

ARTIGO CIENTÍFICO

Ciência cidadã em um bioma ameaçado: uma perspectiva para a Mata Atlântica brasileira

Lucas Rodriguez Forti^{1,2} , Ana Marta Pereira R. da S. Passetti²,
Talita Oliveira³, Arthur Queiros, Maria Alice Dantas Ferreira Lopes⁴,
Jandson Lucas Camelo da Silva⁵, Judit K. Szabo^{6*} 

¹ Departamento de Biociências, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av. Francisco Mota, 572, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, 59625-900

² Programa de Pós-Graduação em Ecologia: Teoria, Aplicações e Valores, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Rua Barão de Jeremoabo, 668, Campus de Ondina, Salvador, Bahia, Brasil, 40170-115

³ Graduação em Ecologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av. Francisco Mota, 572, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, 59625-900

⁴ Graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av. Francisco Mota, 572, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, 59625-900

⁵ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av. Francisco Mota, 572, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, 59625-900

⁶ College of Engineering, IT and Environment, Charles Darwin University, Casuarina, Northern Territory 0909, Australia

***Autor para correspondência:**
E-mail: judit.szabo@cdu.edu.au

Recebido: 18/09/2023
Aceito: 11/07/2024

Resumo

A ciência cidadã levou a pesquisa da biodiversidade para a era do *big data*, uma vez que dados sobre ocorrência de espécies compartilhados em plataformas *online* são uma fonte promissora de informações para estudos ecológicos em larga escala, como aqueles aplicados à biomassas. Estudos em escalas espaciais mais amplas são fundamentais para a tomada de decisões. Desta forma, no presente trabalho avaliamos a contribuição dos usuários do iNaturalist para entender até que ponto a ciência cidadã está contribuindo para o conhecimento sobre a biodiversidade da Mata Atlântica brasileira. Fornecemos aqui uma análise quantitativa dos padrões temporais e espaciais no conjunto de dados do iNaturalist, incluindo uma ênfase particular em espécies globalmente ameaçadas e quase ameaçadas. Obtivemos um banco de dados bruto com 877.301 observações para o bioma até fevereiro de 2023. Os insetos representaram 49,7% das observações, enquanto os peixes de nadadeiras raiadas representaram apenas 0,2%. Encontramos lacunas espaciais principalmente no Corredor Central da Mata Atlântica (CCMA) e nas florestas do Alto Paraná. O conjunto de dados incluiu 15.048 espécies não marinhas com base em observações de “nível pesquisa”, o que representou mais da metade das espécies estimadas para ocorrer na Mata Atlântica. Curvas de rarefação e mapas de riqueza de espécies mostraram amostragem insuficiente para a maioria dos táxons e baixa representatividade espacial das espécies. Uma maior representatividade de observações de áreas remotas e, em particular, de áreas protegidas mais distantes dos centros urbanos, poderiam contribuir bastante para redução das lacunas espaciais no banco de dados. Apesar dessas deficiências, a ciência cidadã conseguiu uma contribuição espetacular e espera-se que no futuro se torne a principal fonte de dados de biodiversidade na Mata Atlântica e em outros biomas ameaçados.

Palavras-chave: Biodiversidade, dados coletados por voluntários, espécies ameaçadas, iNaturalist, pesquisa em larga escala, pesquisa participativa

Citizen science in a threatened biome: a perspective for the Brazilian Atlantic Forest

Abstract

Citizen science has enabled biodiversity research to enter the era of big data, as species occurrence data shared on online platforms become a valuable source of information for large-scale ecological studies, including those conducted at the biome level. Such broad-scale spatial assessments are pivotal for decision-making. Therefore, in the present work, we evaluate the contribution of iNaturalist users, and thereby the contribution of citizen science, to our knowledge of the biodiversity of the Brazilian Atlantic Forest. We quantitatively analyze temporal and spatial patterns in the iNaturalist dataset based on 877,301 observations from the biome until February 2023. Insects represented 49.7% of observations, while ray-finned fishes amounted to only 0.2%. Spatial gaps were predominant in the Central Biodiversity Corridor and in the western part of the biome. The dataset included “research grade” observations of 15,048 non-marine species, representing almost half of the species estimated to occur in the Atlantic Forest. Rarefaction curves and species richness maps indicated insufficient sampling for most taxa and low spatial representativeness of species. Through structured projects, groups of iNaturalist observers could collect more observations from remote areas, particularly in protected areas further from urban centers, to reduce spatial gaps in the dataset. Despite these shortfalls, citizen science has made a spectacular contribution and is expected to become the main source of biodiversity data from the Atlantic Forest, as well as other threatened biomes in the near future.

Keywords: Biodiversity, endangered species, iNaturalist, large-scale research, participatory research, volunteer-collected data

INTRODUÇÃO

A participação pública em levantamentos de espécies tem fornecido uma grande quantidade de dados (Bonney 2021). Essa abordagem, chamada de ciência cidadã, revolucionou a pesquisa sobre a biodiversidade e tem permitido avaliações de padrões ecológicos em larga escala (Devictor *et al.* 2010; Callaghan *et al.* 2021a). Embora a coleta de dados não padronizada resulte em conjuntos de dados contendo vieses espaciais, taxonômicos e temporais (Szabo *et al.* 2012), as observações coletadas pelos cidadãos aumentaram nosso conhecimento sobre a distribuição espaço-temporal das espécies (Dickinson *et al.* 2010; Bird *et al.* 2014). Atualmente, pelo menos 43% dos dados de ocorrência

de espécies do Brasil que estão hospedados no *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) originaram-se de iniciativas de ciência cidadã, como eBird e iNaturalist (GBIF.org 2022). Em alguns países, a cobertura de espécies dessas plataformas está quase completa: quase 90% das espécies de aves existentes nos EUA, por exemplo, são representadas por pelo menos uma observação no iNaturalist (Di Cecco *et al.* 2021).

A maioria dos dados da ciência cidadã não apenas apoia a pesquisa em macroecologia, mas também fornece informações para entender as tendências populacionais (Dennis *et al.* 2017; Horns *et al.* 2018; Fink *et al.* 2020), o efeito do clima na distribuição, abundância e fenologia das espécies (Hurlbert e Liang 2012; Champion *et al.* 2018; Forti *et al.* 2022a) e pode

orientar a tomada de decisões em relação à conservação da biodiversidade (Tulloch *et al.* 2013; Kobori *et al.* 2016; Newman *et al.* 2017; Forti *et al.* 2022a). O engajamento de voluntários também facilita a compreensão do processo de produção de conhecimento pelo público, rompe barreiras acadêmicas e transforma positivamente os valores pessoais dos cidadãos em relação à natureza (Bonney *et al.* 2016; Owen e Parker 2018; Ghilardi-Lopes *et al.* 2024). Em escala nacional a ciência cidadã tem sido sugerida também como um mecanismo de combater o ceticismo e a desconfiança científica na sociedade (Forti e Szabo 2024).

Todos os produtos da ciência cidadã podem beneficiar biomas biodiversos e ameaçados como a Mata Atlântica, segunda maior floresta tropical da América do Sul, que se estende por toda a costa brasileira e engloba grandes centros populacionais humanos, como São Paulo e Rio de Janeiro (Marques *et al.* 2021). A Mata Atlântica é um complexo de fitofisionomias que inclui desde florestas perenifólias, caducifólias e semidecíduas até manguezais, dunas e campos de altitude (Ribeiro *et al.* 2011). Sua intrincada topografia se estende por uma grande faixa de elevações (0 a quase 3000 metros acima do nível do mar) com estratificação vertical complexa, contendo muitos substratos que criam microhabitats para uma biota diversa (Morellato e Haddad 2000; Ramalho 2004). Essas características resultam em centros de endemismo para múltiplos táxons e tornam esse bioma altamente rico em espécies (Silva e Casteletti 2003; Silva *et al.* 2004). Infelizmente, dada a sua grande extensão, muitas áreas ainda estão sub-representadas nos estudos ecológicos (Figueiredo *et al.* 2021).

Começando pela colonização portuguesa do Brasil, há mais de 500 anos, as pressões antrópicas chegaram a reduzir a extensão da vegetação nativa da Mata Atlântica para 7,6% de sua extensão original (Marques e Grelle 2021). Atualmente, graças a recentes iniciativas de restauração no bioma (i.e., <https://pactomataatlantica.org.br/>), a extensão da vegetação da Mata Atlântica pode ter chegado entre 16 e 22%, ainda que, de forma alarmante, esta cobertura seja representada por pequenas áreas fragmentadas (Ribeiro *et al.* 2009; Vancine *et al.* 2024) e as áreas protegidas representem apenas 2% da área original com vegetação nativa (Tabarelli *et al.* 2005). Embora as taxas de desmatamento do bioma, historicamente impulsionadas por plantios de cana-de-açúcar e café (Dean 1997), tenham diminuído, as mudanças climáticas e a fragmentação dos remanescentes florestais ainda representam uma grande ameaça à sua biodiversidade (Hirota e Ponzoni

2018; Lima *et al.* 2020).

O ritmo acelerado da perda de habitat tem causado uma demanda substancial para reduzir as deficiências de conhecimento em larga escala em relação à biota da Mata Atlântica (Figueiredo *et al.* 2021). A demanda por levantamentos de biodiversidade na Mata Atlântica, semelhante a outros *hotspots* globais, claramente excede a capacidade individual de cientistas profissionais, bem como está sujeita a restrições financeiras e logísticas. Além disso, cientistas profissionais trabalham principalmente em áreas públicas, deixando involuntariamente grandes lacunas de amostragem em terras privadas de difícil acesso (Callaghan *et al.* 2021a). Por outro lado, o esforço coletivo de cientistas cidadãos pode cobrir vários locais de amostragem ao mesmo tempo, inclusive englobando áreas com propriedades privadas (Tulloch *et al.* 2013; Callaghan *et al.* 2021a). Portanto, se pudermos superar as limitações impostas pela natureza dos dados não estruturados ou semiestruturados coletados pelos cidadãos, essas vantagens tornam a ciência cidadã uma abordagem mais econômica e espaço-temporalmente mais robusta do que métodos mais tradicionais de pesquisa (Callaghan *et al.* 2021a).

