					
³⁵ Outras vantagens: Diferenciação de idade, Comportamento, Método físico, Herdabilidade, Alta eficiência, Baixa mortalidade, Efeito de marcação, detecção de movimento, Curto período de amostragem, marcas naturais da espécie e Uso de tecido biológico.							
	Tecnologia						
	Não tecnológica(%)	Tecnológica(%)	55,28	0,003	0,33	-	9
<i>Marcação complementar</i>	18(66,7)	9(33,3)					
Fácil aplicação	33(78,5)	9(21,5)					
Fácil visibilidade	31(91,1)	3(8,9)					
Menor invasividade	26(60,4)	17(39,6)					
Baixo custo	18(90)	2(10)					
<i>Comparação de marcação</i>	31(81,5)	7(12,5)					
Testes de marcação	51(68)	24(32)					
Outras vantagens ³⁶	55(59,1)	38(40,9)					
Testes anteriores	78(75,7)	25(24,3)					
Potencial tecnológico	2(10,5)	17(89,5)					
³⁵ Outras vantagens: Diferenciação de idade, Comportamento, Variação de cor, Fácil detectabilidade, Método físico, Herdabilidade, Alta eficiência, Longa duração, Baixa mortalidade, Efeito de marcação, detecção de movimento, Aproveitamento de estudo anterior, Curto período de amostragem, marcas naturais da espécie e Uso de tecido biológico.							
	Durabilidade						
	Permanente(%)	Temporária(%)	23,59	0,21	-	-	13
Variação de cor	5(33,4)	10(66,6)					

<i>Marcação complementar</i>	19(70,4)	8(29,6)
Fácil aplicação	20(47,7)	22(52,3)
Fácil detectabilidade	5(41,7)	7(58,3)
Fácil visibilidade	14(41,1)	20(58,9)
Menor invasividade	18(41,9)	25(58,1)
Longa duração	13(86,7)	2(13,3)
Baixo custo	9(45)	11(55)
<i>Comparação de marcação</i>	16(42,1)	22(57,9)
Testes de marcação	37(49,4)	38(50,6)
Outras vantagens ³⁶	24(60)	16(40)
Testes anteriores	57(55,3)	46(44,7)
Aproveitamento de estudo anterior	8(72,8)	3(27,2)
Potencial tecnológico	12(63,1)	7(36,9)

³⁶**Outras vantagens:** Diferenciação de idade, Comportamento, Métodos físicos, Herdabilidade, Alta eficiência, Baixa mortalidade, Efeitos de marcação, Detecção de movimento, Curto período de amostragem, Marcas naturais das espécies e Uso de tecido biológico.

Tinta

Desvantagens	Valores observados (%)	Valores esperados (%)	5,87	0,35	-	-	5
<i>Baixa visibilidade</i>	4(12,5)	5,4(17)					
Aplicação demorada	2(6,3)	5,4(17)					
Baixa eficiência	4(12,5)	5,4(17)					
Outras desvantagens ³⁷	7(21,9)	5,4(17)					
Perda de marca	9(28,1)	5,4(17)					

Uso restrito por tamanho	6(18,8)	5,4(17)					
³⁷ Outras vantagens: Mudança de comportamento, Aplicação trabalhosa, Manipulação excessiva, Erro humano, Curta duração, Curta duração em juvenis e Marcas naturais das espécies.							
Anilha							
	Valores observados (%)	Valores esperados(%)	3,76	0,18	-	-	1
Trauma físico	10(76,9)	6,5(50)					
Outras desvantagens ³⁸	3(23,1)	6,5(50)					
³⁸ Outras vantagens: Comportamento, Morte, Erro humano, difícil visibilidade, baixa detectabilidade e perda de marca.							
Etiqueta							
	Valores observados (%)	Valores esperados(%)	29,6	<0,001	0,37	-	6
Morte	3(8,6)	5(14,3)					
Difícil aplicação	2(5,7)	5(14,3)					
Baixa eficiência	4(1,4)	5(14,3)					
Outras desvantagens ³⁹	5(14,3)	5(14,3)					
Trauma físico	2(5,7)	5(14,3)					
Perda de marca	16(45,7)	5(14,3)					
Uso restrito por tamanho	3(8,6)	5(14,3)					
³⁹ Outras desvantagens: Comportamento, Difícil visibilidade, Alta invasividade, Curta duração e Curta duração em juvenis.							
Pit tag							
	Valores observados (%)	Valores esperados(%)	1,88	0,22	-	-	2
Outras vantagens ⁴⁰	7(41,2)	5,7(33,5)					
Trauma físico	7(41,2)	5,7(33,5)					
Uso restrito por tamanho	3(17,6)	5,7(33,5)					
⁴⁰ Outras desvantagens: Comportamento, Perda de marca e Baixa detectabilidade.							
Elastômeros							

	Valores observados (%)	Valores esperados(%)	15,23	<0,001	0,44	-	3
Baixa visibilidade	2(7,7)	6,5(25)					
Alta invasividade	2(7,7)	6,5(25)					
Outras desvantagens ⁴¹	8(30,8)	6,5(25)					
Perda de marca	14(53,8)	6,5(25)					
⁴¹ Outras desvantagens: Comportamento, Manipulação excessiva, Alto custo, Erro humano, Baixa eficiência, Mobilidade reduzida, Redução de sobrevivência e Uso restrito por tamanho.							
Fotoidentificação							
	Valores observados (%)	Valores esperados(%)	0,81	0,28	-	-	1
Baixa qualidade de fotos	4(36,4)	5,5(50)					
Outras desvantagens ⁴²	7(63,6)	5,5(50)					
⁴² Outras desvantagens: Difícil visibilidade, Manipulação excessiva, Erro humano e Aplicação demorada.							
Amputação de falanges							
	Valores observados (%)	Valores esperados(%)	4,57	0,17	-	-	1
Outras desvantagens ⁴³	11(78,6)	7(50)					
Trauma físico	3(21,4)	7(50)					
⁴³ Outras desvantagens: Morte, Alta invasividade, Erro humano, Baixa detectabilidade, Baixa taxa de recaptura, Curta duração em juvenis, perda de marca e uso restrito por tamanho.							
Métodos químicos							
	Valores observados (%)	Valores esperados(%)	0,81	0,21	-	-	1
Baixa eficiência	4(36,4)	5,5(50)					
Outras desvantagens ⁴⁴	7(63,6)	5,5(50)					
⁴⁴ Outras desvantagens: Efeitos negativos na dispersão, Efeitos negativos na reprodução, Perda de marcas e Uso restrito por tamanho.							
Invasividade							
	Não invasiva(%)	Invasiva(%)	5,16	0,08	-	-	4

Baixa eficiência	7(43,7)	9(56,3)
Outras desvantagens ⁴⁵	54(58,7)	38(41,3)
Trauma físico	5(64,3)	9(35,7)
Perda de marca	42(61,7)	26(38,3)
Uso restrito por tamanho	13(48,1)	14(51,9)

⁴⁵**Outras desvantagens:** Comportamento, Mudança de comportamento, Morte, Difícil aplicação, Difícil visibilidade, Manipulação excessiva, Alto custo, Alta invasividade, Erro humano, Baixa detectabilidade, Baixa qualidade de fotos, Baixa taxa de recaptura, Efeito negativo na dispersão, Efeito negativo na reprodução, Mobilidade reduzida, Curta duração, Curta duração em juvenis, Marcas naturais das espécies e Redução de sobrevivência.

	Tecnologia		1,51	0,10	-	-	2
	Não tecnológica(%)	Tecnológica(%)					
Outras desvantagens ⁴⁶	86(70,5)	36(29,5)					
Trauma físico	51(75)	17(25)					
Uso restrito por tamanho	22(81,5)	5(18,5)					

⁴⁶**Outras desvantagens:** Baixa eficiência, Comportamento, Mudança de comportamento, Morte, Difícil aplicação, Difícil visibilidade, Manipulação excessiva, Alto custo, Alta invasividade, Erro humano, Baixa detectabilidade, Baixa qualidade de fotos, Baixa taxa de recaptura, Efeito negativo na dispersão, Efeito negativo na reprodução, Mobilidade reduzida, Curta duração, Curta duração em juvenis, Marcas naturais das espécies, Perda de marca, Trauma físico e Redução de sobrevivência.

	Durabilidade		14,02	<0,001	0,25	-	3
	Permanente(%)	Temporária(%)					
Outras desvantagens ⁴⁷	50(46,3)	58(53,7)					
Trauma físico	7(50)	7(50)					
Perda de marca	16(23,5)	52(86,5)					
Uso restrito por tamanho	16(59,2)	11(40,8)					

⁴⁷**Outras desvantagens:** : Baixa eficiência, Comportamento, Mudança de comportamento, Morte, Difícil aplicação, Difícil visibilidade, Manipulação excessiva, Alto custo, Alta invasividade, Erro humano, Baixa detectabilidade, Baixa qualidade de fotos, Baixa taxa de recaptura, Efeito negativo na dispersão, Efeito negativo na reprodução, Mobilidade reduzida, Curta duração, Curta duração em juvenis, Marcas naturais das espécies, Redução de sobrevivência.

Outras relações avaliadas							
Classes e biomas estudados							
Biomas							
Classes	Floresta temperada		139,73	<0,001	-	0,2 7	9
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)					
Actinopterygii	3(2)	14,09(9,09)					
Amphibia	34(23,9)	14,09(9,09)					
Arachnida	3(2)	14,09(9,09)					
Aves	15(9,7)	14,09(9,09)					
Diplopoda	1(0,6)	14,09(9,09)					
Enthognatha	1(0,6)	14,09(9,09)					
Gastropoda	13(8,4)	14,09(9,09)					
Insecta	34(22)	14,09(9,09)					
Malacostraca	5(3,22)	14,09(9,09)					
Mammalia	33(21,3)	14,09(9,09)					
Reptilia	10(6,45)	14,09(9,09)					
Marinho							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	22,13	0,01	-	0,1 9	10
Actinopterygii	8(13,4)	5,54(10)					
Aves	4(6,7)	5,54(10)					
Bivalvia	2(3,4)	5,54(10)					
Chondrichthyes	5(8,4)	5,54(10)					
Echinoidea	1(1,67)	5,54(10)					
Gastropoda	10(16,7)	5,54(10)					
Holothuroidea	4(6,7)	5,54(10)					
Malacostraca	11(18,4)	5,54(10)					
Mammalia	7(11,7)	5,54(10)					
Reptilia	8(13,4)	5,54(10)					
Floresta tropical							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	71,94	<0,001	-		
Actinopterygii	1(1,3)	9,75(12,5)					

Amphibia	18(23,07)	9,75(12,5)					
Arachnida	1(1,3)	9,75(12,5)					
Aves	29(37,2)	9,75(12,5)					
Gastropoda	1(1,3)	9,75(12,5)					
Insecta	7(9)	9,75(12,5)					
Mammalia	14(19)	9,75(12,5)					
Reptilia	7(9)	9,75(12,5)					
Água doce							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	54	<0,001	0,43	-	7
Actinopterygii	19(47,5)	5(12,5)					
Amphibia	8(20)	5(12,5)					
Aves	1(2,5)	5(12,5)					
Clitellata	1(2,5)	5(12,5)					
Gastropoda	1(2,5)	5(12,5)					
Malacostraca	5(12,5)	5(12,5)					
Mammalia	1(2,5)	5(12,5)					
Reptilia	4(10)	5(12,5)					
Demografia							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	310,73	<0,001	-	0,50	6
CR	7(3,46)	28,85(14,3)					
DD	1(0,5)	28,85(14,3)					
EN	13(6,43)	28,85(14,3)					
LC	112(55,44)	28,85(14,3)					
NE	4(1,98)	28,85(14,3)					
NT	12(5,94)	28,85(14,3)					
VU	17(8,41)	28,85(14,3)					
Teste de marcação							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	184,84	<0,001	-	0,51	6
CR	3(2,56)	16,71(14,3)					
DD	1(0,85)	16,71(14,3)					

EN	7(5,98)	16,71(14,3)					
LC	64(54,70)	16,71(14,3)					
NE	28(23,93)	16,71(14,3)					
NT	5(4,27)	16,71(14,3)					
VU	9(7,69)	16,71(14,3)					
Efeito de marcação							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	65,44	<0,001	-	0,55	4
EN	6(11,11)	10,8(20)					
LC	34(63)	10,8(20)					
NE	9(16,7)	10,8(20)					
NT	4(7,40)	10,8(20)					
VU	1(1,85)	10,8(20)					
Padrão de movimento							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	31,66	<0,001	-	0,37	5
DD	1(2,22)	7,5(16,67)					
EN	2(4,44)	7,5(16,67)					
LC	16(35,56)	7,5(16,67)					
NE	16(35,56)	7,5(16,67)					
NT	3(6,67)	7,5(16,67)					
VU	7(15,56)	7,5(16,67)					
Tamanho populacional							
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	88,81	<0,001	-	0,58	4
EN	3(4,7)	12,8(20)					
LC	41(64,06)	12,8(20)					
NE	16(25)	12,8(20)					
NT	1(1,57)	12,8(20)					
VU	3(4,7)	12,8(20)					
Classes em relação aos status de conservação (outras relações)							

		LC						
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	139,67	<0,001	0,25	-		8
Actinopterygii	18(6,6)	30,44(11,12)						
Amphibia	49(17,9)	30,44(11,12)						
Aves	55(20,07)	30,44(11,12)						
Gastropoda	13(4,74)	30,44(11,12)						
Insecta	27(9,85)	30,44(11,12)						
Malacostraca	9(3,3)	30,44(11,12)						
Mammalia	70(25,54)	30,44(11,12)						
Outras classes ⁴⁸	2(0,72)	30,44(11,12)						
Reptilia	31(11,31)	30,44(11,12)						
⁴⁸ Outras classes: Chondrichthyes e Holothuroidea.								
		NE						
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	240,13	<0,001	0,46	-		12
Actinopterygii	7(7,44)	7,23(7,7)						
Amphibia	2(2,12)	7,23(7,7)						
Arachnida	3(3,19)	7,23(7,7)						
Aves	9(9,6)	7,23(7,7)						
Bivalvia	2(2,12)	7,23(7,7)						
Clitellata	1(1,06)	7,23(7,7)						
Echinoidea	1(1,06)	7,23(7,7)						
Gastropoda	7(7,44)	7,23(7,7)						
Holothuroidea	1(1,06)	7,23(7,7)						
Insecta	46(48,9)	7,23(7,7)						
Malacostraca	8(8,51)	7,23(7,7)						
Mammalia	1(1,06)	7,23(7,7)						
Reptilia	6(6,38)	7,23(7,7)						
		VU						
	Valores observados(%)	Valores esperados(%)	5,92	0,20	-	-		4
Chondrichthyes	3(10,71)	7,23(20)						
Insecta	4(14,3)	7,23(20)						
Mammalia	7(25)	7,23(20)						

Outras classes ⁴⁹	10(35,7)	7,23(20)
Reptilia	4(14,3)	7,23(20)

⁴⁹Outras classes: Actinopterygii, Amphibia, Aves, Gastropoda e Malacostraca.