Considerando os múltiplos benefícios que a ciência cidadã trouxe em diferentes contextos e a necessidade de considerar amplas escalas espaciais para a conservação (Boyd *et al.* 2008), no presente trabalho tivemos a seguinte pergunta: Até que ponto a ciência cidadã pode contribuir para o conhecimento sobre a ocorrência e distribuição da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira? Para responder a esta questão central, avaliamos a contribuição de voluntários do iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>), uma plataforma de ciência cidadã fundamentada na contribuição de dados de ocorrência com base em uma mídia visual (fotografia) ou auditiva (áudio) dos organismos na natureza. O iNaturalist foi criado pela Academia de Ciências da Califórnia e pela National Geographic Society em 2008 (<https://www.inaturalist.org/pages/about>) e, recentemente, se tornou uma organização independente (<https://www.inaturalist.org/blog/82010-spreading-our-wings-inaturalist-is-now-an-independent-nonprofit>). Dentro dessa plataforma, a identificação do táxon presente na observação pode ser feita e validada tanto por especialistas como por usuários não profissionais que pertencem a comunidade. Além disso, há uma ferramenta de inteligência artificial que sugere identificações através da imagem contida na observação. Se as observações atingirem o nível “pesquisa”, quando dois terços dos identificadores

concordam com a identidade do táxon, elas entram no repositório do *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF; <https://www.gbif.org>). Consequentemente, o iNaturalist é uma das principais fontes de dados sobre a ocorrência de espécies que alimentam o GBIF (Bonney 2021). Nós escolhemos analisar os dados do iNaturalist porque esta plataforma é considerada uma referência global de dados de biodiversidade baseados em atividades de voluntários (Mesaglio e Callaghan 2021), onde seus usuários podem postar observações com fotografias ou sons de qualquer grupo taxonômico e, praticamente, de qualquer lugar do planeta. No momento deste estudo, a plataforma dispunha de uma comunidade de 3.467.558 observadores e 327.825 identificadores. Um total de 430.741 espécies foram observadas através de 167.083.877 de observações brutas de ocorrência. Diante de nossos resultados e das lacunas taxonômicas e espaciais identificadas, discutimos o potencial da ciência cidadã e as perspectivas de contribuir com novas informações sobre a ocorrência e distribuição de espécies na Mata Atlântica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nós usamos os limites da Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006) com dados geográficos salvos em um arquivo KML (*Keyhole Markup Language*) para criar um projeto (<https://www.inaturalist.org/projects/biodiversidade-geral-mata-atlantica>) dentro da plataforma englobando o domínio do bioma. A partir deste projeto, todas observações realizadas dentro dos limites espaciais estabelecidos são automaticamente compiladas para dentro do projeto. Nós realizamos requisições formais de download via API (*Application Programming Interface*) do website para compilação dos dados completos na página do projeto dentro da plataforma. Removemos observações duplicadas com base na repetição de dados referentes as espécies, data das observações e localizações geográficas. Excluímos também observações de espécies marinhas e aquelas com localização geográfica sobre o mar usando a ferramenta de recorte no software QGIS 3.30 ‘s-Hertogenbosch (<https://qgis.org/en/site/>). Desta forma, o conjunto de dados ficou restrito, ao melhor de nosso conhecimento, para organismos terrestres e de água doce. Avaliamos as datas de observação diretamente no conjunto de dados usando as funções de classificação e ordenamento no software R versão 4.2.1 (R Core Development Team 2020). Para fornecer uma lista e contagem de espécies mais realistas,

eliminamos as identificações somente de gênero e consideramos apenas as identificações em nível de espécie. Subespécies foram atribuídas às espécies parentais. Para essa lista, consideramos apenas as observações que estavam no “nível pesquisa”. Para as espécies em nosso conjunto de dados, obtivemos a classificação de ameaça da IUCN (IUCN 2022) usando o pacote *rredlist* (Gearty e Chamberlain 2020). Com base em coordenadas geográficas, classificamos cada observação por sua localização em relação a áreas públicas (IMAFLORA 2018), urbanas (IBGE 2019), e áreas protegidas, correspondentes às Unidades de Conservação de proteção integral e de uso sustentável (MMA 2019). Também calculamos a cobertura espacial anual de observações no iNaturalist entre 2011 e 2022 usando a ferramenta de forma côncava (*alfa shapes*) com um limite de 0,1, com o cálculo da área (em km²) realizado na “calculadora de campo” do QGIS 3.30 ‘s-Hertogenbosch.

Toda a análise de dados foi realizada em R. As figuras foram preparadas usando o pacote *ggplot2* (Wickham 2016). Aplicamos a correlação de Spearman entre o número de observações e o número de observadores por ano usando a função *cor.test* para verificar a relação entre essas variáveis. Aplicamos um modelo de regressão linear também para testar o efeito do número de observadores sobre o logaritmo da cobertura espacial das observações por ano usando a função *lm*, tomando o número de observadores como variável explicativa e o logaritmo da cobertura espacial como a variável resposta. Para criar o mapa de calor da distribuição de observações, usamos uma estimativa de densidade com raio de 10 km, interpolada pelo método discreto, aplicando o modo de classificação de intervalos iguais no QGIS 3.30 ‘s-Hertogenbosch.

Usamos um teste de ajuste para a Lei de Benford com base na distribuição de dígitos dos dados de observações de espécies (abundância) para verificar a qualidade do conjunto de dados em relação à heterogeneidade da amostragem (Szabo *et al.* 2023). Esse tipo de verificação nos permite testar se a representatividade das espécies se assemelha à padrões naturais de abundância na natureza (Szabo *et al.* 2023). Para este teste, adotamos a função *benford* do pacote *benford.analysis* (Cinelli 2022), e usamos apenas espécies com mais de 100 observações para a checagem. Também testamos o ajuste dos dados ao modelo de distribuição gama-binomial, que é considerado o melhor modelo de distribuição de abundância de espécies para comunidades reais com muitas espécies raras (Ugland *et*

*al. 2007). Usamos a função *fit_abundance* no pacote *gambin* para estimar parâmetros estatísticos e testar o ajuste usando o método de máxima verossimilhança (Matthews *et al.* 2014). Mais especificamente, para entender a representatividade da diversidade de espécies no conjunto de dados, calculamos curvas de rarefação para os dez grupos taxonômicos mais representativos usando a função *specaccum* do pacote *vegan* (Oksanen *et al.* 2020), definindo matrizes de comunidade com base em datas de observação a partir de observações de nível “pesquisa”. Por fim, mapeamos a distribuição da riqueza de espécies para grupos taxonômicos adicionando os atributos das observações a células hexagonais (de 50 km de raio)*

e realizando a contagem de ocorrência das espécies no QGIS 3.30 ‘s-Hertogenbosch.

RESULTADOS

Até 27 de fevereiro de 2023, o banco de dados do iNaturalist reuniu 877.301 observações que, após remoção de duplicatas, resultaram em um total de 775.631 registros. Deste conjunto de dados, 334.245 observações (cerca de 43,2%) estavam classificadas no nível “pesquisa” e englobavam 15.048 espécies não marinhas, com coordenadas e datas válidas na Mata Atlântica brasileira.

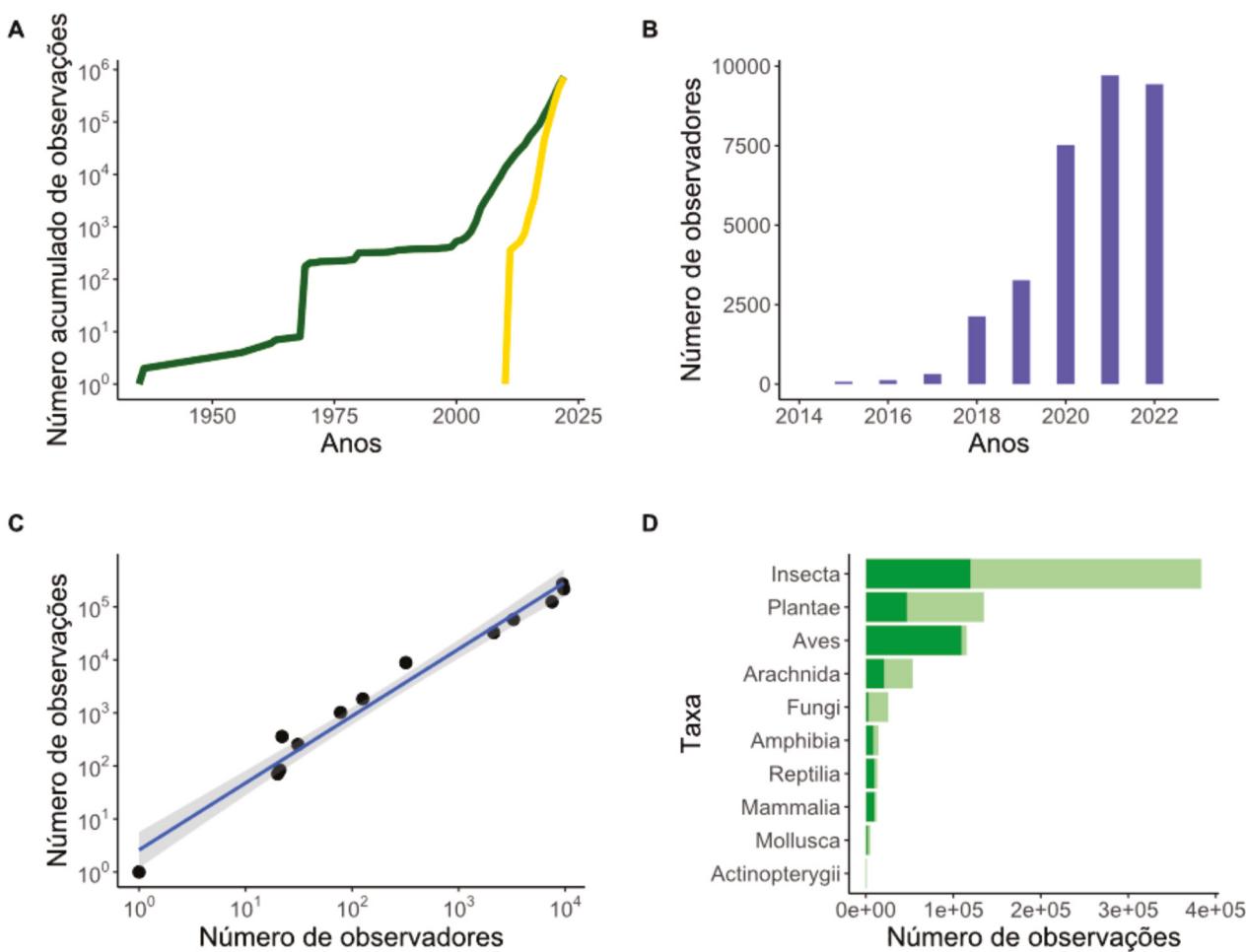


FIGURA 1: Características temporais e taxonômicas do conjunto de dados da Mata Atlântica na plataforma iNaturalist. (A) O acúmulo de observações em função da data da observação (linha verde) e da data do upload (linha amarela); (B) O número de observadores entre 2014-2022 apresentando observações; (C) Relação entre o número de observadores ativos e o número de observações por ano; e (D) A distribuição do número de observações entre os principais grupos taxonômicos registrados pelos usuários do iNaturalist. Verde escuro = observações em nível “pesquisa”; verde claro = observações de táxons não identificados (ou seja, observações em nível “casual” e “precisando de identificação”).

Para todas as análises envolvendo contagem de espécies nós utilizamos apenas observações em nível “pesquisa”, sendo que observações casuais e não identificadas foram removidas para esse fim. Não encontramos conformidade de distribuição de dígitos do número de observações por espécie em relação à distribuição teórica esperada pela Lei de Benford (Desvio absoluto médio (DAM) = 0.06352255; Fator de distorção: -35.70915; Teste do arco de Mantissa: $L_2 = 0.15473$; $df = 2$; valor $p < 2.2e-16$; $N = 869$). Da mesma maneira, os dados não se encaixaram no modelo gama-binomial ($\alpha = 0.485$; $X^2 = 2317.345$; $df = 16$; p -valor = 0).

Identificamos 7.826 observações de 424 espécies ameaçadas e quase ameaçadas de extinção (Tabela S1), das quais 154 (i.e., a maioria) são vulneráveis, enquanto apenas quatro são consideradas extintas na natureza (todas plantas do gênero *Brugmansia* – *B. arborea*, *B. insignis*, *B. suaveolens* e *B. versicolor*). As espécies mais observadas entre ameaçadas e quase ameaçadas foram o pinheiro-do-paraná *Araucaria angustifolia* (criticamente em perigo), com 954 observações, o macaco-prego *Sapajus nigritus* (quase ameaçada), com

693 observações, e o bugio-ruivo *Alouatta guariba* (vulnerável), com 390 observações.

As observações tiveram uma ampla abrangência temporal, sendo a primeira do ano de 1935, com um aumento exponencial após 2010 (Figura 1A), ilustrando que, embora existam algumas observações históricas, os observadores só começaram a enviar dados da região de interesse na plataforma a partir de 2010. A comunidade de observadores que enviaram observações da biodiversidade da Mata Atlântica também cresceu bastante (Figura 1B) e hoje conta com 26.474 colaboradores, com taxa de 0,73 observações por km². Encontramos uma forte correlação entre o número de observadores e o número de observações dentro da plataforma ($\rho = 0,99$; $p < 0,01$; $n = 13$; Figura 1C), no entanto, 20% dos observadores mais ativos na Mata Atlântica contribuíram com 93,8% das observações, ao passo que 43,8% da comunidade de observadores contribuiu com apenas uma única observação. Os dados de ocorrência das espécies na plataforma foram desiguais entre os diferentes grupos taxonômicos (Figura 1D).

Os insetos foram representados em quase me-

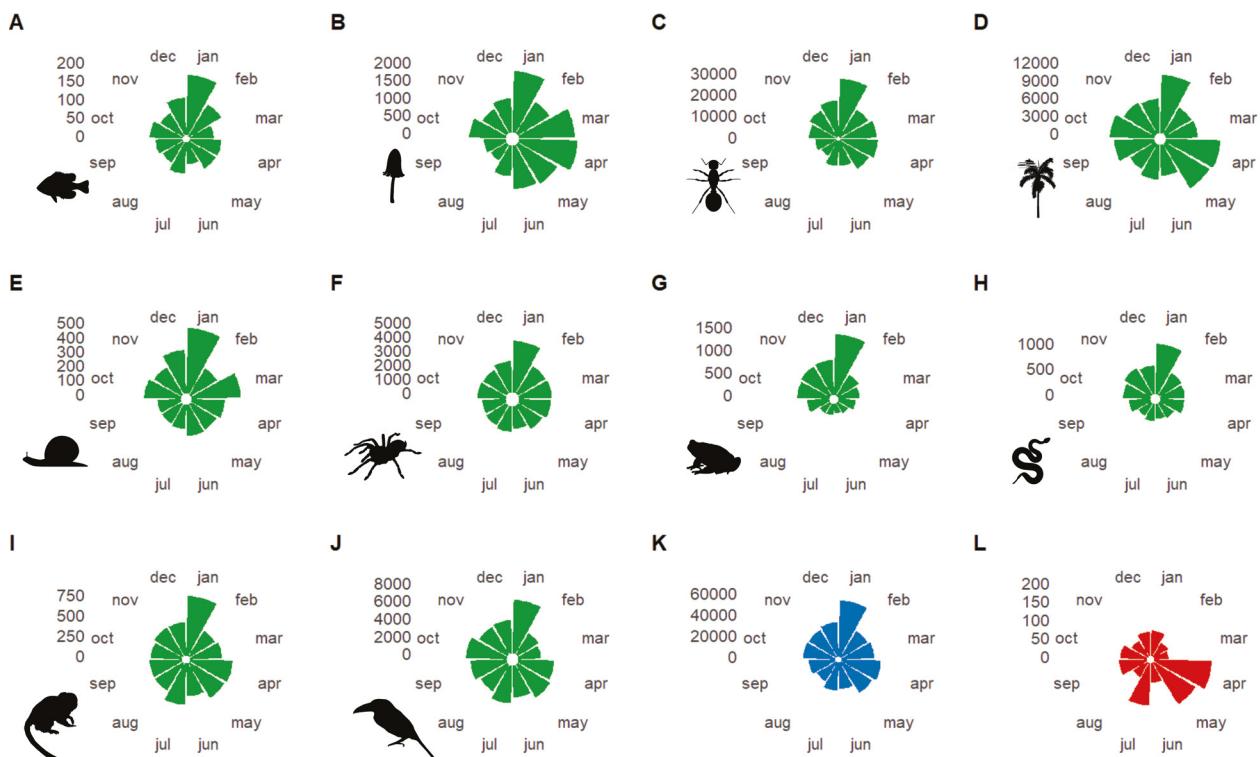


FIGURA 2: Distribuição mensal das observações entre os grupos taxonômicos. A = Actinopterygii; B = Fungos; C = Insecta; D = Plantae; G = Molusco; F = Aracnídeos; G = Anfíbios; H = Répteis; I = Mamíferos; J = Aves ; K = todas as observações juntas e L = espécies ameaçadas e quase ameaçadas.

tade dos registros (49,7%), enquanto os peixes foram particularmente sub-representados, com apenas 0,2% das observações. Aves tiveram a maior proporção de observações de nível “pesquisa” (94,5%), enquanto aranhas, insetos e fungos tiveram o maior número de observações não identificadas (60,5%, 68,8% e 87,5%, respectivamente). A distribuição mensal de observações no conjunto de dados completo foi maior entre os meses de outubro e fevereiro, enquanto espécies ameaçadas e quase ameaçadas foram mais observadas entre setembro e novembro, com pico em outubro (Figura 2). O mes-

mo padrão do conjunto de dados completo se repetiu entre alguns grupos, como Insecta, Mollusca, Fungi, Amphibia e Reptilia. Peixes foram mais observados em janeiro, fevereiro e outubro, enquanto mamíferos e aves tiveram mais observações entre os meses de julho e janeiro. Plantas foram observadas de forma regular ao longo do ano, porém os meses de julho e março foram menos representativos.

A cobertura espacial das observações aumentou significativamente com o número anual de observadores na plataforma ($r^2 = 0.7571$; $f = 31.18$; $p = 0.0002329$; n