1054

1055 **Tabela S4:** Regressões logísticas multinomiais realizadas para o período de amostragem e Número de indivíduos em relação à identidade das técnicas.

Regressões logísticas multinomiais: Período de amostragem e identidade das técnicas ¹					
Característica ²	OR ¹	95%	CI ¹	p	
Anilha					
Períodoamos ⁴	1,01	1,00	1,02	0,007	
Elastômero					
Períodoamos	1,01	1,00	1,02	0,2	
Etiqueta					
Períodoamos	1,01	1,00	1,02	0,016	
Fotoidentificação					
Períodoamos	1,01	1,00	1,02	0,2	
Pit tag					
Períodoamos	1,00	1,0	1,01	0,4	
Métodos químicos					
Períodoamos	1,00	1,00	1,00	0,8	
Telemetria					
Períodoamos	1,01	1,00	1,02	0,021	
Amputação de falanges					
Períodoamos	1,01	1,00	1,02	0,007	
Regressões logísticas multinomiais: Número de indivíduos e identidade das técnicas ¹					
Característica ³	OR ¹	95%	CI ¹	p	
Anilha					
n	1,00	1,00	1,00	0,3	
Elastômero					
n	1,00	1,00	1,00	>0,9	
Etiqueta					
n	1,00	1,00	1,00	0,4	
Fotoidentificação					
n	1,00	1,00	1,00	0,5	
Pit tag					

n	1,00	1,00	1,00	0,5
Métodos químicos				
n	1,00	1,00	1,00	0,9
Telemetria				
n	1,00	1,00	1,00	0,6
Tinta				
n	1,00	1,00	1,00	>0,9

1056 l=9 técnicas mais relatadas.

1057

1058

1059

1060

1061

1062

1063

1064

1065

Tabela S5: Vantagens e desvantagens relatadas para as técnicas de marcação utilizadas nos estudos, juntamente com a quantidade de relatos, detalhamento sobre a vantagem e técnicas que receberam cada vantagem ou desvantagem relatada.

<i>Vantagens</i>	<i>N(%)</i>	<i>Detalhamento</i>	<i>Exemplos relatados</i>
Testes anteriores	103(20,8)	Usada quando uma técnica foi utilizada pelo fato de ter sido testada com sucesso anteriormente;	Queima, Corte, Amputação de falanges, Poeira, Elastômeros, Tatuagem, Tinta, Entalhe, Fotoidentificação, Etiquetas, Anilhas, Pit tags e Telemetria;
Teste de marcação	75(15,2)	Autores indicavam que a técnica utilizada seria alvo de testes de eficiência;	Marcação acústica, Bandas, Métodos biológicos, Queima, Métodos químicos, Colar, Corte, Marcação Dna, Poeira, Elastômero, Esmalte, Isótopos, Outros, Fotoidentificação, Nitrogênio líquido, Pit tag, Anilha, Etiqueta, Amputação de falanges, Tatuagem e telemetria;
Baixa invasividade	43(8,7)	Técnica utilizada pelos efeitos negativos relativamente baixos;	Marcação acústica, Bandas, Métodos químicos, Colar, Corte, Marcação Dna, Elastômero, Esmalte, Tinta, Outros, Fotoidentificação, Pit tag, Etiqueta e Telemetria;
Fácil aplicação	42(8,5)	Técnica escolhida pela facilidade da aplicação no espécime;	Marcação acústica, Bandas, Métodos químicos, Marcação Dna, Poeira, Elastômero, Esmalte, Tinta, Nitrogênio, Outros, Fotoidentificação, Pit tag, Etiqueta, Fita, Telemetria e Amputação de falanges;
Comparação de marcação	38(7,7)	Técnica utilizada para ser alvo de comparação de eficiência com outra técnica;	Métodos químicos, Poeira, Elastômero, Tinta, Outros, Fotoidentificação, Pit tag, Anilha, Etiqueta, Telemetria e Amputação de falanges;
Fácil visibilidade	34(6,9)	Técnica utilizada pela fácil visibilidade em campo;	Métodos químicos, Marcação Dna, Poeira, Elastômero, Esmalte, Tinta, Entalhe, Anilha, Fita, Etiqueta e Telemetria;
Marcação complementar	27(5,5)	Técnica foi utilizada como uma “marcação controle”, como uma segunda consulta de dados de captura e recaptura;	Bandas, Queima, Colar, Corte, Marcação Dna, Tinta, Entalhe, Fotoidentificação, Pit tag, Etiqueta, Telemetria e Amputação de falanges;
Baixo custo	20(4,04)	Acessibilidade da técnica em questão;	Métodos químicos, Corte, Poeira, Elastômero, Esmalte, Tinta, Fotoidentificação, Etiqueta, Telemetria e Amputação de falanges;
Potencial tecnológico	19(3,9)	Técnica foi escolhida pela inovação tecnológica na aplicação;	Métodos biológicos, Fotoidentificação, Telemetria e Pit tag;
Varição de cores	15(3,03)	Técnica escolhida pela variedade de cores que permite alternância e combinação destas para individualizar os espécimes.	Poeira, Elastômero, Tinta, Anilha, Etiqueta e Tatuagem;
Longa duração	15(3,03)	Técnica com alta permanência no organismo do animal;	Pit tag, Marcação Dna, Fotoidentificação, Corte, Anilha e Métodos químicos;
Fácil detectabilidade	12(2,42)	Técnica facilmente detectável no animal, não implicando necessariamente na visualização dela.	Marcação Dna, Pit tag e Telemetria;
Aproveitamento de estudo anterior	11(2,22)	Técnica aplicada em estudo anterior que foi utilizada no presente estudo, aproveitando códigos de identificação dos indivíduos.	Tinta, Outros, Fotoidentificação, Etiqueta e Pit tag;
Alta eficiência	7(1,41)	Técnica que apresentou o mínimo de erros, reteve bem ao corpo do animal e gerou poucos erros nos dados;	Tinta, Anilha, Etiqueta, Isótopos, Elastômero e Outros;
Deteção de movimento	8(2,57)	Técnica que permitia detectar o deslocamento dos animais;	Telemetria e Poeira;

Marcas naturais da espécie	6(1,21)	Técnica que fora utilizada conforme o padrão de manchas da pele do animal de maneira a aproveitá-lo;	Fotoidentificação;
Uso de tecido biológico	4(0,80)	Técnica utilizada em detrimento da necessidade de coletar amostras de tecido biológico para análise posterior;	Amputação de falanges e Pit tag;
Efeito de marcação	3(0,60)	Técnica verificada quanto aos seus possíveis efeitos negativos na vida do animal;	Amputação de falanges;
Diferença de idade	2(0,40)	Técnica utilizada devido ao estudo com indivíduos juvenis e adultos, escolhida seletivamente para um desses dois grupos;	Corte, Pit tag;
Comportamento	2(0,40)	Técnica favorecida pelo comportamento do animal;	Elastômero, Corte;
Coleta de dados bióticos	2(0,40)	Técnica que, além de individualizar o animal, reteve dados biológicos de interesse ao pesquisador;	Pit tag, Telemetria;
Métodos físicos	2(0,40)	Técnica que envolvia dispositivos atrelados ao corpo do animal;	Pit tag, Anilha;
Baixa mortalidade	2(0,40)	Técnica que não interferiu significativamente na mortalidade dos espécimes marcados;	Etiqueta, Anilha;
Hereditabilidade	1(0,20)	Técnica utilizada pela capacidade de persistência em futuras gerações, através do código genético dos primeiros indivíduos marcados;	Marcação Dna;
Curto período de amostragem	1(0,20)	Técnica favorecida pelo curto período de amostragem do estudo proposto.	Tinta;
Desvantagens	N(%)	Detalhamento	Exemplos relacionados
Perda de marca	66(30)	Técnicas que não “fixaram” bem no indivíduo, sendo perdidas seja por migração, perda ou por absorção ou rejeição do material utilizado;	Bandas, Métodos químicos, Métodos biológicos, Tinta, Colar, Elastômero, Outros, Pit tag, Etiqueta, Anilha, Telemetria e Amputação de falanges;
Uso restrito por tamanho	27(12,3)	Técnica que poderia ser bem aplicada somente a um grupo etário dos indivíduos, dadas possibilidades de gerar efeitos negativos ou perda de marcas;	Bandas, Queima, Métodos químicos, Corte, Marcação Dna, Elastômero, Esmalte, Tinta, Entalhe, Pit tag, Etiqueta, Tatuagem, Telemetria e Amputação de falanges;
Baixa eficiência	16(7,3)	Técnica de baixa retenção e baixa visibilidade;	Métodos químicos, Poeira, Elastômero, Tinta, Pit tags e Tatuagem;
Trauma físico	14(6,4)	Técnica que provocou abrasão, sangramento, fraturas ou afins nos indivíduos marcados;	Banda, Corte, Anilha, Amputação de Falanges, Nitrogênio e Telemetria;
Baixa visibilidade	12(5,45)	Técnica difícil de ser visualizada em campo;	Elastômero, Tinta, Fotoidentificação, Anilha, Etiqueta e Telemetria;
Morte	10(4,54)	Técnica que provocou a morte do indivíduo;	Corte, Poeira, Anilha, Etiqueta, Tatuagem e Amputação de falanges;
Erro humano	10(4,54)	Técnica que não foi correspondida corretamente pelo pesquisador, podendo este motivo ser erro de leitura, erro de marcação, falsa rejeição (rejeitar indivíduo recapturado como recaptura), falsa aceitação (aceitar indivíduo nunca recapturado como recaptura) e afins;	Marcação acústica, Elastômero, Tinta, Fotoidentificação, Pit tag, Anilha e Amputação de falanges;

Baixa detectabilidade	10(4,54)	Técnica difícil de detectar à longa distância;	Marcação acústica, Métodos biológicos, Pit tag, Anilha,, Telemetria e Amputação de falanges;
Comportamento	6(2,72)	Técnica que não obteve sucesso em detrimento do comportamento natural do animal;	Isótopos, Pit tag, Anilha, Etiqueta e Elastômeros;
Curta duração	5(2,72)	Técnica com retenção efêmera, não correspondente a todo o período de amostragem proposto;	Tatuagem, Etiqueta, Entalhe, Corte e Tinta;
Redução de sobrevivência	5(2,72)	Técnica que interferiu na sobrevivência dos indivíduos marcados;	Telemetria, Elastômero e Tatuagem;
Alto custo	4(1,81)	Técnica custosa;	Métodos biológicos, Elastômero e Isótopos;
Alta invasividade	4(1,81)	Técnica invasiva, gerando cortes, queimaduras, sangramento, estresse e afins;	Etiqueta, Elastômero e Amputação de falanges;
Baixa qualidade das fotos	4(1,81)	Específico à fotoidentificação, a qual considerou que fotos retiradas para identificação posterior tiveram baixa qualidade para serem comparadas;	Fotoidentificação;
Aplicação trabalhosa	3(1,36)	Técnica de aplicação trabalhosa;	Etiqueta e Tinta;
Manipulação excessiva	3(1,36)	Técnica que requeria manuseio excessivo do animal, segurando-o/imobilizando-o;	Tinta, Fotoidentificação e Elastômero;
Aplicação demorada	3(1,36)	Técnica cuja aplicação demandou muito tempo, não necessariamente por ser trabalhosa (inexperiência do aplicador, por exemplo);	Tinta, Fotoidentificação;
Baixa taxa de recaptura	3(1,36)	Técnica que, de alguma maneira, interferiu significativamente nas recapturas dos animais marcados;	Corte, Amputação de Falange e Nitrogênio líquido;
Baixa duração em juvenis	3(1,36)	Técnica com baixa retenção em faixas etárias menores;	Tinta, Etiqueta e Amputação de falanges;
Mudança de comportamento	2(0,9)	Técnica que causou mudança de comportamento nos indivíduos marcados;	Corte e Tinta;
Mobilidade reduzida	2(0,9)	Técnica que comprometeu a locomoção dos animais;	Elastômero e Poeira;
Efeitos negativos na dispersão	1(0,45)	Técnica que interferiu significativamente nos processos de dispersão e emigração/imigração dos animais marcados;	Métodos químicos;
Efeitos negativos na reprodução	1(0,45)	Técnica que interferiu significativamente em processos reprodutivos dos animais;	Métodos químicos;
Marcas naturais da espécie	1(0,45)	Técnicas prejudicadas por padrões de marcas naturais das espécies, que geraram confusão na identidade do indivíduo marcado com técnica artificial.	Tinta.

CAPÍTULO 3: FOTOIDENTIFICAÇÃO COMO UMA FERRAMENTA POTENCIAL NO RECONHECIMENTO INDIVIDUAL DE *DENDROPSOPHUS ELEGANS* (ANURA: HYLIDAE)

ARTIGO A SER SUBMETIDO NA REVISTA HERPETOLOGICAL JOURNAL

QUALIS: A3

<https://www.thebhs.org/policies/the-herpetological-journal-instructions-to-authors>

Fator de Impacto: 1.194

1 **Fotoidentificação como uma ferramenta potencial no reconhecimento individual de**
2 ***Dendropsophus elegans* (Anura: Hylidae)**

3 Lara Valesca Mendonça da Costa Santos^{1,2*}, Geraldo Jorge Barbosa de Moura¹, Xavier
4 Arnan^{2,3}

5 ¹Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Departamento de
6 Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil, 52171-
7 900;

8 ²Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza, Universidade
9 Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil;

10 ³Laboratório de Ecologia, Botânica e Etnobiologia, Universidade de Pernambuco,
11 Garanhuns, Pernambuco, Brazil, 55294-902.

12 *correspondence author: lvmcs1998@gmail.com
13

14
15 **RESUMO**
16

17 As técnicas de marcação e recaptura são essenciais no estudo de populações de animais
18 silvestres, e a inserção de métodos acessíveis, de fácil aplicação, pouco invasivos e com
19 potencial tecnológico se faz importante para o monitoramento de espécies e sensíveis a
20 mudanças microambientais. Estudos verificaram efeitos negativos de técnicas mais invasivas
21 ou imprecisas na detecção de comportamento e sobrevivência dos animais, o que levantou o
22 alerta para o incentivo da aplicabilidade de técnicas acessíveis e menos invasivas, como a
23 fotoidentificação por marcas naturais. O objetivo deste estudo foi comparar o desempenho da
24 promissora técnica de fotoidentificação com a aplicação de elastômeros visíveis em campo,
25 verificando tempo de aplicação e presença de comportamentos de estresse na espécie modelo
26 *Dendropsophus elegans*, que apresenta um padrão de manchas dorsais evidente. Além disso,
27 verificamos o desempenho posterior do reconhecimento individual através da
28 fotoidentificação auxiliada por *software*, reconhecimento dos códigos dos elastômeros visíveis
29 e a fotoidentificação manual, levando em consideração a precisão e tempo de comparação. Por
30 7 meses, no Parque Estaual Dois Irmãos, em Pernambuco, Brasil, marcamos indivíduos de *D.*
31 *elegans* com fotoidentificação por marcas naturais baseadas em um protocolo pré-estabelecido
32 que incluía homogeneização de fundo das imagens e distâncias padrões das lentes, além da
33 marcação complementar por elastômeros em campo. Para as duas marcações, verificamos o
34 tempo gasto por indivíduo e a quantidade e diversidade de comportamentos de defesa, quando
35 exibidos pelos espécimes. Para reconhecimento posterior dos indivíduos, comparamos os
36 acertos e erros de identificação dos elastômeros, fotoidentificação manual e auxiliada por

37 *software*, contabilizando o tempo de comparação das fotos. Verificamos que a
38 fotoidentificação por *software* mostrou um desempenho similar à combinação manual e
39 elastômeros para identificar as recapturas, mas seu tempo de execução foi o menor dentre as
40 três e ela foi mais acurada. Não houve associação entre a presença de comportamentos de
41 estresse e as técnicas fotoidentificação ou elastômeros aplicados em campo. Estes resultados
42 sugerem que a fotoidentificação auxiliada por *software* aliada a um protocolo de campo pode
43 ser uma técnica eficiente no estudo desta espécie, bem como sua aplicabilidade pode ser
44 estendida a demais espécies com manchas naturais.

45 **Palavras-chave: anuros; elastômeros; marcação e recaptura; Wild ID**

46 Elastômeros; anuros; marcação e recaptura; *Wild ID*.

47

48 1. Introdução

49 As técnicas de marcação e recaptura são ferramentas importantes na individualização e
50 coleta de dados populacionais da fauna silvestre desde muito tempo (Clement, Hervert & Bright,
51 2022). A grande diversidade de técnicas têm permitido aos pesquisadores ampliar o número de
52 animais estudados, mas para tanto, os métodos precisam de avaliação para serem aplicados com
53 celeridade e com o menor interferência na sobrevivência ou comportamento possíveis, a fim de evitar
54 vieses nos resultados e efeitos negativos aos indivíduos (Ferner et al., 2007, Soulsbury et al.,
55 2020).

56 Os testes de marcação são essenciais para garantir que as técnicas atendam aos
57 requisitos supracitados, pois permitem verificar a efetividade e invasividade das mesmas
58 (Batsleer et al., 2020). A efetividade pode ser medida como: 1) o tempo de execução das técnicas
59 em campo; 2) a acurácia, ou seja, a capacidade de reconhecer os indivíduos conforme o cenário
60 próximo do real em relação à capturas novas e recapturas (Monico *et al.*, 2009); e 3) a precisão,
61 ou seja, a variação entre o reconhecimento correto e incorreto por diferentes métodos. A
62 invasividade, por sua vez, pode ser mensurada pela avaliação dos comportamentos de defesa
63 exibidos pelos indivíduos quando manipulados (Pyke, 2005; Mângia & Garda, 2015; Ferreira
64 et al., 2019). Adicionalmente, é necessário verificar quais espécies seriam modelos adequados à
65 diferentes técnicas, uma vez que, mesmo adaptadas à morfologia do animal, algumas ferramentas
66 podem não atender aos objetivos do estudo ou causar impactos na vida dos animais (Brlík et al.,
67 2019). Estes fatores podem orientar futuras pesquisas sobre aplicação de técnicas e engajar o uso
68 de novos métodos em diferentes espécies (Kenyon et al., 2010).

69 Atualmente, diversas novas técnicas com potencial tecnológico passaram por testes de
70 validação, como é o caso de dispositivos de telemetria e fotoidentificação (Niwa & Sawai, 2021;
71 Cheeseman et al., 2021), sendo esta última amplamente empregada em diversos grupos
72 zoológicos (Kelly et al., 2001, Chew et al., 2015, Dala- Corte et al., 2016). A fotoidentificação é
73 uma técnica que consiste na obtenção de fotos dos espécimes a fim de individualizá-los sem a
74 necessidade de outra marcação complementar (Bolger et al., 2011). Para tal, é requerido que os
75 animais possuam marcas naturais passíveis de distinção a nível individual e que sejam estáveis
76 ao longo do crescimento (Kelly et al., 2001, Véronique et al., 2022). A identificação correta dos
77 indivíduos fotografados pode ser feita através de comparações manuais, em que fotos são
78 livremente pareadas em um banco de dados por um observador, ou auxiliadas por *softwares*
79 específicos, que agilizam essas comparações por meio de *rankings* de similaridade, o que reduz
80 o tempo e o erro humano ocasionado por um banco de imagens extenso e pelo cansaço visual,
81 respectivamente (Caorsi et al., 2012, Bolger et al., 2012). Além disso, taxas usadas na biometria,
82 como erros referentes a Falsas Rejeições – quando um indivíduo existente é considerado como
83 novo num banco de imagens - ou Falsas Aceitações – quando um indivíduo novo é considerado
84 com existente - podem contribuir para detectar a acurácia da identificação (Jain, 2007). Os erros
85 de Falsa Aceitação – e isso inclui os erros de Identificação cruzada, quando indivíduos diferentes
86 e já existentes num banco de imagens são erroneamente correspondidos - em estudos
87 populacionais podem ser mais prejudiciais que os erros de Falsa Rejeição (Krebs, 1999). Em um
88 banco de dados que contém informações biométricas, por exemplo, confundir um indivíduo
89 nunca capturado com um recapturado pode enviesar os dados de monitoramento (Krebs, 1999;
90 Lima-Araújo et al., 2021). Confundir indivíduos recapturados como nunca capturados, por sua
91 vez, pode levar a chance de que ele seja reavaliado em relação aos demais ter sua recaptura
92 confirmada se pertinente, apesar de reiterarmos que ainda se trata de um erro prejudicial às
93 premissas dos estudos de marcação populacional (Ferner 2007). Dado seu baixo custo e
94 invasividade, a fotoidentificação é fortemente indicada em detrimento de outras técnicas para
95 diversas espécies que possuem padrão de marcas naturais bem definido, se tornando atrativa para
96 estudos também com táxons em algum status de ameaça (Koivuniemi et al., 2016, Araujo et al.,
97 2019).

98 Assim, a fotoidentificação tem surgido como uma alternativa a métodos mais invasivos,
99 pois implica apenas no registro das marcas naturais dos indivíduos (e.g. manchas, padrões de
100 coloração) como ferramentas de individualização dos espécimes, requerendo manipulação
101 apenas para posicionar o animal em condições requeridas (Kelly et al., 2001). Em espécies de

102 médio e grande porte e a depender do padrão de marcas, a captura sequer é necessária (Sá et al.,
103 2019). No entanto, não só a qualidade de imagens é essencial, mas também é necessário um
104 protocolo metodológico de campo que atenda às especificidades das diferentes espécies (e.g.
105 tamanho, coloração) para testar com eficiência o desempenho desta técnica, que é pouco
106 explorado (Vasconcelos, 2019).

107 Os anfíbios anuros são modelos interessantes para realização de testes com
108 fotoidentificação. Os métodos de marcação amplamente usados nesta ordem se mostram
109 invasivos e contraditórios quanto a seus efeitos, como amputação de falanges, que implica na
110 remoção de uma ou mais falanges dos animais (Murray & Fuller, 2000; Guimarães et al., 2014)
111 e Pit tag, que consiste na inoculação de microchips na cavidade corpórea dos animais por meio
112 de microcirurgia (Brannely et al., 2013). O emprego de elastômeros visíveis - polímeros
113 coloridos biocompatíveis inoculados na região subcutânea da pele - por sua vez, tem sido
114 desafiado pelo alto custo, pelo tempo de aplicação em mais de um dátilo, quando é o caso, e
115 pela perda ou migração de marcas nos animais marcados, dificultando o reconhecimento
116 individual (Woods; Martin-Smith 2004). Apesar disso, diversas espécies possuem um padrão de
117 marcas naturais característico nas regiões neotropicais e pouco ou nunca explorados com a
118 fotoidentificação (Maneyro & Carreira, 2012, Pereira & Maneyro, 2016). É o caso de
119 *Dendropsophus elegans* (Wied-Neuwied, 1824), um anuro brasileiro conhecido popularmente
120 como “perereca-de-moldura”, uma analogia ao seu padrão de marcas naturais que “molduram”
121 o dorso (Feio et al., 2009), podendo ser usada como modelo para testes de eficiência desta
122 técnica.

123 Nosso objetivo foi comparar a aplicação em campo da fotoidentificação protocolada com
124 o implante de elastômeros visíveis em *D. elegans*, avaliando um parâmetro de efetividade (tempo
125 de aplicação) das técnicas e a invasividade, através dos comportamentos de defesa exibidos pelos
126 indivíduos. Além disso, comparamos os três parâmetros de efetividade (acurácia, precisão e
127 tempo) no reconhecimento individual em etapa posterior ao campo, por meio da comparação
128 manual, auxiliada por *software* e pelo reconhecimento dos códigos atribuídos pelos elastômeros.
129 Temos a seguinte hipótese: As técnicas de marcação e recaptura utilizadas em campo
130 influenciam quanto a efetividade e invasividade no reconhecimento individual de *D. elegans*.
131 Como predição, temos que, em campo, a técnica de fotoidentificação será menos invasiva e mais
132 rápida quanto aplicação em relação a técnicas dos elastômeros, enquanto que no reconhecimento
133 dos indivíduos, a fotoidentificação auxiliada por *software* será mais acurada, precisa e

134 demandará menos tempo nas comparações que a fotoidentificação manual e a identificação por
 135 elastômeros.

136 2. Materiais e Métodos

137 2.1. Local de estudo

138 O estudo foi realizado no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI), uma Unidade de
 139 Conservação de Proteção Integral localizada na Região Metropolitana do Recife, no estado de

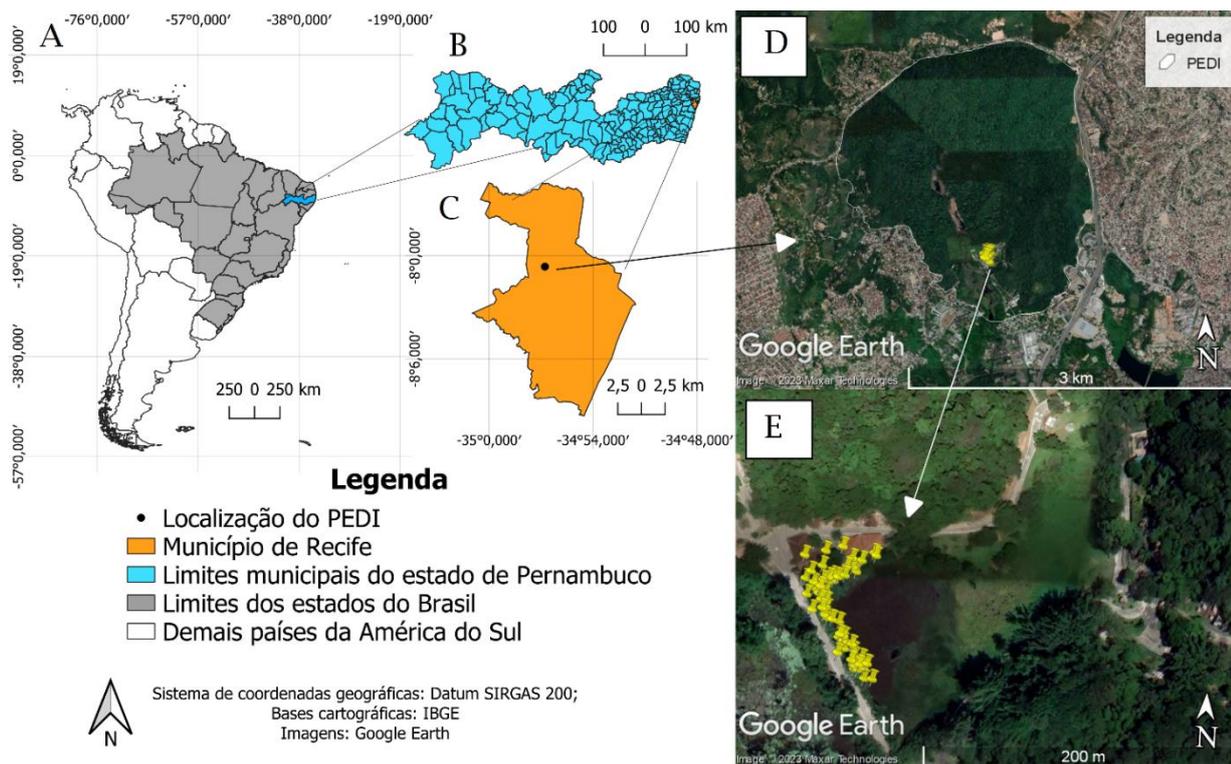
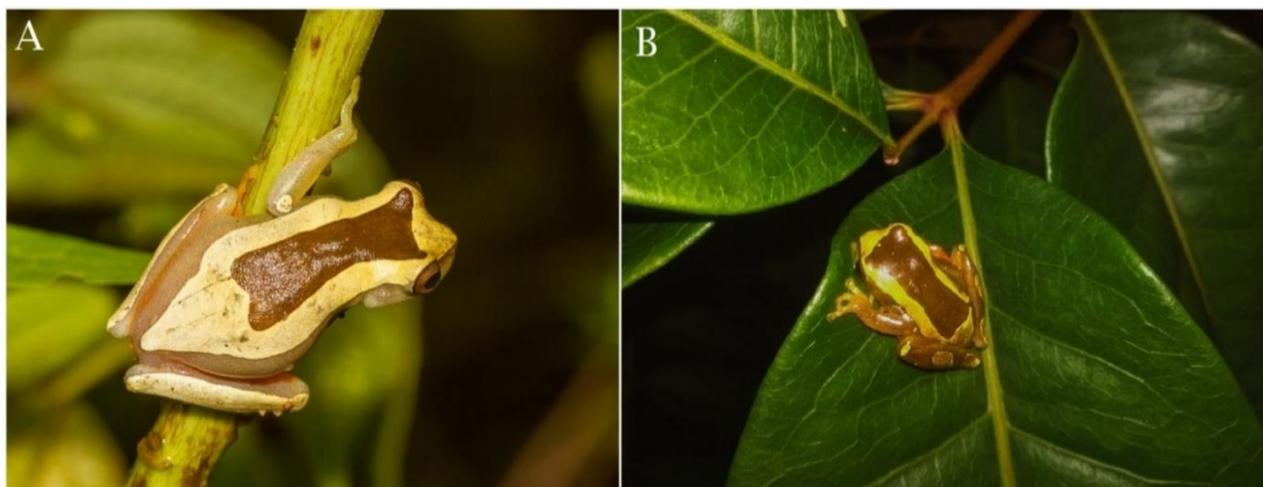