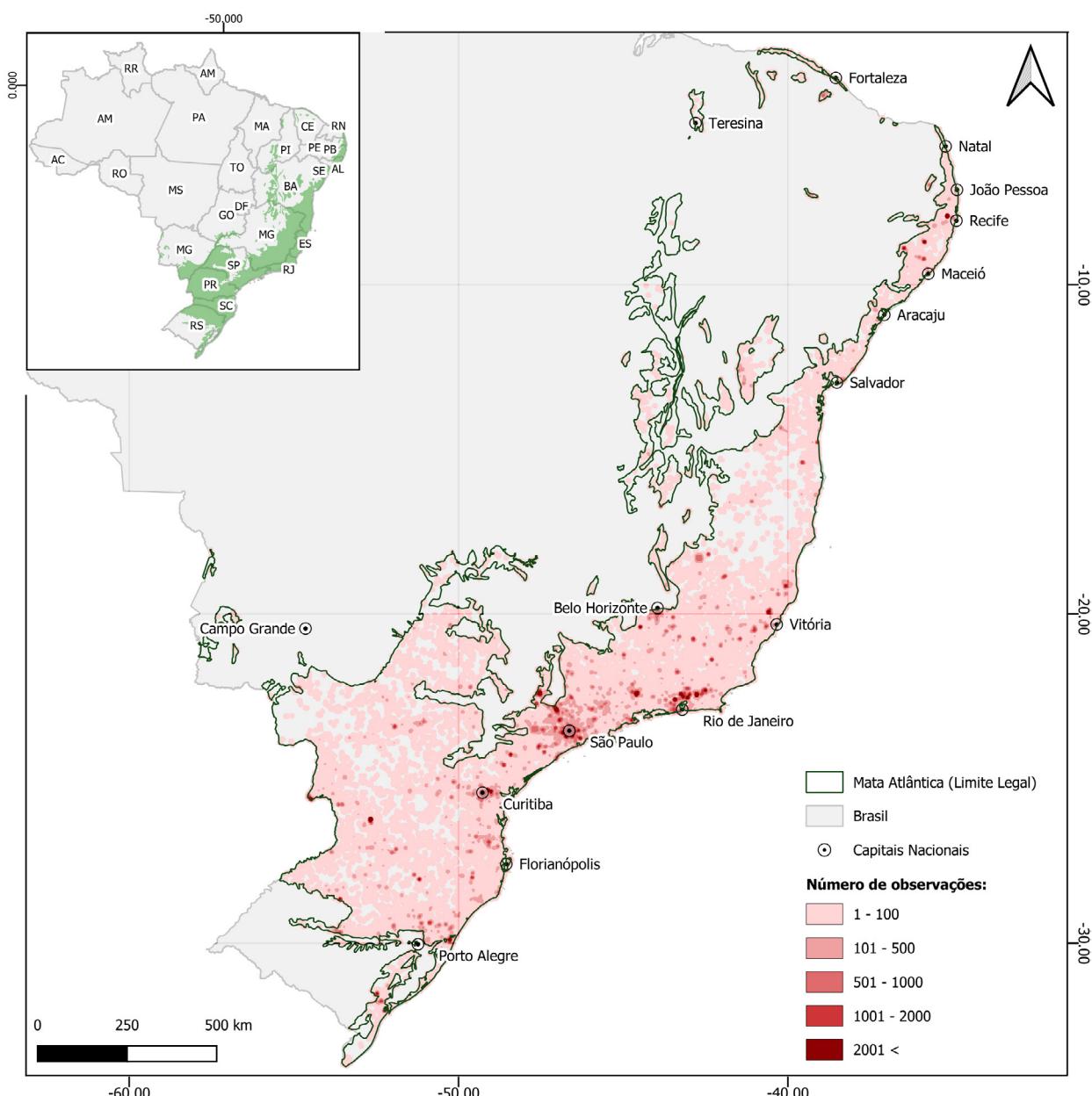


FIGURA 3: Mapa de calor baseado no número de observações no banco de dados do iNaturalist dentro dos limites territoriais da Mata Atlântica.

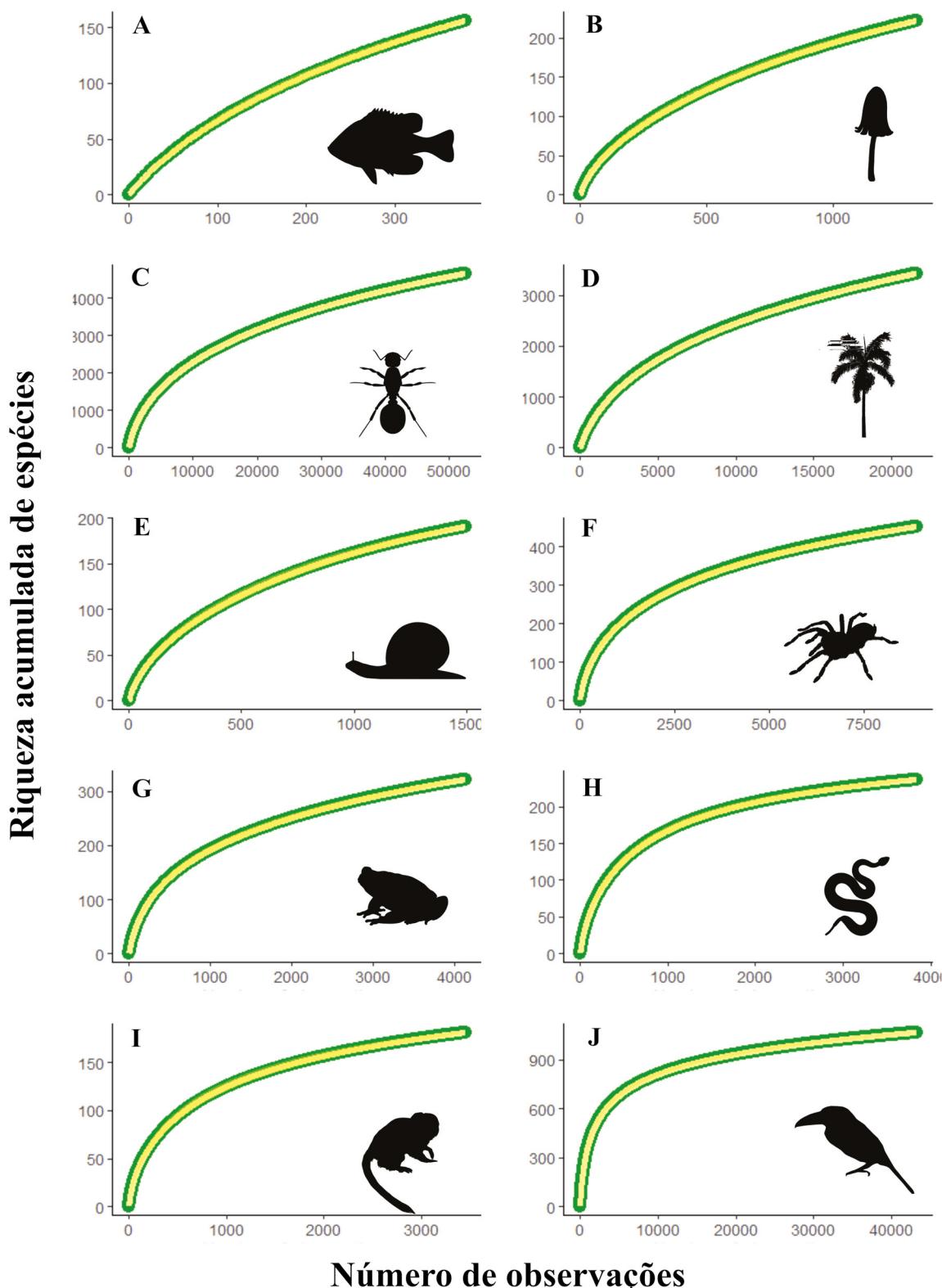


FIGURA 4: Curvas de rarefação baseadas em observações de nível “pesquisa” para 10 grupos taxonômicos representativos da Mata Atlântica no banco de dados iNaturalist: A = Actinopterygii; B = Fungi; C = Insecta; D = Plantae; G = Mollusca; F = Arachnida; G = Amphibia; H = Reptilia; I = Mammalia; J = Aves.

= 12). As capitais dos estados e seus arredores tiveram o maior número de observações (Figura 3), com as áreas urbanas concentrando 49,1% das observações. As áreas públicas somaram 24,8% das observações, sendo apenas uma pequena parte (aproximadamente, 0,2%) localizada em locais externos às Unidades de Conservação, como assentamentos rurais e terras indígenas. As lacunas espaciais mais significativas ocorreram na região do Corredor Central da Mata Atlântica, precisamente entre o norte do Espírito Santo e o sul da Bahia e as florestas do alto Paraná, no oeste do bioma (em torno da latitude 23° O e longitude 55° S).

Enquanto as curvas de rarefação para aves, répteis e mamíferos se aproximam de uma assíntota, sugerindo representatividade quase satisfatória na amostra, outros grupos (em particular peixes, fungos, moluscos, insetos e plantas) foram evidentemente subamostrados (Figura 4).

Os mapas de *hotspots* de diversidade mostraram que a riqueza de espécies foi distribuída espacialmente de forma desigual para todos os grupos taxonômicos (Figura 5). No geral, as regiões sudeste e sul do Brasil apresentaram uma maior cobertura de áreas ricas em espécies que o Nordeste.

DISCUSSÃO

Com base na estimativa de 22.000 espécies para a Mata Atlântica (Ribeiro *et al.* 2009), a plataforma do iNaturalist cobre mais de 68% dessa diversidade considerando apenas observações válidas em nível “pesquisa”. Apesar do viés temporal (a maioria das observações ocorre entre outubro e janeiro) e das lacunas espaciais nos dados de ocorrência, o número crescente de observações e observadores nos fornece motivos para sermos otimistas em relação à cobertura das espécies e representatividade espacial no futuro. O grande investimento do tempo e esforço também valorizam o trabalho voluntário na busca de conhecimento sobre a distribuição da biodiversidade neste bioma megadiverso.

No geral, temos uma grande disparidade na contribuição de alguns grupos taxonômicos. Por exemplo, enquanto as aves e plantas recebem muitas observações, fungos normalmente são pouco representados. Esse padrão em plataformas de ciência cidadã também aparece em outras regiões do planeta (Tiago *et al.* 2017). A disparidade amostral entre grupos taxonômicos representa uma grande restrição para que os dados de