Figura 1 Mapa do local de estudo. A=América do Sul, destacando o Brasil em cinza; B= limites municipais do estado de Pernambuco; C=Cidade do Recife, destacada em laranja, com a localização do PEDI (ponto preto); D = Visão geral do PEDI; E) Local de coleta (Açude de Dentro) e os respectivos pontos de coleta dos animais. Elaboração: Lara Santos, 2023.

140 Pernambuco, Brasil ($7^{\circ}57'22.29''$ - $8^{\circ}00'56.4''$ S, $34^{\circ}56'0.68''$ - $34^{\circ}58'13.63''$ W, Fig. 1A, 1B, 1C).
 141 O PEDI (Fig. 1D) conta com 1.158,51 ha, dos quais 384,42 ha correspondem a Mata de Dois
 142 Irmãos, uma floresta madura caracterizada como Ombrófila Densa com idade média de 60 anos,
 143 dentro da qual se localiza o Zoológico de Dois Irmãos (Melo et al., 2018,). Dentro do zoológico,
 144 está localizada a Microbacia do Prata, composta pelos açudes do Meio, do Prata, de Dois Irmãos
 145 e de Dentro (Pereira, Santos, Rodrigues, 2016), sendo este último o ponto de coleta deste estudo
 146 (Fig. 1E). Sobre o clima, o PEDI é enquadrado no tipo As' (quente e úmido), com temperatura
 147 média e precipitação anuais de $25,4^{\circ}$ C e 2.600 mm, respectivamente (Coutinho et al., 1998,
 148 Coelho et al. 2008, Melo et al, 2018).

149 2.2 Espécie modelo

150 *Dendropsophus elegans* (**Figura 2**) é uma espécie de anuro endêmica do Brasil que
 151 ocorre no litoral da região sul ao nordeste do país (Izecksohn & Carvalho-e-Silva., 2001). Esta
 152 espécie é conhecida popularmente como “perereca-de-moldura” devido ao seu padrão de
 153 coloração dorsal que se assemelha a uma “moldura” (Feio et al. 1998). *D. elegans* é uma espécie
 154 noturna de pequeno porte, variando entre 24 e 32 mm de comprimento rostro-cloacal (CRC)
 155 (Feio et al., 1998; Mageski *et al.*, 2014). Quanto ao seu hábitat, é generalista, sendo comumente
 156 encontrada em bromélias, vegetações arbustivas que margeiam poças e/ou propriamente dentro
 157 de açudes (Feio et al., 1998, Izecksohn & Carvalho-e-ilva.,2001, Santana et al., 2009). A espécie
 158 está categorizada como Pouco Preocupante (LC) pela IUCN e, por possuir um porte pequeno,
 159 está sujeita a predação por pequenos invertebrados, como aranhas (Abegg; Da Rosa; Borges,
 160 2014) e até mesmo outras espécies de anuros maiores, como *Boana semilineata* (Mendes; Ruas;
 161 Solé, 2012).



162 **Figura 2** Espécimes de *D. elegans* sobre galho (A) e sobre folha (B), evidenciando seus padrões de marca
 163 característicos do dorso e, por vezes, nos membros. Photo credits: Arnold Wijker (A); Thaís Vieira e João
 164 Cunegundes (B).

165

166 2.3 Captura dos animais

167

168 As coletas foram realizadas em dias alternados da semana, sendo 3 dias por semana, de
 169 fevereiro a setembro de 2022, conforme autorização do Comitê de Ética e Uso Animal
 170 (CEUA/UFRPE, nº 8542221121). Para coleta dos indivíduos, dois ou mais pesquisadores
 171 realizaram busca ativa limitada por tempo, que implicou na exploração dos possíveis micro-
 172 habitats da espécie por um período de tempo determinado, das 17h às 22h. Foram explorados

173 microhabitats possíveis (mencionados acima) de *D. elegans* com auxílio de lanternas cefálicas
174 com luz vermelha e branca. Também foram usados *playbacks* da vocalização de anúncio da
175 espécie oriundos no mesmo local de estudo para encontro de indivíduos próximos (Rocha, 2018).
176 Quando encontrados, os indivíduos foram capturados com luvas estéreis, identificados quanto
177 ao táxon com auxílio de literatura específica (Pereira et al., 2016; Rocha, 2018), e acondicionados
178 em sacos plásticos identificados com a data, horário e o ponto de coleta para posterior processo
179 de triagem. Dado o nosso objetivo de avaliar também o estresse causado aos indivíduos no
180 processo de aplicação das técnicas, priorizamos coletar um espécime por vez, para que, em
181 seguida ao momento da captura, ele fosse aclimatado e de imediato submetido aos processos
182 seguintes.

183 2.4 Marcação dos animais: efetividade (tempo) e invasividade

184 Ainda em campo, cada um dos indivíduos coletados foi submetido às etapas de retirada
185 das fotografias para a fotoidentificação e marcação complementar por elastômeros.
186 Inicialmente, para a fotoidentificação, foi estabelecido um protocolo (**Tabela 1**), elaborado de
187 acordo com sugestões de resultados obtidos por Kelly (2001), Vasconcelos (2012), Kenyon et
188 al (2010) e adições dos autores do presente estudo.

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

Tabela 1 Protocolo elaborado para a realização das fotografias em campo dos espécimes de *Dendropsophus elegans*.

Crítérios	Justificativas	Autores
Estudos anteriores		
Mesma câmara para todas as fotos	Padronização e qualidade de fotos	Kelly (2001), Vasconcelos (2012)
Angulo reto entre a lente da máquina e a linha imaginária que tangencia o plano corporal do animal	Evitar sombreamento	Vasconcelos (2012)
Fundo homogêneo	Contrastar com coloração do animal; fácil identificação do padrão pelo <i>software</i>	Vasconcelos (2012)
Cinturas pélvica e escapular alinhadas	Torções podem comprometer reconhecimento pelo <i>Software</i>	Vasconcelos (2012)
Adição de caracteres especiais observados nos indivíduos	Cicatrizes e/ou marcas atípicas são caracteres que ajudam na confirmação da identificação em casos de dúvidas sobre possível recaptura/nova captura	Beausoleil <i>et al.</i> (2004), Kenyon <i>et al.</i> (2010); Vasconcelos (2012)
Presente estudo		

Distância padrão da lente da câmera: 15cm	Em virtude do pequeno porte característico da espécie, estimou-se esta distância para minimizar a edição das fotografias	Presente estudo, baseando-se nos achados de Kelly (2001), Vasconcelos (2012) e Kenyon et al. (2010)
Estação fotográfica móvel	Esta ferramenta permite as qualidades das fotos requeridas pelo <i>software</i> sem a necessidade de transportar os espécimes a laboratório; composta por uma caixa plástica branca de dimensões 30cm x 15cm x 7cm, onde o animal foi posicionado. Nesta, foi acoplada uma luminária a bateria na distância equivalente aos 15 cm estabelecidos da lente fotográfica para o animal	Presente estudo, baseando-se nos achados de Kelly (2001), Vasconcelos (2012) e Kenyon et al. (2010)
Utilização da mesma lanterna cefálica para todas as fotografias	Para evitar divergências de luminosidade possivelmente causadas pelas lanternas de mão quando posicionadas diagonalmente ao animal, bem como luminosidade ambiente, variável de acordo com horário, lua e local	Presente estudo, Kelly (2001), Vasconcelos (2012) e Kenyon et al. (2010)
Retirada de 3 fotografias por indivíduo	Garantir qualidade de pelo menos uma das fotografias retiradas;	Presente estudo, baseando-se nos achados de Kelly (2001), Vasconcelos (2012) e Kenyon et al. (2010)

171 Com uma câmera digital Fujifilm Finepix SL 300, todos os indivíduos tiveram seus padrões
 172 dorsais fotografados na estação fotográfica (**Figura 3**).

173



Figura 3 Estação Fotográfica utilizada no presente estudo.

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

O tempo em segundos para retirar 3 fotografias por indivíduo foi cronometrado desde o posicionamento do animal na bandeja - conforme o protocolo - até a retirada da terceira e última foto. Durante o tempo contabilizado para a retirada das 3 fotografias, a ocorrência de possíveis *displays* comportamentais foram anotados como “presente” ou “ausente”, bem como foram feitas caracterizações dos comportamentos apresentados (**Tabela 2**). As fotografias contendo cada um dos comportamentos listados estão contidas na **Figura S1, informação de suporte**.

Tabela 2: Etograma com possíveis comportamentos exibidos pelos indivíduos, descrição e referências utilizadas.

Comportamento	Descrição	Referência
Contração	Espécime apresenta o dorso e membros geralmente flexionados ventralmente, mantendo os olhos abertos ou não;	Toledo; Sazima; Haddad (2011); Borteiro et al., (2014); Ferreira <i>et al.</i> , (2019);

195
196 De mesmo modo, cada um dos indivíduos submetidos aos elastômeros tiveram o
197 tempo de aplicação anotados em segundos, desde o momento em que estavam
198 posicionados nas mãos do pesquisador para aplicação do elastômero até o sucesso da
199 inoculação do material. Assim como para a retirada das fotos, também registramos a
200 presença ou ausência de *displays* comportamentais exibidos na aplicação dos elastômeros
201 (**Tabela 2**). Ressaltamos também que apenas as novas capturas tiveram o *display*
202 comportamental relatado, uma vez que nossa intenção era observar tais comportamentos
203 no ato dos dois tipos de marcação. Uma vez recapturado, o animal teria apenas as 3
204 fotografias retiradas para alimentar o banco de imagens e etapas de identificações futuras
205 e, como não era marcado novamente com elastômero, não teve comportamentos de defesa
206 computados para que não fosse gerado um viés. Um mesmo pesquisador (Santos,
207 L.V.M.C.) realizou todas as etapas desses procedimentos. Ao fim da triagem, todos os
208 indivíduos foram liberados em seus respectivos locais de coleta.

209

210 2.5 Tempo, Acurácia, precisão e tempo no reconhecimento individual

211 Para comparar a eficiência das 3 técnicas no reconhecimento individual,
212 caracterizamos as variáveis para comparação: 1) O tempo de aplicação e reconhecimento
213 individual, sendo o primeiro estabelecido pelo tempo de aplicação de cada uma das
214 técnicas e o segundo caracterizado como o tempo desde da seleção e tratamento das
215 imagens/códigos alfanuméricos até as comparações por elastômeros, software e manuais;
216 2) A precisão no reconhecimento individual, caracterizada pela quantidade de
217 combinações corretas e incorretas de cada comparação (manual, *software* e elastômeros);
218 3) A acurácia, caracterizada pelos tipos de erros ocorridos quando houveram combinações
219 incorretas para cada uma das três técnicas.

220

221 Para coleta dos dados de precisão, tempo e acurácia das técnicas, estabelemos
222 corretamente a identidade das recapturas e novas capturas conforme metodologias de Caorsi
223 et al. (2012) e adaptadas ao nosso cenário de estudo. A etapa de identificação consistiu em
224 verificar a precisão de cada uma das técnicas em relação à validação cruzada (VC). A VC
225 foi um verificador da verdadeira identidade do espécime, realizada pela checagem do
226 código alfanumérico atribuído pelos elastômeros a um indivíduo e seu padrão de manchas
227 dorsais. Para isso, além de registrarmos o código correspondente e as fotos dos indivíduos
228 para os testes posteriores, fotografamos as marcas realizadas com o elastômero nos dedos
229 dos animais. Essa etapa foi posteriormente à aplicação do elastômero, que sucede às
fotografias em campo. Estas fotografias adicionais das marcas dos elastômeros serviram apenas

230 para ajudar na conferência da identidade verdadeira dos indivíduos (recaptura ou nova captura).