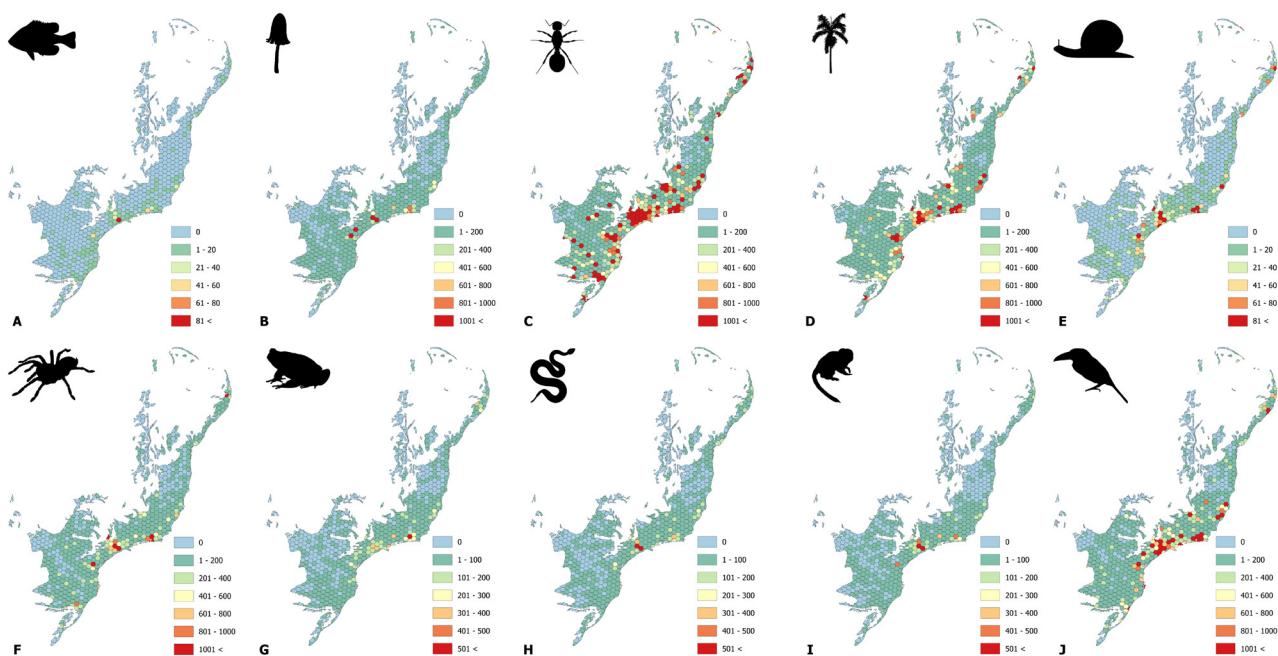


FIGURA 5: Distribuição espacial da riqueza de espécies entre grupos taxonômicos da Mata Atlântica com base em observações em nível “pesquisa” no banco de dados do iNaturalist. A = Actinopterygii; B = Fungi; C = Insecta; D = Plantae; E = Mollusca; F = Arachnida; G = Amphibia; H = Reptilia; I = Mammalia; J = Aves.

ciência cidadã possam ser úteis ao monitoramento de espécies de grupos menos representativos. Embora a grande maioria dos observadores na Mata Atlântica tenha contribuído com poucas observações, o que é um padrão comum em projetos de ciência cidadã (Wood *et al.* 2011; Cooper *et al.* 2017; Araújo e Malkinson 2021), o crescimento futuro do número de observadores provavelmente levará a uma maior cobertura espacial dos dados de ocorrência. Nossa modelo previu esse aumento na cobertura espacial em relação ao número de observadores e mostrou uma tendência crescente no número de observadores ao longo do tempo. Além disso, apesar da distribuição espacial da riqueza de espécies apresentar grandes lacunas e a distribuição de abundância das espécies não se ajustar ao esperado para distribuições reais (segundo o teste de Benford e o teste de ajuste para a distribuição gama-binomial), esses números demonstram a relevância da participação de cientistas cidadãos no bioma sob a perspectiva do Brasil e da América do Sul.

Potencialmente, o fator mais importante em relação ao elevado número de observações da Mata Atlântica no iNaturalist é o tamanho da população humana dentro do bioma. Atualmente, cerca de 70% da população brasileira reside dentro do domínio original da Mata Atlântica (Marques *et al.* 2021). O mapa de calor das observações indica que áreas remotas são pouco visitadas, enquanto áreas urbanas e próximas a rodovias estão melhor representadas no banco de dados. O número de observações por cientistas cidadãos é conhecido por ser afetado pela distância em relação aos centros urbanos (Tulloch e Szabo 2012; Geldmann *et al.* 2016). Esse viés espacial explica o padrão paradoxal de riqueza de espécies ser maior em áreas urbanas do que em áreas remotas e protegidas. Esse padrão é unânime entre os diferentes táxons e mostra a necessidade de incentivar cientistas cidadãos a expandir seus horizontes a fim de contribuir com observações de áreas mais remotas da Mata Atlântica, especialmente através de projetos organizados, buscando não gerar impactos enquanto se produz novos dados de ocorrência. Paralelamente, se reconhece a necessidade de promover a ciência cidadã dentro dos locais de baixa amostragem, mesmo que desafios para o acesso à internet tenham que ser enfrentados para o engajamento do público. Esse tipo de iniciativa tanto poderá fornecer novos dados, como poderá ajudar a ciência a se popularizar dentro de comunidades residentes em áreas de grande interesse para a conservação da biodiversidade.

Observações de espécies ameaçadas encontradas

por observadores do iNaturalist na Mata Atlântica, como o Soldadinho-do-Araripe *Antilophia bokermanni* e a araucária *Araucaria angustifolia*, são essenciais para entender não apenas a distribuição, mas também as tendências sobre o tamanho de suas populações. Os registros de ocorrência podem ajudar a entender a flutuação das populações ao longo do tempo e nos informar sobre os limites de suas ocorrências. Informações sobre a ocorrência de espécies ameaçadas são extremamente valiosas para a tomada de decisões, como a priorização de espécies para ações de conservação (Nicholson e Possingham 2006; Drummond *et al.* 2010). O número de observações de espécies de aves endêmicas e ameaçadas na Mata Atlântica está proporcionalmente declinando em relação às observações de espécies de menor preocupação nas plataformas de ciência cidadã (Forti *et al.* 2024a). Esse padrão é uma evidência de declínio para as populações destas espécies, as quais podem estar reduzindo em densidade populacional, ou mesmo em suas abrangências geográficas, já que o número de observações de cientistas cidadãos tem sido positivamente correlacionado com esses parâmetros populacionais (Forti *et al.* 2024b). De qualquer maneira, campanhas de ciência cidadã estruturadas e guiadas por especialistas tendo o foco nesses táxons seriam bem-vindas para se obter mais segurança na previsão de cenários futuros. Para essas campanhas de ciência cidadã em locais sensíveis e importantes para a conservação não aconselhamos o uso de um mecanismo do tipo *crowdsourcing*. O grupo de voluntários deve ser controlado por limites específicos de participantes e estarem sujeitos à um treinamento prévio para se evitar impactos secundários relacionados à atividade de busca (Goodwin 1996), embora recursos e boa vontade possam ajudar muito a elucidar a presença de espécies conspícuas e raras, tais como os anuros gigantes dos gêneros *Ceratophrys*, *Megaelosia* e *Phantasmarana*, que permanecem pouco conhecidos e sem evidências suficientes que possam informar sobre suas condições para conservação (Augusto-Alves *et al.* 2023).

A identificação de áreas de endemismo e alta riqueza de espécies também é fundamental para o planejamento de ações de conservação da biodiversidade (Myers *et al.* 2000). No entanto, nossos resultados mostram um grande atraso nas identificações de uma variedade de grupos, principalmente insetos e fungos, além de grandes erosões espaciais no mapa de distribuição da riqueza de espécies, que evidenciam o viés espacial na contribuição dos observadores. Sabe-se que as preferências particulares das pessoas têm um forte efeito no viés taxonômico, e alguns táxons sempre

requerem mais atenção para reduzir deficiências na identificação de espécies (Szabo *et al.* 2012; Troudet *et al.* 2017). Em geral, táxons bem representados são fáceis de fotografar, abundantes ou interessantes para os humanos (Di Cecco *et al.* 2021). Para alguns grupos, como os répteis e aves, o tamanho do corpo implica em mais alta representatividade de observações da espécie em bancos de dados (Callaghan *et al.* 2021b; Guedes *et al.* 2023). No entanto, as curvas de rarefação demonstram que, mesmo entre os grupos mais representativos da base de dados, a amostragem ainda é modesta. Esses resultados destacam o papel crucial dos especialistas na identificação das espécies na plataforma, que, juntamente com os observadores, têm um longo e desafiador caminho pela frente, considerando a grande extensão geográfica da Mata Atlântica. Uma possível solução para esse desafio é fomentar iniciativas para aumentar o número e a diversidade de taxonomistas ativos no iNaturalist, o que pode acontecer por meio da divulgação de pesquisas científicas sobre o assunto (Dance 2022), da organização de reuniões científicas para discutir possíveis usos da plataforma, ou mesmo do uso do iNaturalist como uma ferramenta didática para alunos de graduação e pós-graduação (Forti 2023). Convidar mais taxonomistas para o iNaturalist também pode ser facilitado por publicações que demonstrem o potencial da ciência cidadã - ou, particularmente, da plataforma do iNaturalist -, e o valor dos dados secundários na filogeografia (Fritz e Ihlow 2022; Liu *et al.* 2022), taxonomia (Polašek *et al.* 2022) e história natural (Lehtinen *et al.* 2020; Panter e Amar 2021). Imagens fotográficas de organismos permitem, em muitas ocasiões, acessar evidências comportamentais e morfológicas que têm aplicação em estudos sistemáticos e do comportamento animal (Winterton 2020; Forti *et al.* 2022a; Forti *et al.* 2022b; Forti e Szabo 2023). A pesquisa básica usando o iNaturalist está se tornando cada vez mais comum (Dance 2022) e, uma vez que sua aceitação tenha aumentado suficientemente entre os acadêmicos, esperamos que mais pessoas usem a plataforma ativamente. O aumento do público de especialistas na plataforma pode fortalecer o engajamento de voluntários, já que se reconhece a necessidade deste “feedback” como uma estratégia de retenção. Para se alcançar sucesso com a ciência cidadã, essa abordagem precisa ser vista como uma parceria entre cientistas profissionais e cidadãos, possibilitando benefícios mútuos.

Indo mais além, temos muitos motivos para sermos otimistas e acreditar que a ciência cidadã pode fornecer conhecimento sobre a biodiversidade da Mata Atlântica (ver também Viana *et al.* 2024).

Isso ocorre porque sabemos que os voluntários de projetos de ciência cidadã já foram capazes de fornecer informações confiáveis e precisas em outras ocasiões (Crall *et al.* 2011; Kosmala *et al.* 2016), e contribuir com a ampliação do conhecimento sobre a distribuição geográfica de inúmeras espécies (Cutler e Parr 2020; Díaz-Calafat 2020), também fornecendo imagens de espécies vivas pela primeira vez (Mesaglio *et al.* 2021) e arquivando observações singulares de espécies muito raras (Wilson *et al.* 2020; Guariento e Franzini 2021). No Brasil, os dados de ciência cidadã já tem ajudado inclusive a melhorar o reconhecimento de espécies raras em comunidades biológicas (ver Forti *et al.* 2024c) e isso tem fortes implicações para o planejamento de ações de conservação.

Ao reconhecer o potencial da ciência cidadã, principalmente quando os pesquisadores estão com restrições para realizar trabalhos de campo, os especialistas terão um incentivo maior para navegar na plataforma, buscar dados para seus projetos e contribuir intuitivamente com identificações. É verdade que, para muitos grupos taxonômicos, imagens simples não são suficientes para fornecer evidências do reconhecimento de táxons (McMullin e Allen 2022). Alguns grupos, como liquens ou fungos, precisam de avaliações de caracteres microscópicos, ou mesmo de evidências moleculares para encontrar identificações precisas (McMullin e Allen 2022). Em alguns casos, por outro lado, presumimos que uma melhoria qualitativa das imagens fotográficas que são postadas na plataforma poderia melhorar as taxas de identificação das espécies contidas nas milhares de observações no iNaturalist. Nesse caso, cursos de extensão focados em fotografia de natureza (ou, pelo menos, orientações pertinentes a diferentes táxons) e vinculados à plataforma poderiam ser realizados em conjunto com movimentos de amostragem em massa da biodiversidade, como os eventos de Bioblitz. Essas iniciativas, que podem ser promovidas por instituições de ensino, são capazes de contribuir qualitativa e quantitativamente para aumentar o uso da plataforma e o ganho de dados.

Os eventos Bioblitz são conhecidos por aumentar o número de observações no iNaturalist em um curto espaço de tempo (Aristeidou *et al.* 2021; Stevenson *et al.* 2021). Eles também são muito bem-sucedidos como uma ferramenta de recrutamento para novos observadores (Meeus *et al.* 2023). Por exemplo, durante a Bioblitz da Escola de Aplicação da Universidade de São Paulo (<https://www.inaturalist.org/projects/university-of-sao-paulo-natural-reserve-bioblitz-ngs-2019>), 36 observadores adicionaram 957

observações de 257 espécies ao banco de dados da Mata Atlântica. Esses observadores (ou seja, alunos do ensino médio) pesquisaram as florestas do campus universitário na cidade de São Paulo em um único dia em 2019. Alguns membros desse projeto ainda estão ativos na plataforma, mostrando uma boa retenção de participantes a longo prazo.

Outra contribuição importante do banco de dados da Mata Atlântica no iNaturalist é que muitas das observações vêm de terras privadas, locais geralmente inacessíveis para a maioria dos cientistas profissionais (Callaghan *et al.* 2021a). Isso indica que a biota monitorada por cientistas cidadãos ocorre principalmente em locais que não seriam facilmente visitados de outra forma. Cientistas cidadãos são conhecidos por amostrar áreas e habitats diferentes dos cientistas profissionais, o que pode informar futuros esforços de pesquisa (Szabo *et al.* 2012; Tulloch *et al.* 2013). Cientistas profissionais também enfrentam mais dificuldades para acessar áreas privadas, porque demandam uma grande quantidade de autorizações específicas (Hilty e Merenlender 2003). O uso da ciência cidadã, portanto, permite ampliar consideravelmente o alcance da amostragem. Ainda mais importante, áreas públicas e privadas geralmente diferem em sua biota, o que também afeta fortemente a cobertura de espécies resultante em um banco de dados (Scott *et al.* 2001).

Nossos resultados demonstram a necessidade de encorajar cientistas cidadãos a registrar grupos sub-representados na Mata Atlântica, embora saibamos que iniciativas para realização de eventos de recrutamento muitas vezes demandam atuação de equipe multidisciplinar e recursos, muitas vezes, escassos. Os peixes, em particular, estão entre os vertebrados menos representados no banco de dados, apesar de sua importância econômica e recreativa (Russ e Williams 1994; Close *et al.* 2006). Embora pouco representados também na escala sul-americana (Forti *et al.* 2024d), alguns projetos usando plataformas específicas, como o Ictio (<https://ictio.org/>), estão produzindo em abundância dados em algumas regiões, como na Amazônia. Ainda que o público em geral se depare com organismos terrestres com mais facilidade e que os peixes possam ser difíceis de observar, essa sub-representação também pode resultar da demanda por ocasiões mais específicas de registro, como atividades recreativas em corpos d'água ou visitas a comunidades tradicionais de pescadores.

Por fim, nossos resultados mostram que, embora ainda seja necessário ampliar amostragens para reduzir os déficits Wallaceanos, a ciência cidadã tem sido um

dos principais impulsionadores da geração de dados sobre a ocorrência de espécies na Mata Atlântica e se apresenta como a principal fonte futura de dados sobre a biodiversidade em biomas ameaçados.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos milhares de voluntários da plataforma iNaturalist pela sua contribuição.

REFERÊNCIAS

- Arazy, O., & Malkinson, D. (2021). A framework of observer-based biases in citizen science biodiversity monitoring: Semi-structuring unstructured biodiversity monitoring protocols. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.693602>
- Aristeidou, M., Herodotou, C., Ballard, H.L., Young, A.N., Miller, A.E., Higgins, L., & Johnson, R.F. (2021). Exploring the participation of young citizen scientists in scientific research: The case of iNaturalist. *PLoS ONE*, 16(1), e0245682. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245682>
- Augusto-Alves, G., das Neves-da-Silva, D., Checchinato, J., Maria Paulino Telles de Carvalho-e-Silva, A., & Felipe Toledo, L. (2023). Giant and phantom rogs in the Atlantic Forest: Historical distribution and conservation implications. *Journal for Nature Conservation*, 75, 126460. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126460>
- Bird, T.J., Bates, A.E., Lefcheck, J.S., Hill, N.A., Thomson, R.J., Edgar, G.J., Stuart-Smith, R. D., Wotherspoon, S., Krkosek, M., Stuart-Smith, J.F., Pecl, G.T., Barrett, N., & Frusher, S. (2014). Statistical solutions for error and bias in global citizen science datasets. *Biological Conservation*, 173, 144–154. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.07.037>
- Bonney, R. (2021). Expanding the impact of citizen science. *BioScience*, 71(5), 448–451. <https://doi.org/10.1093/biosci/biab041>
- Bonney, R., Phillips, T.B., Ballard, H.L., & Enck, J.W. (2016). Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, 25(1), 2–16. <https://doi.org/10.1177/0963662515607406>
- Boyd, C., Brooks, T.M., Butchart, S.H.M., Edgar,

G.J., da Fonseca, G.A.B., Hawkins, F., Hoffmann, M., Sechrest, W., Stuart, S.N., & Van Dijk, P.P. (2008). Spatial scale and the conservation of threatened species. *Conservation Letters*, 1(1), 37–43. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2008.00002.x>

Callaghan, C.T., Poore, A.G.B., Mesaglio, T., Moles, A.T., Nakagawa, S., Roberts, C., Rowley, J.J.L., Vergeés, A., Wilshire, J.H., & Cornwell, W.K. (2021a). Three frontiers for the future of biodiversity research using citizen science data. *BioScience*, 71(1), 55–63. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa131>

Callaghan, C.T., Poore, A.G.B., Hofmann, M., Roberts, C.J., & Pereira, H.M. (2021b). Large-bodied birds are over-represented in unstructured citizen science data. *Scientific Reports*, 11(1), 19073. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98584-7>

Champion, C., Hobday, A.J., Tracey, S.R., & Pecl, G.T. (2018). Rapid shifts in distribution and high-latitude persistence of oceanographic habitat revealed using citizen science data from a climate change hotspot. *Global Change Biology*, 24(11), 5440–5453. <https://doi.org/10.1111/gcb.14398>

Cinelli, C. (2022). *Benford Analysis for Data Validation and Forensic Analytics. R package version 0.1.5*. <https://www.rdocumentation.org/packages/benford.analysis/versions/0.1.5>

Close, C., Cheung, W.W.L., Hodgson, S., Lam, V., Watson, R., & Pauly, D. (2006). Distribution ranges of commercial fishes and invertebrates. In Fisheries Centre Research Report, 14. *Fishes in Database and Ecosystems* (pp. 27-37). Fisheries Centre, University British Columbia.

Cooper, C.B., Larson, L.R., Kraft Holland, K., Gibson, R.A., Farnham, D.J., Hsueh, D.Y., Culligan, P.J., & McGillis, W.R. (2017). Contrasting the views and actions of data collectors and data consumers in a volunteer water quality monitoring project: Implications for project design and management. *Citizen Science: Theory and Practice*, 2(1), 8. <https://doi.org/10.5334/cstp.82>

Crall, A.W., Newman, G.J., Stohlgren, T.J., Holfelder, K.A., Graham, J., & Waller, D.M. (2011). Assessing citizen science data quality: an invasive species case study. *Conservation Letters*, 4(6), 433–442. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2011.00196.x>

Cutler, B., & Parr, M. (2020). First records of *Icius subinermis* (Araneae: Salticidae) in North America, with notes on the local establishment of this species and its behavior in captivity. *Peckhamia*, 226(1).

Dance, A. (2022). Community science draws on the power of the crowd. *Nature*, 609(7927), 641–643. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-02921-3>

Dean, W. (1997). *With Broadax and Firebrand: The Destruction of the Brazilian Atlantic Forest*. University of California Press.