231 O tempo de aplicação de elastômeros e fotoidentificação em campo foi
232 contabilizado por indivíduo, sendo um tempo distinto do tempo das comparações
233 posteriores. Após isso, um novo tempo foi definido. Fizemos a seleção e tratamento de
234 uma das 3 fotos referentes a cada um dos indivíduos capturados e recapturados (checagem
235 de enquadramento do animal conforme o protocolo, equilíbrio entre brilho, contraste e total
236 visibilidade dos padrões dorsais e/ou dos membros), bem como dos códigos atribuídos em
237 campo pelo pesquisador, sendo separados em pastas e pareados com as fotos das marcas
238 artificiais retiradas em campo, posteriormente à execução do protocolo. Logo, o novo
239 tempo iniciado foi desde o preparo dos códigos e tratamento imagens até a última
240 comparação por meio de cada ferramenta.

241 Para detecção da precisão, um observador que não participou das etapas de
242 marcação em campo realizou todas as comparações para checar a precisão das ferramentas
243 de identificação. A comparação por elastômeros visíveis foi feita de acordo com registros
244 fotográficos secundários e com os códigos atribuídos aos espécimes em campo. Se, em
245 uma comparação, os registros dos códigos alfanuméricos que foram feitos em campo
246 correspondiam aos registros da VC (data da primeira coleta e foto nomeada conforme
247 registro da marcação dos elastômeros), a correspondência dos elastômeros foi considerada
248 como “correta”. Caso contrário, “incorreta”. A fotoidentificação por comparação manual
249 foi feita pelo observador, que comparou livremente cada imagem com as demais do banco
250 de dados, analisando cuidadosamente os padrões de manchas de cada espécime e
251 atribuindo as anotações como “mesmo indivíduo” ou “indivíduos diferentes” para cada
252 comparação. Para a fotoidentificação auxiliada por *software*, por sua vez, utilizamos o Java
253 Wild ID (Bolger et al., 2011). Wild ID é um *software* gratuito que usa a metodologia do
254 detector de características invariante de escala (Sift, Lowe, 2004; Matthé et al, 2017), ou
255 seja, busca por padrões geométricos nas fotos alvo de comparação, independente de uma
256 escala, iluminação, rotação, e ponto de vista adotados nas fotografias. Por fim, o *software*
257 estabelece um ranking das 20 fotos mais parecidas com a foto alvo de comparação e suas
258 respectivas pontuações de similaridade entre as imagens, sendo a decisão final sempre do
259 observador em atribuir “mesmo indivíduo” ou “indivíduos diferentes”, como nas etapas de
260 identificação supracitadas (Bolger et al., 2011; Matthé et al, 2017). Para as comparações
261 feitas pelos dois modos de fotoidentificação (visual e auxiliada por *software*), foram
262 removidos quaisquer nomes das fotografias que pudessem, por ventura, denunciar a
263 identidade dos indivíduos. Desta maneira, checamos as comparações realizadas pelo
264 observador para as três formas de identificação e pudemos definir se o resultado das

265 comparações manuais, por *software* e por elastômeros, separadamente, foram “corretas” ou
 266 “incorretas” pela conferência com a VC. As frequências de correspondências corretas e
 267 incorretas para cada técnica foram usadas nas análises da precisão.

268 Para checar a acurácia dos métodos de identificação, verificamos os tipos de erros
 269 ocorrentes das correspondências incorretas, conforme (Jain, 2007; Bendik et al., 2011): I)
 270 Falsa Aceitação (FA), quando uma nova captura foi compreendida como recaptura, sendo
 271 falsamente combinada com outro indivíduo, também recapturado (Identificação cruzada)
 272 ou não; II) Falsa Rejeição (FR), quando um indivíduo recapturado não foi reconhecido
 273 como recaptura para nenhuma foto no banco de imagens. Após essa definição, verificamos
 274 as taxas desses erros. As taxas para erros tipo FA e FR foram calculadas pelas seguintes
 275 equações, respectivamente:

276

$$277 \quad TFA = \frac{FA}{N \text{ comparações totais}} \quad TFR = \frac{FR}{N \text{ comparações totais}}$$

278

279 As taxas que atingem valores mais próximos de 1 representam um pior desempenho, enquanto
 280 taxas de erros mais próximas de 0, melhor desempenho.

281

282 2.5.1 Análise dos dados

283 Para atender a nossa hipótese, a eficiência de cada técnica foi caracterizada com três
 284 variáveis: a) a acurácia (estabelecida pelas categorias taxas TFA E TFR) em identificar que um
 285 indivíduo correspondia a uma recaptura ou a uma nova captura, sendo medida como as
 286 frequências de combinações visuais, por *software* e de elastômeros; precisão, representada pela
 287 frequência de correspondências “corretas” e “incorretas”; b) o tempo de aplicação da técnica
 288 para cada indivíduo (ou seja, tempo para fotografar ou colocar os elastômeros), bem como
 289 também relatamos tempo total usando na comparação manual, auxiliada por *software* e
 290 comparação de elastômeros; c) a invasividade, medida como o número de ocorrências de
 291 comportamentos de estresse (e.g. maior ocorrência indicou maior invasividade). Também
 292 relatamos os tipos de comportamentos exibidos para cada metodologia de campo.

293

294 Verificamos a acurácia dos métodos de identificação dos indivíduos pelas taxas
 295 de cada erro específico quando ocorrido, sendo o melhor desempenho caracterizado por taxas
 296 com valores mais próximos de 0, enquanto pior desempenho por taxas com valores mais
 297 próximos de 1. Quanto à precisão, verificamos por meio de χ^2 de independência se houve
 298 diferença significativa entre a frequência de correspondências “corretas” e “incorretas” para as
 3 tentativas de identificação, assumindo um nível de significância de $p = 0,05$. Para analisar o

299 tempo de aplicação das técnicas de fotoidentificação e implante de elastômeros em campo, foi
 300 feito um modelo linear general misto (GLMM), no qual a variável resposta correspondeu ao
 301 tempo gasto, a variável explicativa foi o tipo de técnica usada no processamento e identificação.
 302 O indivíduo foi adicionado ao modelo como fator aleatório. Por fim, para avaliar o grau de
 303 invasividade das técnicas aplicadas em campo, foram feitos testes χ^2 , no qual as colunas
 304 representaram o tipo de técnica aplicada em campo (elastômero ou fotoidentificação), enquanto
 305 as linhas corresponderam a “sim” e “não” para ocorrência de comportamentos de estresse
 306 (tabela 2x2). Além disso, descrevemos os comportamentos encontrados para cada técnica.
 307 Todas as análises foram feitas no *Software R* (Core Team, 2021).

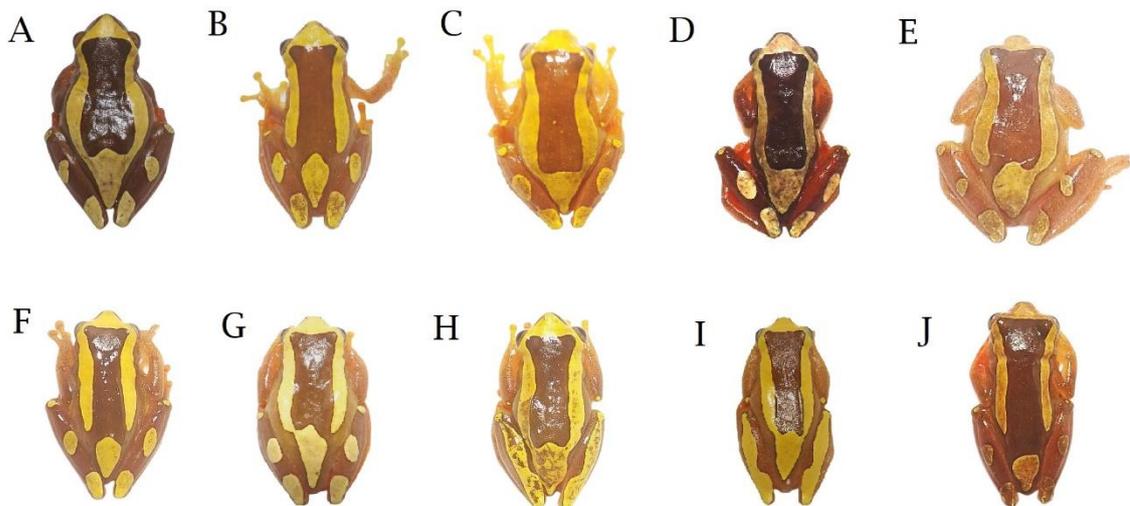
308 3. Resultados

309

310 3.1. Capturas e recapturas

311

312 Obtivemos 54 registros, dos quais 43 corresponderam a indivíduos capturados uma única
 313 vez e 11 referentes à espécimes recapturados. Dos 11 registros de recaptura, 3 corresponderam
 314 ao mesmo indivíduo, capturado em 3 datas diferentes.



315 **Figura 5:** Vista dorsal dos padrões de marcas naturais de 10 indivíduos de *Dendropsophus elegans* coletados no
 316 PEDI (Recife, PE, Brasil). A = indivíduo C3; B = Indivíduo C4; C = Indivíduo D4; D = Indivíduo A1A2; E =
 317 Indivíduo A1B3; F = Indivíduo A1D1; G = Indivíduo B1; H = Indivíduo A1A2C1; I = Indivíduo B2; J = Indivíduo
 318 A1A2C3.

319

320 3.2.1 Efetividade na marcação

321 3.2.1.1 Tempo

322

323 O tempo médio para a fase de marcação na retirada de 3 fotos em campo de cada
 324 indivíduo foi significativamente quase metade do tempo gasto para a aplicação dos elastômeros
 325 também em campo (GLMM: $X^2(1) = 50,43$, $p < 0,001$, **Tabela 2**).

326

327 3.2.1.2 Displays comportamentais

328

329 Em geral, 29 dos 43 indivíduos correspondentes a novas capturas exibiram os 5 tipos de
 330 comportamentos de defesa, caracterizados como “prevenção de ataque” (**Tabela 3**). Não foram
 331 exibidos comportamentos de tanatose nos indivíduos submetidos à fotoidentificação, bem como
 332 não registramos o comportamento “inflar o corpo” para espécimes submetidos a elastômeros.
 333 Não houve relação significativa entre os comportamentos de defesa exibidos pelas duas técnicas
 334 ($X^2_{(1)} = 0,20$; $p = 0,65$).

335 Percebemos que o comportamento de inflar o corpo, quando aplicado a
 336 fotoidentificação, ocorria no momento em que tentávamos posicionar os indivíduos de modo a
 337 deixar evidente todas as suas marcas dorsais, conforme estabelecido pelo protocolo. Assim, os
 338 comportamentos iniciavam quando posicionávamos levemente os dedos no dorso do animal,
 339 afim de abaixar o seu tronco. Por fim, as tentativas de fuga eram registradas enquanto o animal
 340 estava sendo submetido à técnica de fotoidentificação e tentava escapar das mãos do
 341 pesquisador ou quando saltava para fora do foco da câmera na estação fotográfica.

342

343

344 Em relação ao tempo total de processamento somando às comparações, a
 345 fotoidentificação manual levou 1h48min para ser concluída (**Tabela 3**). O processamento e
 346 comparação dos registros por elastômeros levou 56min15s. Por fim, para fotoidentificação por
 347 software demandou 46min38s para conclusão, sendo o menor tempo dentre os demais.

348

349 **Tabela 3:** Efetividade (tempo médio de aplicação) e invasividade para cada uma das duas técnicas
 350 aplicadas em campo.

Técnicas aplicadas	Aplicação em campo	
	Efetividade Tempo (média±DP)	Invasividade Comportamentos de defesa
Fotoidentificação	45,45s ± 25,22	13(77% “fuga”; 7,7% “contração”; 15,4% “inflar corpo”);
Elastômeros	83,95s ± 59,32	16(50% “fuga”; 12,5% “tanatose”; 37,5% “contração”)

351

352 3.2.2 Efetividade no reconhecimento individual

353

354 3.2.2.1 Tempo

355

356 Em relação ao tempo total de processamento somando às comparações, a

357 fotoidentificação manual levou 1h48min para ser concluída (**Tabela 4**). O processamento e
 358 comparação dos registros por elastômeros levou 56min15s. Por fim, para fotoidentificação por
 359 software demandou 46min38s para conclusão, sendo o menor tempo dentre os demais.

360

361 3.2.2.2 Precisão

362

363 Foram realizadas 1483 comparações oriundas os 54 registros disponíveis de fotos e
 364 códigos de elastômeros atribuídos aos espécimes, pareadas 2 a 2. Dessa maneira, levando em
 365 consideração que haviam 11 registros referentes à recaptura, para 1483 comparações, 22 fotos
 366 deveriam ser combinadas para a comparação manual e para o software, bem como 22 registros
 367 de elastômeros deveriam parear como recapturas. Quanto à precisão das técnicas, a
 368 confirmação auxiliada por *software* fez 99,8% (n=1480) das combinações corretas. Os
 369 elastômeros, por sua vez, combinaram corretamente 99,5% (n=1475) das imagens. A
 370 Confirmação manual ficou com 99,2% (n=1473) de comparações corretas. Diante da baixa
 371 disparidade entre os valores, não houve diferenças significativas entre a precisão dos três
 372 métodos de identificação usados ($X^2_{(2)} = 3,73; p=0,15$), que indicaram corretamente um número
 373 alto de decisões corretas.

374

375 3.2.2.3 Acurácia

376

377 Para acurácia, reportamos os tipos de erros encontrados na **Tabela 4**. A comparação
 378 auxiliada por *software* computou 3 erros, todos de FR (**Tabela 4**), quando o *software* errou em
 379 reconhecer indivíduos recapturados no banco de dados. Os erros de elastômero corresponderam
 380 a erros dos dois tipos (FR e FA), dos 3 erros de FA, 1 correspondeu a Identificação cruzada,
 381 quando um indivíduo recapturado foi erroneamente combinado com outro indivíduo
 382 recapturado. A comparação manual obteve 10 erros de FA (**Tabela 4**). As identificações por
 383 software e por comparação manual apresentaram a mesma quantidade de recapturas
 384 reconhecidas (**Tabela 4**), *mas de* indivíduos diferentes. Elastômero obteve a menor quantidade
 385 de recapturas reconhecidas, sendo uma delas inclusive confundida com outro indivíduo também
 386 recapturado. Desse modo, a comparação auxiliada por software foi a mais acurada em nosso
 387 cenário.