Dennis, E.B., Morgan, B.J.T., Brereton, T.M., Roy, D.B., & Fox, R. (2017). Using citizen science butterfly counts to predict species population trends. *Conservation Biology*, 31(6), 1350–1361. <https://doi.org/10.1111/cobi.12956>

Devictor, V., Whittaker, R.J., & Beltrame, C. (2010). Beyond scarcity: citizen science programmes as useful tools for conservation biogeography. *Diversity and Distributions*, 16(3), 354–362. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2009.00615.x>

Di Cecco, G.J., Barve, V., Belitz, M.W., Stucky, B.J., Guralnick, R.P., & Hurlbert, A.H. (2021). Observing the observers: How participants contribute data to iNaturalist and implications for biodiversity science. *BioScience*, 71(11), 1179–1188. <https://doi.org/10.1093/biosci/biab093>

Díaz-Calafat, J. (2020). First record of *Sceliphron caementarium* (Drury, 1773) (Hymenoptera: Sphecidae) in the Balearic Islands, with an identification key to the archipelago's species of the genus Sceliphron Klug, 1801. *Ecosistemas*, 29(1), 1939. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1939>

Dickinson, J.L., Zuckerberg, B., & Bonter, D.N. (2010). Citizen science as an ecological research tool: Challenges and benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41(1), 149–172. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144636>

Drummond, S.P., Wilson, K.A., Meijaard, E., Watts, M., Dennis, R., Christy, L., & Possingham, H.P. (2010). Influence of a threatened-species focus on conservation planning. *Conservation Biology*, 24(2), 441–449. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01346.x>

- Figueiredo, M. de S.L., Weber, M.M., Brasileiro, C.A., Cerqueira, R., Grelle, C.E.V., Jenkins, C.N., Solidade, C.V., Thomé, M.T.C., Vale, M.M., & Lorini, M.L. (2021). Tetrapod diversity in the Atlantic Forest: Maps and gaps. In M.C.M. Marques, & C.E.V. Grelle (Eds.), *The Atlantic Forest* (pp. 185-294). Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7_9
- Fink, D., Auer, T., Johnston, A., Ruiz-Gutierrez, V., Hochachka, W.M., & Kelling, S. (2020). Modeling avian full annual cycle distribution and population trends with citizen science data. *Ecological Applications*, 30(3), e02056. <https://doi.org/10.1002/eaap.2056>
- Forti, L.R., Hepp, F., de Souza, J.M., Protazio, A., & Szabo, J.K. (2022a). Climate drives anuran breeding phenology in a continental perspective as revealed by citizen-collected data. *Diversity and Distributions*, 28(10), 2094–2109. <https://doi.org/10.1111/ddi.13610>
- Forti, L.R., Pontes, M.R., Augusto-Alves, G., Martins, A., Hepp, F., & Szabo, J.K. (2022b). Data collected by citizen scientists reveal the role of climate and phylogeny on the frequency of shelter types used by frogs across the Americas. *Zoology*, 155, 126052. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2022.126052>
- Forti, L.R. (2023). Students as citizen scientists: project-based learning through the iNaturalist platform could provide useful biodiversity data. *Biodiversity*, 24(1–2). <https://doi.org/10.1080/14888386.2023.2174595>
- Forti, L.R., & Szabo, J.K. (2023). The iNaturalist platform as a source of data to study amphibians in Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 95(1), e20220828. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320220828>
- Forti, L.R., Passetti, A., Oliveira, T., Lima, J., Queiros, A., Lopes, M.A.D.F., & Szabo, J.K. (2024a). Declining representation of imperiled Atlantic Forest birds in community-science datasets. *Perspectives in Ecology and Conservation*. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2024.02.001>
- Forti, L.R., Passetti, A., Monielly, T., Lima, J., Luan, A., Dantas Ferreira Lopes, M.A. & Szabo, J.K. (2024b). Global threat status, rarity and species distribution affect prevalence of Atlantic Forest endemic birds in citizen-collected datasets. *Cambridge Prisms: Extinction*. Early online
- Forti, L.R., da Silva, J.L.C., Ferreira, E.A., & Szabo, J.K. (2024c). The implications of estimating rarity in Brazilian reptiles from GBIF data based on contributions from citizen science versus research institutions. *Integrative Conservation*, 3, 112-126. <https://doi.org/10.1002/inc3.53>
- Forti, L.R., Novaes, J.L.C., Wachlevski, M., Costa, R.S. da, Silva, J.L.C. da, Lima, J., Alves, A. M., Fernandes, L.B.T., & Szabo, J.K. (2024d). Fishing and recording dead fish by citizen scientists contribute valuable data on south American ray-finned fish diversity. *Biodiversity and Conservation*, 33(6–7), 2211–2229. <https://doi.org/10.1007/s10531-024-02857-2>
- Forti, L.R., & Szabo, J.K. (2024) Public collaboration to improve the future for science in Brazil. *Environmental Science and Policy*. Early online
- Fritz, U., & Ihlow, F. (2022). Citizen Science, taxonomy and grass snakes: iNaturalist helps to clarify variation of coloration and pattern in *Natrix natrix* subspecies. *Vertebrate Zoology*, 72, 533–549. <https://doi.org/10.3897/vz.72.e87426>
- GBIF - Global Biodiversity Information Facility (2022). *What Is GBIF?* <https://www.gbif.org/what-is-gbif>
- Gearty, W., & Chamberlain, S. (2020). *rredlist*: “IUCN” Red List Client. R package version 0.7.0. <https://CRAN.R-project.org/package=rredlist>
- Geldmann, J., Heilmann-Clausen, J., Holm, T.E., Levinsky, I., Markussen, B., Olsen, K., Rahbek, C., & Tøttrup, A.P. (2016). What determines spatial bias in citizen science? Exploring four recording schemes with different proficiency requirements. *Diversity and Distributions*, 22(11), 1139–1149. <https://doi.org/10.1111/ddi.12477>
- Ghilardi-Lopes, N. P., Gonzalez, J. D. Monteiro, G. B., Bezerra, J. A., Roque, D. R. R., Joucoski, E., Mendes, M., Brum, D. L., & Reis, R. A. (2024). Ciência cidadã para a promoção da educação científica em escolas: um relato de múltiplos casos. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, 1(2), 14-24.
- Goodwin, H. (1996). In pursuit of ecotourism. *Biodiversity and Conservation*, 5(3), 277–291. <https://doi.org/10.1007/bf00051774>

Guariento, E., & Franzini, G. (2021). *Attalus minimus* (Insecta, Melyridae) recently rediscovered in South Tyrol after 109 years. *Gredleriana*, 21, 169–171. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5526633>

Guedes, J.J.M., Moura, M.R., & Alexandre F. Diniz-Filho, J. (2023). Species out of sight: elucidating the determinants of research effort in global reptiles. *Ecography*, 2023(3), e06491. <https://doi.org/10.1111/ecog.06491>

Hilty, J., & Merenlender, A.M. (2003). Studying biodiversity on private lands. *Conservation Biology*, 17(1), 132–137. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.01361.x>

Hirota, M.M., & Ponzoni, F.J. (2018). *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2016-2017 - Relatório Técnico*. SOS MATAATLÂNTICA. http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/Atlas_Mata_Atlantica_2016-2017_relatorio_tecnico_2018_final.pdf

Horns, J.J., Adler, F.R., & Şekercioğlu, Ç.H. (2018). Using opportunistic citizen science data to estimate avian population trends. *Biological Conservation*, 221, 151–159. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.027>

Hurlbert, A.H., & Liang, Z. (2012). Spatiotemporal variation in avian migration phenology: Citizen science reveals effects of climate change. *PLoS ONE*, 7(2), e31662. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031662>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). *Áreas urbanizadas do Brasil* (arquivo vetorial). <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15789-areas-urbanizadas.html?=&t=acesso-ao-produto>

IMAFLORA. (2018). *A geografia da agropecuária brasileira* (arquivo vetorial). <https://atlasagropecuario.imaflora.org/downloads>

IUCN - International Union for Conservation of Nature (2022). *Red List*. <http://www.Iucnredlist.Org/> <http://www.iucnredlist.org/>

Kobori, H., Dickinson, J.L., Washitani, I., Sakurai, R., Amano, T., Komatsu, N., Kitamura, W., Takagawa, S., Koyama, K., Ogawara, T., & Miller-Rushing, A.J. (2016). Citizen science: a new approach to advance

ecology, education, and conservation. *Ecological Research*, 31(1), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11284-015-1314-y>

Kosmala, M., Wiggins, A., Swanson, A., & Simmons, B. (2016). Assessing data quality in citizen science. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(10), 551–560. <https://doi.org/10.1002/fee.1436>

Lehtinen, R.M., Carlson, B.M., Hamm, A.R., Riley, A.G., Mullin, M.M., & Gray, W.J. (2020). Dispatches from the neighborhood watch: Using citizen science and field survey data to document color morph frequency in space and time. *Ecology and Evolution*, 10(3), 1526–1538. <https://doi.org/10.1002/ece3.6006>

Lima, R.A.F. de, Oliveira, A.A., Pitta, G.R., de Gasper, A.L., Vibrans, A.C., Chave, J., ter Steege, H., & Prado, P. I. (2020). The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. *Nature Communications*, 11(1), 6347. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20217-w>

Liu, W., Smith, D.A.S., Raina, G., Stanforth, R., Ng Iru, I., Ireri, P., Martins, D.J., Gordon, I.J., & Martin, S.H. (2022). Global biogeography of warning coloration in the butterfly *Danaus chrysippus*. *Biology Letters*, 18(6), 20210639. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2021.0639>

Marques, M.C.M., & Grelle, C.E.V. (2021). *The Atlantic Forest: History, biodiversity, threats and opportunities of the mega-diverse forest*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7>

Marques, M.C.M., Trindade, W., Bohn, A., & Grelle, C.E.V. (2021). The Atlantic Forest: An introduction to the megadiverse forest of South America. In M.C.M. Marques, & C.E.V. Grelle (Eds.), *The Atlantic Forest* (pp. 3–23). Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7_1

Matthews, T.J., Borregaard, M.K., Ugland, K.I., Borges, P.A.V., Rigal, F., Cardoso, P., & Whittaker, R.J. (2014). The gabin model provides a superior fit to species abundance distributions with a single free parameter: Evidence, implementation and interpretation. *Ecography*, 37(10), 1002–1011. <https://doi.org/10.1111/ecog.00861>

McMullin, R.T., & Allen, J.L. (2022). An assessment of data accuracy and best practice recommendations

for observations of lichens and other taxonomically difficult taxa on iNaturalist. *Botany*, 100(6), 491–497. <https://doi.org/10.1139/cjb-2021-0160>

Meeus, S., Silva-Rocha, I., Adriaens, T., Brown, P.M.J., Chartosia, N., Claramunt-López, B., Martinou, A.F., Pocock, M.J.O., Preda, C., Roy, H.E., Tricarico, E., & Groom, Q.J. (2023). More than a Bit of Fun: The Multiple Outcomes of a Bioblitz. *BioScience*, 73(3), 168–181. <https://doi.org/10.1093/biosci/biac100>

Mesaglio, T., & Callaghan, C.T. (2021). An overview of the history, current contributions and future outlook of iNaturalist in Australia. *Wildlife Research*, 48(4), 289–303. <https://doi.org/10.1071/WR20154>