388 **Tabela 4** Efetividade (tempo, precisão e acurácia, através dos tipos de erros) encontradas nas identificações por
 389 software Wild ID, elastômeros e identificação manual, bem como a quantidade de recapturas devidamente
 390 identificadas por cada método. As taxas de erro foram calculadas conforme tópico **Error! Reference source not**
 391 **found.**

 Reconhecimento individual

 Efetividade

	Tempo total ¹	Precisão (combinações corretas)	Tipos de erro (%)
Fotoidentificação manual	1h48min	99,2%(n=1473)	FA: 0,007% (n=10)*; FR: 0,002% (n=2)
Fotoidentificação auxiliada por software	46min38s	99,8% (n=1480)	FR: 0,002% (n=3)
Elastômeros	56min15s	99,5%(n=1475)	FR: 0,004 (n=6); FA: 0,002% (n=3)

* Uma identificação cruzada.

392
393

4 Discussão

394

395

4.1 Efetividade na marcação

396

397

398

Em relação ao tempo de aplicação na fase campo e de comparação dos registros dos animais, a técnica de fotoidentificação se mostrou significativamente vantajosa. Isso indica que, com base em nosso estudo, a fotoidentificação pode ser bem empregada em estudos futuros com *D. elegans* de maneira acessível e rápida quanto à marcação dos indivíduos seguindo este protocolo.

402

403

Reportamos presença e ausência similares de comportamentos de defesa, contrariando nossa hipótese de que a técnica influenciaria na frequência dos comportamentos exibidos. Os mecanismos de defesa podem ser específicos ao tipo de estímulo ao qual o indivíduo está submetido (Menin & Rodrigues, 2007). Isso pode explicar porque “Inflar o corpo” só foi relatado para Fotoidentificação, em que os dedos do pesquisador pressionavam levemente o dorso do animal para alinhamento do corpo conforme o protocolo e, como resposta, o indivíduo inflou o corpo indicando uma possível tentativa de fuga (Ferrante, Sacramento & Angulo, 2014). Um ponto importante a ser considerado é que adotamos a aplicação dos elastômeros depois das fotografias, logo, o indivíduo poderia estar mais estressado nos elastômeros que nas fotografias pelo simples fato de que estaria a mais tempo submetido às marcações. Apesar disso, tentativa de fuga foi um comportamento frequente na aplicação dos elastômeros, o que pode indicar um estresse causado pela perfuração da agulha no dátilo do animal. Não encontramos estudos que avaliaram a invasividade na aplicação destas duas técnicas em comparação, mas a detecção dos comportamentos típicos no presente estudo nos retorna que estes comportamentos poderão ser exibidos mesmo em técnicas menos invasivas, como a fotoidentificação. Sugerimos que futuros estudos verifiquem também o tempo em que os animais permanecem exibindo os comportamentos.

419

420

4.2 Efetividade no reconhecimento individual

421 Em relação à nossa hipótese referente ao tempo de comparações manuais,
422 auxiliadas por software e por elastômeros, verificamos que a identificação auxiliada por
423 software foi a mais rápida, enquanto a manual foi a mais demorada. Caorsi, Santos e Grant
424 (2012) reportaram em um estudo com *Melanophryniscus cambaraensis* (uma espécie de anuro
425 típica de manchas pontilhadas na região ventral do corpo) a identificação manual como a mais
426 exitosa que a auxiliada por *software*, o que diferiu dos nossos resultados, embora a espécie *M.*
427 *cambaraensis* possua um padrão de marcas completamente distinto de nossa espécie-alvo.
428 Atribuímos estes erros que detectamos na identificação a dois possíveis eventos: o padrão
429 característico da espécie *D. elegans* em questão e ao cansaço visual humano no extenso número
430 de comparações. Em geral, o padrão de manchas dorsais na espécie *D. elegans* tende a fechar
431 quase ou todo o tronco dos indivíduos em nosso banco de imagens (**Figura 5**). Além disso, o
432 padrão de fundo da coloração dos indivíduos apresentou variações (**Figura 5A, D e E**), o que
433 pode ser atribuído ao ambiente e temperatura em que se encontravam (Thibaudeau et al., 2012),
434 levando também a um escurecimento nos tons das marcações alvo de comparação. Esses
435 eventos podem ter atuado como fatores de confusão, requerendo uma observação de mais
436 aspectos, como as manchas nos membros posteriores e anteriores, bem como buscar
437 particularidades dos indivíduos, como pequenas manchas fora do padrão, cicatrizes, extensões
438 das manchas, pigmentação e afins, para tomar a decisão, gerado um cansaço visual.

439 Em relação à hipótese acerca da precisão, verificamos uma similaridade na precisão
440 de correspondência entre os três métodos de identificação utilizados. A fotoidentificação
441 auxiliada por *software* apresentou similaridade na quantidade de erros e acertos quando
442 comparada à fotoidentificação manual e aos elastômeros e, dada a alta precisão das 3 formas de
443 comparação encontradas nesse estudo – maior que 90% -, foi um desempenho satisfatório.

444 Por fim, acerca da hipótese referente à acurácia, detectamos maior acurácia para as
445 comparações auxiliadas por software, enquanto a identificação manual foi a que mais gerou os
446 dois tipos de erros possíveis, sendo os de Falsa Aceitação em maior quantidade. A elaboração
447 do ranking de 20 fotografias por ordem de similaridade com a fotografia alvo no *software*
448 corroborou na decisão sobre o indivíduo mais confiável para o observador em menos tempo
449 dentre as 3 formas de identificação (Bolger, et al., 2012). Não detectamos erros de Falsa
450 Aceitação para a fotoidentificação auxiliada por *software*, corroborando com achados de Lima-
451 Araújo et al., (2021) para *Pithecopus gonzagai*. Temos consciência de que métodos aqui
452 utilizados não são livres de erros (Caorsi, Santos & Grant, 2012), mas, de fato, constatamos que
453 o número de erros correspondeu ao auxílio do *Software* foi irrelevante. Os elastômeros
454 marcaram os dois tipos de erros, sendo Falsa Rejeição com maior frequência. Esse resultado

455 corroborou com achados de Bendik et al. (2013), que encontrou uma chance 2.5 vezes maior
456 de erros desse tipo para elastômeros em comparação com a fotoidentificação auxiliada por
457 *software* com uma salamandra. Em nosso experimento, percebemos a migração de marcas em
458 3 indivíduos em um intervalo de duas semanas. Alguns autores alertam sobre a migração dos
459 elastômeros em juvenis (Grant et al., 2008) e adultos (Campbell et al., 2009; Bendik et al.,
460 2013). Apesar da alta precisão, recomendamos que os estudos que utilizam o Implante de
461 Elastômeros Visíveis realizem verificações periódicas em um estudo piloto para as espécies,
462 para melhor delineamento da frequência de coletas que requeiram a marcação e recaptura dos
463 indivíduos.

464 Acreditamos que o nosso protocolo estabelecido foi bem sucedido na execução
465 da técnica de fotoidentificação em campo. Nosso estudo registrou um número relativamente
466 pequeno de recapturas para *D. elegans*. Reiteramos também que o período de coleta foi curto
467 (7 meses), o que pode ter contribuído para o fator supracitado. No entanto, Lima & Araújo
468 (2021), para um estudo de fotoidentificação com *Pithecopus gonzagay*, detectaram 26
469 recapturas de um total desconhecido de novas capturas. Conseguimos fotografias com um fundo
470 homogêneo e que não exigiu edição excessiva das fotografias, ressaltando a importância de
471 manter um padrão nas fotografias referente à distância da lente e fundo, principalmente. No
472 entanto, percebemos que em alguns casos, havia muita luminosidade refletindo no dorso do
473 animal, mesmo que não fosse na região de nosso interesse e mesmo tendo removido o excesso
474 de umidade da pele dos espécimes. Portanto, recomendamos o uso de luminárias com adaptação
475 de luz em 3 níveis, para que o nível intermediário seja verificado e ajustado ao padrão de
476 fotografias estabelecido.

477 **5 Conclusão**

478 Nossos achados corroboram em relação à precisão da fotoidentificação para
479 anfíbios anuros somado a um protocolo pré-estabelecido. O uso da fotoidentificação com um
480 protocolo pré-estabelecido para campo pode ser uma alternativa viável à técnicas mais usadas
481 e invasivas para outras espécies animais com padrão de manchas característico. Além disso,
482 não detectamos alterações no padrão de manchas de interesse nos indivíduos ao longo da coleta,
483 o que indica que *D. elegans* é uma espécie candidata à fotoidentificação para estudos que
484 necessitem de marcação individual voltados à estudos populacionais e criação de históricos de
485 recapturas. No entanto, no caso de marcação com elastômeros, é preciso realizar investigações
486 prévias da retenção das marcas artificiais, de preferência, com métodos complementares
487 distintos. Recomendamos fortemente que mais estudos avaliem a técnica de fotoidentificação

488 sob um protocolo que sejam realizados com espécies endêmicas do Brasil, das florestas nativas
489 e/ou em alguma categoria de ameaça local ou pela IUCN, dada sua praticidade e acessibilidade.

490

491 **6 Agradecimentos**

492 Agradecemos à Universidade Federal de Pernambuco e ao Programa de Pós Graduação
493 em Etnobiologia e Conservação da natureza pelo apoio acadêmico na elaboração desta
494 pesquisa. Também agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível
495 Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado, bem como ao suporte do Parque Estadual Dois
496 Irmãos na permissão de coleta de dados e aos vigilantes que sempre nos acompanharam.
497 Também agradecemos aos companheiros de campo Flávio José, João Cunegundes, Gabriel
498 Dantas, Thaís Vieira, Paulo Lacerda, Luís Antônio, Gabriel Dantas e Yanka Oliveira. Xavier
499 Arnan agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
500 pela bolsa de produtividade (PQ-2, Processo 307385/2020-5).

501 **7 Referências**

502

- 503 Bailey, L. L. (2004). Evaluating elastomer marking and photo identification methods for
504 terrestrial salamanders: marking effects and observer bias. *Herpetological Review*, 35(1), 38.
- 505 Bastos, R. P., & Haddad, C. F. (1996). Breeding activity of the neotropical treefrog *Hyla*
506 *elegans* (Anura, Hylidae). *Journal of Herpetology*, 305-360.
- 507 Beausoleil, N. J., Mellor, D. J., & Stafford, K. J. (2004). Methods for marking New Zealand
508 wildlife: amphibians, reptiles and marine mammals. Department of Conservation.
- 509 Blaustein, A. R.; Wake, D. B. (1995). Declive de las poblaciones de anfibios. *Investigación y*
510 *ciencia*, v. 225, p. 8-13.
- 511 Bolger, D. T., Morrison, T. A., Vance, B., Lee, D., & Farid, H. (2012). A computer-assisted
512 system for photographic mark-recapture analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(5),
513 813-822.
- 514 Bonneau, J. L.; Thurow, R. E.; Scarnecchia, D. L. (1995). Captura, Marcação e Enumeração de
515 Truta de Touro Juvenil e Truta Degolada em Pequenos Fluxos de Baixa Condutividade. *North*
516 *American Journal of Fisheries Management*, 15(3), 563-568.
- 517 Borremans, B., Sluydts, V., Makundi, R. H., & Leirs, H. (2014). Evaluation of short-, mid-and
518 long-term effects of toe clipping on a wild rodent. *Wildlife Research*, 42(2), 143-148.
- 519 Bradfield, K. S. (2004). Photographic identification of individual Archey's frogs, *Leiopelma*
520 *archeyi*, from natural markings (Vol. 191). Wellington, New Zealand: Department of
521 Conservation.
- 522 Brannelly, L. A., Berger, L., & Skerratt, L. F. (2014). Comparison of three widely used marking
523 techniques for adult anuran species *Litoria verreauxii alpina*. *Herpetological Conservation and*
524 *Biology*, 9(2), 428-435.

- 525 Burgstaller, S., Gollmann, G., & Landler, L. (2020). The green toad example: a comparison of
526 pattern recognition software.
- 527 Camper, J. D., & Dixon, J. R. (1988). Evaluation of a microchip marking system for amphibians
528 and reptiles. Texas Parks & Wildlife Department.
- 529 Caorsi, V. Z., Santos, R. R., & Grant, T. (2012). Clip or snap? An evaluation of toe-clipping
530 and photo-identification methods for identifying individual Southern Red-Bellied Toads,
531 *Melanophryniscus cambaraensis*. South American Journal of Herpetology, 7(2), 79-84.
- 532 Campbell, T. S., Irvin, P., Campbell, K. R., Hoffmann, K., Dykes, M. E., Harding, A. J., &
533 Johnson, S. A. (2009). Evaluation of a new technique for marking anurans. Applied
534 Herpetology, 6(3), 247.
- 535 Grant, E. H. C. (2008). Visual implant elastomer mark retention through metamorphosis in
536 amphibian larvae. The Journal of Wildlife Management, 72(5), 1247-1252.
- 537 Lima-Araujo, F., Brasileiro, A. C., Carvalho, E. F. F., & Passos, D. C. (2021). Efficiency of
538 photo identification of inguinal color patterns of *Pithecopus gonzagai* (Anura:
539 Phyllomedusidae) from northeastern Brazil. Phyllomedusa: Journal of Herpetology, 20(1), 67-
540 74.
- 541 Davis, T. M., & Ovaska, K. (2001). Individual recognition of amphibians: effects of toe clipping
542 and fluorescent tagging on the salamander *Plethodon vehiculum*. Journal of Herpetology, 217-
543 225.
- 544 Dawson, J., Panter, C. T., & Zeisset, I. (2021). Comparisons of image-matching software when
545 identifying pool frog (*Pelophylax lessonae*) individuals from a reintroduced population.
546 Herpetological Journal, 31(1).
- 547 Elgue, E., Pereira, G., Achaval-Coppes, F., & Maneyro, R. (2014). Validity of photo-
548 identification technique to analyze natural markings in *Melanophryniscus montevidensis*
549 (Anura: Bufonidae). Phyllomedusa: Journal of Herpetology, 13(1), 59-66.
- 550 Perry, G. (2007). A Review of Marking and Individual Recognition Techniques for Amphibians
551 and Reptiles. HERPETOLOGICAL REVIEW, 38(3), 365.
- 552 Kenyon, N., Phillott, A. D., & Alford, R. A. (2009). Evaluation of the photographic
553 identification method (PIM) as a tool to identify adult *Litoria genimaculata* (Anura: Hylidae).
554 Herpetological Conservation and Biology, 4(3), 403-410.
- 555 Kelly, M. J. (2001). Computer-aided photograph matching in studies using individual
556 identification: an example from Serengeti cheetahs. Journal of Mammalogy, 82(2), 440-449.
- 557 Kim, M. Y., Borzée, A., Kim, J. Y., & Jang, Y. (2017). Treefrog lateral line as a mean of
558 individual identification through visual and software assisted methodologies. Journal of
559 Ecology and Environment, 41(1), 1-6.
- 560 Matthe, M., Sannolo, M., Winiarski, K., Spitzen-van der Sluijs, A., Goedbloed, D., Steinfartz,
561 S., & Stachow, U. (2017). Comparison of photo-matching algorithms commonly used for
562 photographic capture–recapture studies. Ecology and evolution, 7(15), 5861-5872.
- 563 Melo, I. V., Moura, G. J. B., Freitas, M. A. D., Andrade, E. V. E., Casal, C., Abegg, A. D., &
564 Kokubum, M. N. C. (2018). New additions to the herpetofauna of the Dois Irmãos State Park,
565 an urban Atlantic Rainforest fragment in northeastern Brazil. Herpetology Notes, 11, 245-254.

Pereira, G., & Maneyro, R. (2016). Movement patterns in a Uruguayan population of *Melanophryniscus montevidensis* (Philippi, 1902) (Anura: Bufonidae) using photo-identification for individual recognition. *South American Journal of Herpetology*, 11(2), 119-126.

566 **Fotoidentificação como uma ferramenta potencial no reconhecimento individual de**
 567 ***Dendropsophus elegans* (Anura: Hylidae)**

568 Lara Valesca Mendonça da Costa Santos^{1,2*}, Geraldo Jorge Barbosa de Moura¹, Xavier
 569 Arnan^{2,3}

570 ¹Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Departamento de
 571 Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil,
 572 52171-900;

573 ²Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza, Universidade
 574 Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil;

575 ³Laboratório de Ecologia, Botânica e Etnobiologia, Universidade de Pernambuco,
 576 Garanhuns, Pernambuco, Brazil, 55294-902.

577 *correspondence author: lvmcs1998@gmail.com

Informação de suporte

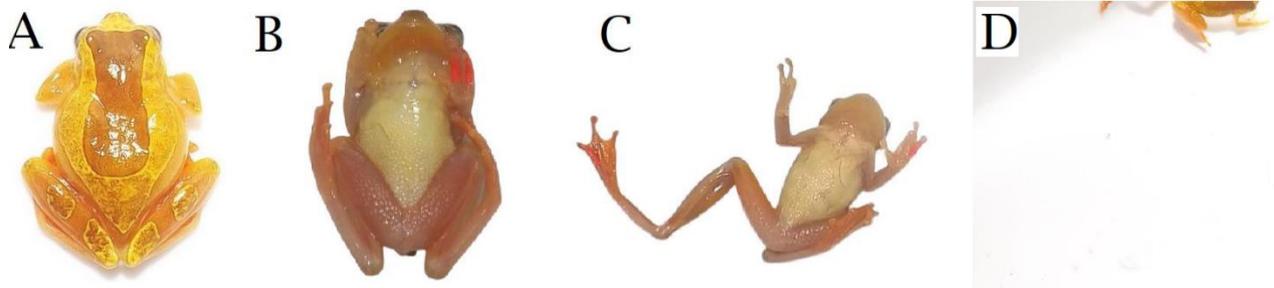


Figura S1: Display comportamental exibido pelos indivíduos submetidos às técnicas de fotoidentificação e elastômeros em campo. Na figura A, temos comportamento de “Inflar o corpo” e “Contração” (B). As figuras C e D correspondem, respectivamente, à “Fingir-se de morto” e “Tentativa de fuga”.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.2 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

O cenário atual de marcação e recaptura da fauna silvestre tem os vertebrados como grupo mais estudado, bem como indicou a baixa amostragem de invertebrados, sendo a única classe invertebrada representativa a dos insetos. Apesar das 24 técnicas relatadas, apenas duas não tecnológicas foram as mais relatadas e mais frequentes para os mamíferos, classe mais amostrada. Mesmo com o avanço da tecnologia com o passar dos anos, detectamos que os autores possivelmente ainda priorizam apenas a retenção das marcas, sem considerar primeiramente a invasividade ou potencial tecnológico das técnicas. Apesar disso, vimos que algumas características das técnicas – invasividade, tecnologia e durabilidade – estavam associadas a aspectos específicos dos estudos, mas não da mesma maneira. Classes zoológicas, por exemplo, tiveram associação com todas as características supracitadas das técnicas. O cenário para objetivos, biomas e justificativas, por exemplo, não seguiu o mesmo padrão. Além disso, as vantagens mais relatadas pelos pesquisadores sobre o uso das técnicas em geral remetiam a estudos realizados anteriormente que indicaram sucesso na marcação, e isso reforça a importância da investigação do uso de métodos inovadores em espécies vulneráveis. Quanto às desvantagens, observamos que perda de marcas era algo constantemente relatado, evidenciando inclusive o constante emprego de métodos muitas vezes inadequados para um período de estudo médio a longo prazo. O nosso *guideline* o qual tem o intuito de direcionar melhor pesquisas futura acerca de marcação e recaptura de vida silvestre, se baseou nos achados desse cenário investigado, em relatos dos autores de artigos incluídos na síntese sobre alguma situação ocorrida com a técnica e a espécie em que fora aplicada, vantagens e desvantagens relatadas, características das técnicas e em contribuições de temas que outros autores já haviam abordado, mas pouco notado na escolha das técnicas.

Em nosso segundo capítulo, detectamos o potencial da fotoidentificação no reconhecimento individual de uma espécie endêmica do Brasil que possui um padrão de marcas naturais característico. Vimos que o tempo de aplicação em campo da fotoidentificação foi menor que o tempo de aplicação de elastômeros. Detectamos que, no reconhecimento individual, a fotoidentificação auxiliada por software foi tão eficiente quanto as outras técnicas (comparação manual e elastômeros) no momento da identificação dos espécimes, embora a taxa de erros tenha sido menor, o que diferiu de achados com outras espécies. O tempo de processamento e identificação das fotos pelo Wild ID também foi o menor computado. Os tipos

de comportamentos de defesa exibido pelos espécimes em campo submetidos à fotoidentificação foi estatisticamente igual à quantidade exibida pelos indivíduos submetidos à elastômeros em campo. Apesar do baixo número de recapturas registrado, nossos resultados indicam que a fotoidentificação em campo acompanhada de um protocolo e a comparação auxiliada por software podem ser ferramentas rápidas, acessíveis e eficientes na individualização de animais com padrões de manchas características.

8.3 PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Compreendemos que nem todos os estudos futuros podem se encaixar perfeitamente em nosso *guideline* para a escolha do método ideal, uma vez que trabalhamos na perspectiva de dados que achamos pertinentes de serem investigados, e a adaptação destes dados à natureza do estudo futuramente realizado fica a critério do pesquisador. Por fim, temos consciência que a forte recomendação de estudos com técnicas tecnológicas pode não ser viável para estudos em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, que inclusive tiveram baixa representatividade em nossos achados, mas acreditamos que parcerias científicas serão essenciais na resolução desta demanda.

Para o segundo capítulo, obtivemos um número baixo de recapturas. Acreditamos que o demorado processo burocrático de aprovação de coleta devido à pandemia pode ter influenciado nesse fator, uma vez que tivemos apenas 7 meses de coleta para a espécie. No entanto, ressaltamos que, com o nosso banco de dados, foi possível avaliar a efetividade das técnicas. Estudos com um maior prazo de coleta serão úteis para verificarmos o desempenho da fotoidentificação nos diferentes delineamentos amostrais.

8.4 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS E/OU METODOLÓGICAS DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação não só investigou o cenário global a aplicação de técnicas de marcação e recaptura para fauna silvestre, como também propôs um *guideline* considerando características específicas avaliadas dos estudos incluídos na síntese. Nosso *guideline* pode ser relevante no auxílio da tomada de decisão sobre qual técnica mais adequada os pesquisadores de diversos locais do mundo podem aplicar nas espécies estudadas, considerando uma série de fatores inerentes ao estudo. Assim, observando os aspectos avaliados no presente estudo e a realidade da pesquisa em cada caso, é possível simular condições em que determinadas técnicas poderão ser mais adequadas que outras, de maneira a reduzir a perda de esforço, investimento financeiro e de dados ecológicos das espécies por falhas das técnicas que poderiam ser ponderadas antes do início do estudo. De maneira a complementar essa ideia geral, também utilizamos um protocolo adaptado conforme sugestões de outros autores e do presente estudo que permitiu a verificação da eficiência da técnica de fotoidentificação aplicada a

Dendropsophus elegans em nosso universo amostral, um anuro endêmico do Brasil. Os achados dessa dissertação incrementam e reforçam o incentivo à testes com a fotoidentificação em espécies candidatas (e.g. que possuam um padrão de manchas naturais visivelmente distinto entre os indivíduos), para que cada vez mais essa técnica menos invasiva e potencialmente tecnológica possa ser empregada em mais e mais espécies.

8.5 PROPOSTAS DE INVESTIGAÇÕES FUTURAS

De maneira geral, sugerimos que mais pesquisas sobre técnicas de marcação e recaptura de vertebrados e invertebrados sejam realizadas. Percebemos uma massiva quantidade de trabalhos que relatam técnicas de marcação aplicados a vertebrados, mas o cenário para invertebrados – até mesmo os de interesse comercial – ainda é escasso. Sugerimos que estudos como este que gerem um *guideline* com recomendações relevantes sejam realizados com maior foco em invertebrados, para que novos métodos amplamente aplicados em vertebrados possam ser adaptados quanto ao peso e às peculiaridades de cada táxon, afim de ampliar a gama de possibilidades de coleta de dados ecológicos do grupo. Além disso, estimulamos a investigação do uso de técnicas tecnológicas, não invasivas e duradouras para estudos populacionais de vertebrados, para que o cenário que reflete as perdas de marcas como maior prejuízo aos estudos ecológicos venha pouco a pouco sendo eliminado.

Os nossos achados a respeito da eficiência da fotoidentificação abrem portas para a maior difusão dessa técnica em mais espécies de animais endêmicos e ameaçados em extinção ou até mesmo espécies invasoras que atendam aos pré-requisitos da técnica. Sugerimos também que essa técnica possa ser verificada em parceria com a ciência cidadã, integrando a comunidade não acadêmica a colaborar com pesquisadores no monitoramento das espécies nativas ou invasoras de determinado local. Além disso, alertamos para a realização de mais estudos com elastômeros que busquem verificar a perda ou migração de marcas que podem ser subamostradas a depender da espécie.

5.5 ORÇAMENTO

Custos estimados para amostragem dos anuros

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio de Bolsa para a discente Lara Valesca Mendonça da Costa Santos e auxílio pelo Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP), concedido também pela CAPES. As despesas para amostragem incluem a compra de material de campo, alimentação e transporte. Foram gastos cerca de R\$ 400,00 em 7 meses de coleta. Além disso, a câmera digital utilizada na metodologia deste trabalho foi adquirida para uso na metodologia com recursos próprios da discente. Com esse investimento foram coletados 54 indivíduos anuros adultos de

duas espécies. Algumas despesas iniciais como aquisição de câmera digital para atender à metodologia do capítulo II foram de aquisição própria da discente.

8.6 REFERÊNCIAS

- JEFFERSON, Tamlin et al. Conserving threatened marine species and biodiversity requires 40% ocean protection. *Biological Conservation*, v. 264, p. 109368, 2021.
- JANKE, Julia et al. Serological marking of *Pnigalio agraulis* (Hymenoptera: Eulophidae) for field dispersal studies. *Journal of pest science*, v. 82, n. 1, p. 47-53, 2009.
- FLOWERS, Laurice; GRICE, Elizabeth A. The skin microbiota: balancing risk and reward. *Cell host & microbe*, v. 28, n. 2, p. 190-200, 2020.
- CARSON, Henry S. et al. The survival of hatchery-origin pinto abalone *Haliotis kamtschatkana* released into Washington waters. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 29, n. 3, p. 424-441, 2019.
- BESEDIN, Darislav et al. Effect of captivity and water salinity on culture-dependent frog skin microbiota and *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) infection. *Transactions of the Royal Society of South Australia*, v. 146, n. 2, p. 273-294, 2022.
- STOJANOVIC, Dejan et al. Effects of non-random juvenile mortality on small, inbred populations. *Biological Conservation*, v. 268, p. 109504, 2022.
- PIKE, David A. et al. Estimating survival rates of uncatchable animals: the myth of high juvenile mortality in reptiles. *Ecology*, v. 89, n. 3, p. 607-611, 2008.
- MCPHEE, Daryl P. et al. A comparison of alternative systems to catch and kill for mitigating unprovoked shark bite on bathers or surfers at ocean beaches. *Ocean & Coastal Management*, v. 201, p. 105492, 2021.
- BROWNSCOMBE, Jacob W. et al. Conducting and interpreting fish telemetry studies: considerations for researchers and resource managers. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 29, n. 2, p. 369-400, 2019.
- ARMSTRONG, Doug P.; PERROTT, John K. An experiment testing whether condition and survival are limited by food supply in a reintroduced hihi population. *Conservation Biology*, v. 14, n. 4, p. 1171-1181, 2000.
- APPRILL, Amy et al. Marine mammal skin microbiotas are influenced by host phylogeny. *Royal Society open science*, v. 7, n. 5, p. 192046, 2020.

- COOKE, Steven J. et al. Pesca para peixes ameaçados de extinção: problema de conservação ou ação de conservação?. *Peixes e Pescas*, v. 17, n. 1, p. 249-265, 2016.
- FERREIRA, G. A. et al. Dermatitis prompted by a collar employed in radio-telemetry monitoring. *Anim. Welf*, v. 22, p. 195-197, 2013.
- TAGGART, Patrick L.; MORRIS, Stephen; CARAGUEL, Charles GB. The impact of PIT tags on the growth and survival of pythons is insignificant in randomised controlled trial. *PeerJ*, v. 9, p. e11531, 2021.
- CUELLAR-VALENCIA, Oscar Mauricio et al. Bioaccumulation of mercury in direct-developing frogs: The aftermath of illegal gold mining in a National Park. *Herpetological Journal*, v. 33, n. 1, 2023.
- LA PORTA, Gianandrea; GORETTI, Enzo. Movement and demography of Southern damselfly (*Coenagrion mercuriale*, Odonata) in a Mediterranean lotic ecosystem. *Ethology Ecology & Evolution*, v. 32, n. 2, p. 107-121, 2020.
- DAVIS, Harry-Pym; VANCOMPERNOLLE, Michelle; DICKENS, Jeremy. EFFECTIVENESS AND RELIABILITY OF PHOTOGRAPHIC IDENTIFICATION METHODS FOR IDENTIFYING INDIVIDUALS OF A CRYPTICALLY PATTERNED TOAD. *Herpetological Conservation and Biology*, v. 15, n. 1, p. 204-211, 2020.
- BRANNELLY, Laura A.; CHATFIELD, Matthew WH; RICHARDS-ZAWACKI, Corinne. Visual implant elastomer (VIE) tags are an unreliable method of identification in adult anurans. *Herpetological Journal*, 2013.
- ROWE, Lindsay K. et al. An estimate of the Hutton's shearwater (*Puffinus huttoni*) population in the Kaikōura region using colour-marking in 2002 and 2014. *Notornis*, v. 65, n. 4, p. 196-201, 2018.
- MCCARTHY, Michael A.; PARRIS, Kirsten M. Clarifying the effect of toe clipping on frogs with Bayesian statistics. *Journal of Applied Ecology*, v. 41, n. 4, p. 780-786, 2004.
- BAILEY, L. L. Evaluating elastomer marking and photo identification methods for terrestrial salamanders: marking effects and observer bias. *Herpetological Review*, v. 35, n. 1, p. 38, 2004.
- BASTOS, R. P.; HADDAD, C. F.B. Breeding activity of the neotropical treefrog *Hyla elegans* (Anura, Hylidae). *Journal of Herpetology*, p. 355- 360, 1996.
- BEAUSOLEIL, N. J.; MELLOR, D. J.; STAFFORD, K. J. Methods for Marking New Zealand Wildlife: Amphibians. *Reptiles and Marine Mammals*, p. 147.

- BLAUSTEIN, A. R.; WAKE, D. B. Declive de las poblaciones de anfibios. *Investigación y ciencia*, v. 225, p. 8-13, 1995.
- BOLGER, D.T. et al. 2012. A computer-assisted system for photographic mark-recapture analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, 3: 813-822, 2012.
- BONNEAU, J. L.; THUROW, R. E.; SCARNECCHIA, D. L. Captura, Marcação e Enumeração de Truta de Touro Juvenil e Truta Degolada em Pequenos Fluxos de Baixa Condutividade. *North American Journal of Fisheries Management*, 15(3), 563-568, 1995.
- BORREMANS, Benny et al. Evaluation of short-, mid-and long-term effects of toe clipping on a wild rodent. *Wildlife Research*, v. 42, n. 2, p. 143-148, 2014.
- BRADFIELD, K.S. Photographic identification of individual Archey's Frogs, *Leiopelma archeyi*, from natural markings. *DOC Science Internal Series*, 191:1-36, 2004.
- BRANNELLY, L. A.; BERGER, L.; SKERRATT, L. F. Comparison of Three widely used marking techniques for adult anuran species *Litoria verreauxii alpina*. *Herpetological Conservation and Biology*, v. 9, n. 2, p. 428-435, 2014.
- BURGSTALLER, Stephan; GOLLMANN, Günter; LANDLER, Lukas. The green toad example: a comparison of pattern recognition software. 2020.
- CAMPER, J. D.; DIXON, J. R. Evaluation of a microchip marking system for amphibians and reptiles. *Texas Parks & Wildlife Department*, 1988.
- CAORSI, V. Z.; SANTOS, R. R.; GRANT, T. Clip or snap? An evaluation of toe-clipping and photo-identification methods for identifying individual Southern Red-Bellied Toads, *Melanophryniscus cambaraensis*. *South American Journal of Herpetology*, v. 7, n. 2, p. 79-84, 2012.
- CAMPBELL, Todd S. et al. Evaluation of a new technique for marking anurans. *Applied Herpetology*, v. 6, n. 3, p. 247, 2009.
- GRANT, Evan H. Campbell. Visual implant elastomer mark retention through metamorphosis in amphibian larvae. *The Journal of Wildlife Management*, v. 72, n. 5, p. 1247-1252, 2008.
- LIMA-ARAUJO, Frede et al. Efficiency of photo identification of inguinal color patterns of *Pithecopus gonzagai* (Anura: Phyllomedusidae) from northeastern Brazil. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, v. 20, n. 1, p. 67-74, 2021.
- DAVIS, T.M., OVASKA, K. Individual recognition of amphibians: effects of toe clipping and fluorescent tagging on the salamander *Plethodon vehiculum*. **J. Herpetol.** 35: 217-225, 2001.
- DAWSON, J.; PANTER, C. T.; ZEISSET, I. Comparisons of image- Matching software when identifying pool frog (*Pelophylax lessonae*) individuals from a reintroduced population. **Herpetological Journal**, v. 31,n. 1, 2021
- ELGUE, E. *et al.* Validity of photo-identification technique to analyze natural markings in *Melanophryniscus montevidensis* (Anura: Bufonidae). **Phyllomedusa: Journal of Herpetology**, v. 13, n. 1, p. 59-66, 2014.
- FERNER, J. W. A review of marking and individual recognition techniques for amphibians and reptiles. Salt Lake City. **Society for the Study of Amphibians and Reptiles**, 78p, 2007.
- KENYON, N., PHILLOTT, A. D., ALFORD, R.A.: Evaluation of photographic

identification method (PIM) as a tool to identify adult *Litoria genimaculata* (Anura: Hylidae). **Herpetological Conservation and Biology** 4: 403–410, 2010.

KELLY, M. J. Computer-aided photograph matching in studies using individual identification: an example from Serengeti cheetahs. **Journal of Mammalogy**, v. 82, n. 2, p. 440-449, 2001.

KIM, M. Y. *et al.* Treefrog lateral line as a mean of individual identification through visual and software assisted methodologies. **Journal of Ecology and Environment**, v. 41, n. 1, p. 1-6, 2017.

MATTHÉ, M. *et al.* Comparison of photo-matching algorithms commonly used for photographic capture–recapture studies. **Ecology and evolution**, v. 7, n. 15, p. 5861-5872, 2017.

MELO, Í. V. *et al.* New additions to the herpetofauna of the Dois Irmãos State Park, an urban Atlantic Rainforest fragment in northeastern Brazil. **Herpetology Notes**, 2018.

PEREIRA, G.; MANEYRO, R. Movement patterns in a Uruguayan population of *Melanophryniscus montevidensis* (Philippi, 1902)(Anura: Bufonidae) using photo-identification for individual recognition. *South American Journal of Herpetology*, v. 11, n. 2, p. 119-126, 2016.

9 ANEXOS

ANEXO 1: Parecer com autorização da pesquisa pelo Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SISGEN) do Ministério do Meio Ambiente



Ministério do Meio Ambiente
CONSELHO DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO
 SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO
Comprovante de Cadastro de Acesso
 Cadastro nº A15A018

A atividade de acesso ao Patrimônio Genético, nos termos abaixo resumida, foi cadastrada no SisGen, em atendimento ao previsto na Lei nº 13.123/2015 e seus regulamentos.

Número do cadastro: **A15A018**
 Usuário: **Lara Valesca Mendonça da Costa Santos**
 CPF/CNPJ: **043.740.485-45**
 Objeto do Acesso: **Patrimônio Genético**
 Finalidade do Acesso: **Pesquisa**

Espécie

Dendropsophus elegans

Título da Atividade: **USO DE MARCAS NATURAIS COMO FERRAMENTA CONSERVACIONISTA NO MONITORAMENTO POPULACIONAL DE ANUROS ENDÊMICOS DA MATA ATLÂNTICA AO LONGO DE UM GRADIENTE SUCESSIONAL**

Equipe

Lara Valesca Mendonça da Costa Santos	UFRPE
Geraldo Jorge Barbosa de Moura	Universidade Federal Rural de Pernambuco
Xavier Arnan Viadiu	Universidade de Pernambuco

Data do Cadastro: **06/09/2021 16:52:46**
 Situação do Cadastro: **Concluído**

Conselho de Gestão do Patrimônio Genético
 Situação cadastral conforme consulta ao SisGen em 13:08 de 20/10/2021.



SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO
 DO PATRIMÔNIO GENÉTICO
 E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL
 ASSOCIADO - **SISGEN**

578

579

580

ANEXO 2: Parecer com autorização da pesquisa pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO)



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 80088-2	Data da Emissão: 17/03/2022 19:34:17	Data da Revalidação*: 22/09/2022
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Lara Valesca Mendonça da Costa Santos	CPF: 043.740.485-45
Título do Projeto: AVALIAÇÃO DO USO DE MARCAS NATURAIS COMO FERRAMENTA PARA O MONITORAMENTO POPULACIONAL DE UM ANURO AO LONGO DE UM GRADIENTE SUCESSIONAL DE MATA ATLÂNTICA	
Nome da Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco	CNPJ: 24.416.174/0001-06

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Coleta de dados, marcação e fotografia dos animais	10/2021	09/2022

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Nacionalidade
1	gerald jorge barbosa de moura	Colaborador	856.532.174-68	Brasileira

Observações e ressalvas

1	Deve-se observar as as recomendações de prevenção contra a COVID-19 das autoridades sanitárias locais e das Unidades de Conservação a serem acessadas.
2	Esta autorização NÃO libera o uso da substância com potencial agrotóxico e/ou inseticida e NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros).
3	Esta autorização NÃO libera o uso da substância com potencial agrotóxico e/ou inseticida e NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros).
4	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.
5	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
6	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen .
8	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 080088022020317

Página 1/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 80088-2	Data da Emissão: 17/03/2022 19:34:17	Data da Revalidação*: 22/09/2022
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Lara Valesca Mendonça da Costa Santos	CPF: 043.740.485-45
Título do Projeto: AVALIAÇÃO DO USO DE MARCAS NATURAIS COMO FERRAMENTA PARA O MONITORAMENTO POPULACIONAL DE UM ANURO AO LONGO DE UM GRADIENTE SUCESSIONAL DE MATA ATLÂNTICA	
Nome da Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco	CNPJ: 24.416.174/0001-06

Materiais e Métodos

#	Tipo de Método (Grupo taxonômico)	Materiais
1	Método de captura/coleta (Anfíbios)	Captura manual, Bioacústica
2	Método de marcação (Anfíbios)	Biopolímero

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo destino
1	Universidade Federal Rural de Pernambuco	Outro

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0800880220220317

Página 3/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 80088-2	Data da Emissão: 17/03/2022 19:34:17	Data da Revalidação*: 22/09/2022
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Lara Valesca Mendonça da Costa Santos	CPF: 043.740.485-45
Título do Projeto: AVALIAÇÃO DO USO DE MARCAS NATURAIS COMO FERRAMENTA PARA O MONITORAMENTO POPULACIONAL DE UM ANURO AO LONGO DE UM GRADIENTE SUCESSIONAL DE MATA ATLÂNTICA	
Nome da Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco	CNPJ: 24.416.174/0001-06

Observações e ressalvas

9	Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, possessor ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
10	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infraestrutura da unidade.

Outras ressalvas

1	RAN Goiânia-GO
---	----------------

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Descrição do local	Município-UF	Bioma	Caverna?	Tipo
1	Parque Estadual Dois Irmãos	Recife-PE	Mata Atlântica	Não	Dentro de UC Estadual

Atividades

#	Atividade	Grupo de Atividade
1	Captura de animais silvestres in situ	Fora de UC Federal
2	Marcação de animais silvestres in situ	Fora de UC Federal

Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxon	Qtde.
1	Marcação de animais silvestres in situ	Scinax auratus	-
2	Captura de animais silvestres in situ	Scinax auratus	-
3	Marcação de animais silvestres in situ	Dendropsophus elegans	-
4	Captura de animais silvestres in situ	Dendropsophus elegans	-

A quantidade prevista só é obrigatória para atividades do tipo "Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ". Essa quantidade abrange uma porção territorial mínima, que pode ser uma Unidade de Conservação Federal ou um Município.

A quantidade significa: por espécie X localidade X ano.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0800880220220317

Página 2/4

ANEXO 3: Decisão sobre solicitação de mudança de projeto inicial devido à imprevistos provocados pela pandemia da COVID-19.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ETNOBIOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DA NATUREZA / PPGETNO

COLEGIADO DE COORDENAÇÃO DIDÁTICA DO PPGETno

DECISÃO No. 53/2022

O Colegiado de Coordenação Didática do Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza – CCD/PPGETno, da UFRPE, em sua Reunião ordinária realizada no dia 08 de março de 2022, examinando o expediente proveniente do processo: 23082. 005692/2022-29, sobre aprovação de mudanças no projeto de mestrado da discente **Lara Valesca Mendonça da Costa Santos**. O CCD resolve, na unanimidade de seus membros presentes, aprovar o parecer do conselheiro relator Felipe Pimentel Lopes de Melo, favorável às mudanças no projeto intitulado *“Avaliação do uso de marcas naturais como ferramenta para investigação de parâmetros populacionais de um anuro ao longo de um gradiente sucessional de mata atlântica.”*.

Sala de reuniões do PPGETno/UFRPE.

Em 08/03/2022

01. _____ (Presidente)

 02. _____

 03. _____




MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ETNOBIOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DA NATUREZA / PPGETNO

Marilene Gomes Ferreira Junior

04. _____

Ana Carolina Sacramento

05. _____

Lucas de Almeida

06. _____

Ingrid de Siqueira

07. _____

Recife, 08 de março de 2022.