Mesaglio, T., Soh, A., Kurniawidjaja, S., & Sexton, C. (2021). ‘First Known Photographs of Living Specimens’: the power of iNaturalist for recording rare tropical butterflies. *Journal of Insect Conservation*, 25(5–6), 905–911. <https://doi.org/10.1007/s10841-021-00350-7>

MMA - Ministério do Meio Ambiente (2019). *Cadastro Nacional de UC'S* (arquivo vetorial). <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>

Morellato, L.P.C., & Haddad, C.F.B. (2000). Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, 32(SPEC. ISS.), 786–792. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00618.x>

Myers, N., Mittermeler, R.A., Mittermeler, C.G., da Fonseca, G.A.B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>

Newman, G., Chandler, M., Clyde, M., McGreavy, B., Haklay, M., Ballard, H., Gray, S., Scarpino, R., Hauptfeld, R., Mellor, D., & Gallo, J. (2017). Leveraging the power of place in citizen science for effective conservation decision making. *Biological Conservation*, 208, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.019>

Nicholson, E., & Possingham, H.P. (2006). Objectives for multiple-species conservation planning. *Conservation Biology*, 20(3), 871–881. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00369.x>

Oksanen, J., Legendre, P., O’Hara, B., Stevens, M.H.H., Oksanen, M.J., & Suggests, M. (2020). *Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-7*. Community Ecology Package, 10(10). <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>

Owen, R.P., & Parker, A.J. (2018). *Citizen Science*. UCL Press. <https://doi.org/10.14324/111.9781787352339>

Panter, C.T., & Amar, A. (2021). Sex and age differences in the diet of the Eurasian Sparrowhawk (*Accipiter nisus*) using web-sourced photographs: exploring the feasibility of a new citizen science approach. *Ibis*, 163(3), 928–947. <https://doi.org/10.1111/ibi.12918>

Polašek, O., Bellingan, T., & van Noort, S. (2022). A new species of paper wasp from the genus *Ropalidia* Guérin-Méneville from South Africa (Hymenoptera, Vespidae). *Journal of Hymenoptera Research*, 90, 213–222. <https://doi.org/10.3897/jhr.90.81581>

R Core Development Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. In *R Foundation for Statistical Computing*. <http://www.R-project.org/>

Ramalho, M. (2004). Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. *Acta Botanica Brasiliensis*, 18(1), 37–47. <https://doi.org/10.1590/s0102-33062004000100005>

Ribeiro, M. C., Martensen, A.C., Metzger, J.P., Tabarelli, M., Scarano, F., & Fortin, M.-J. (2011). The Brazilian Atlantic Forest: A shrinking biodiversity hotspot. In F. Zachos, & J. Habel (Eds.), *Biodiversity Hotspots* (pp. 405–434). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20992-5_21

Ribeiro, M.C., Metzger, J.P., Martensen, A.C., Ponzoni, F.J., & Hirota, M.M. (2009). The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142(6), 1141–1153. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>

Russ, G.R., & Williams, D.McB. (1994). Review of data on fishes of commercial and recreational fishing interest in the Great Barrier Reef. *Research Publication*, 1(33).

Scott, J.M., Davis, F.W., McGhie, R.G., Wright, R.G., Groves, C., & Estes, J. (2001). Nature reserves: Do they capture the full range of America’s biological diversity? *Ecological Applications*, 11(4), 999–1007.

[https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2001\)011\[0999:NR-DTCT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[0999:NR-DTCT]2.0.CO;2)

Silva, J.M.C. da, & Casteleti, C.H.M. (2003). Status of the biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil. In C. Galindo-Leal, & I.G. Camara (Eds.), *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. Island Press.

Silva, J.M.C. da, Sousa, M.C. de, & Castelletti, C.H.M. (2004). Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic forest, South America. *Global Ecology and Biogeography*, 13(1), 85–92. <https://doi.org/10.1111/j.1466-882X.2004.00077.x>

Stevenson, R., Merrill, C., & Burn, P. (2021). Useful biodiversity data were obtained by novice observers using iNaturalist during college orientation retreats. *Citizen Science: Theory and Practice*, 6(1), 27. <https://doi.org/10.5334/cstp.407>

Szabo, J.K., Forti, L.R., & Callaghan, C.T. (2023). Large biodiversity datasets conform to Benford's law: Implications for assessing sampling heterogeneity. *Biological Conservation*, 280, 109982. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.109982>

Szabo, J.K., Fuller, R.A., & Possingham, H.P. (2012). A comparison of estimates of relative abundance from a weakly structured mass-participation bird atlas survey and a robustly designed monitoring scheme. *Ibis*, 154(3), 468–479. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2012.01229.x>

Tabarelli, M., Pinto, L.P., Silva, J.M.C., Hirota, M.M., & Bedê, L.C. (2005). Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade*, 1, 132–138.

Tiago, P., Ceia-Hasse, A., Marques, T.A., Capinha, C., & Pereira, H.M. (2017). Spatial distribution of citizen science casuistic observations for different taxonomic groups. *Scientific Reports*, 7(1), 12832. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13130-8>

Troudet, J., Grandcolas, P., Blin, A., Vignes-Lebbe, R., & Legendre, F. (2017). Taxonomic bias in biodiversity data and societal preferences. *Scientific Reports*, 7(1), 9132. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09084-6>

Tulloch, A.I.T., Possingham, H.P., Joseph, L.N., Szabo, J., & Martin, T.G. (2013). Realising the full potential of citizen science monitoring programs. *Biological Conservation*, 165, 128–138. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.05.025>

Tulloch, A.I.T., & Szabo, J.K. (2012). A behavioural ecology approach to understand volunteer surveying for citizen science datasets. *Emu - Austral Ornithology*, 112(4), 313–325. <https://doi.org/10.1071/MU12009>

Ugland, K.I., Lambshead, P.J.D., McGill, B., Gray, J.S., O'Dea, N., Ladle, R.J., & Whittaker, R. J. (2007). Modelling dimensionality in species abundance distributions: Description and evaluation of the Gabin model. *Evolutionary Ecology Research*, 9(2), 313–324.

Vancine, M.H., Muylaert, R.L., Niebuhr, B.B., Oshima, J.E. de F., Tonetti, V., Bernardo, R., De Angelo, C., Rosa, M.R., Grohmann, C.H., & Ribeiro, M.C. (2024). The Atlantic Forest of South America: Spatiotemporal dynamics of the vegetation and implications for conservation. *Biological Conservation*, 291, 110499. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110499>

Viana, B.F., Barreto-Lima, A.F., Oliveira da Silva, F., França, J.S., Lacerda, J.V.A., Szabo, J., Koffler, S., & Dantas, T.B. (2024). Potencial da Ciência Cidadã para mapeamento, monitoramento e conservação da biodiversidade na Mata Atlântica. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, 1(2), 73–86.

Wickham, H. (2016). *Ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag.

Wilson, J.S., Pan, A.D., General, D.E.M., & Koch, J.B. (2020). More eyes on the prize: an observation of a very rare, threatened species of Philippine Bumble bee, *Bombus irisanensis*, on iNaturalist and the importance of citizen science in conservation biology. *Journal of Insect Conservation*, 24(4). <https://doi.org/10.1007/s10841-020-00233-3>

Winterton, S.L. (2020). A new bee-mimicking stiletto fly (Therevidae) from China discovered on iNaturalist. *Zootaxa*, 4816(3). <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4816.3.6>

Wood, C., Sullivan, B., Iliff, M., Fink, D., & Kelling, S. (2011). eBird: Engaging Birders in Science and Conservation. *PLoS Biology*, 9(12), e1001220. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001220>

MATERIAL SUPLEMENTAR: Tabela S1 – Lista de espécies ameaçadas e seus respectivos números de observações na plataforma do iNaturalist

Ciência cidadã em um bioma ameaçado: uma perspectiva para a Mata Atlântica brasileira

**Lucas Rodriguez Forti, Ana Marta Pereira R. da S. Passetti,
Talita Oliveira, Arthur Queiros, Maria Alice Dantas Ferreira Lopes,
Jandson Lucas Camelo da Silva, Judit K. Szabo**

Espécies	Número de observações
<i>Abarema filamentosa</i>	3
<i>Acanthochelys radiolata</i>	10
<i>Acanthochelys spixii</i>	10
<i>Accipiter poliogaster</i>	11
<i>Acrobatornis fonsecai</i>	3
<i>Adelophryne baturitensis</i>	1
<i>Adonidia merrillii</i>	4
<i>Agamia agami</i>	1
<i>Alatococcus siqueirae</i>	3
<i>Alectrurus risora</i>	1
<i>Alectrurus tricolor</i>	2
<i>Alipiopsitta xanthops</i>	7
<i>Allobates olfersioides</i>	2
<i>Alouatta belzebul</i>	12
<i>Alouatta caraya</i>	23
<i>Alouatta guariba</i>	390
<i>Alouatta ululata</i>	1
<i>Amanita viscidolutea</i>	4
<i>Amazona aestiva</i>	184
<i>Amazona brasiliensis</i>	19
<i>Amazona pretrei</i>	13
<i>Amazona rhodocorytha</i>	30
<i>Amazona vinacea</i>	83
<i>Amburana cearensis</i>	5
<i>Ameivula nativo</i>	4
<i>Amphisbaena heathi</i>	1
<i>Anabacerthia amaurotis</i>	19
<i>Annona pickelii</i>	1
<i>Anodorhynchus hyacinthinus</i>	2
<i>Anolis nasofrontalis</i>	1
<i>Anthus nattereri</i>	7
<i>Antilophia bokermanni</i>	3

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
<i>Antrodia neotropicana</i>	2
<i>Anumara forbesi</i>	3
<i>Aplastodiscus cavicola</i>	8
<i>Aplastodiscus weygoldtii</i>	3
<i>Araucaria angustifolia</i>	954
<i>Arrojadoa dinae</i>	1
<i>Arrojadoa eriocaulis</i>	1
<i>Arthrocereus glaziovii</i>	19
<i>Arthrocereus melanurus</i>	19
<i>Aspidosperma illustre</i>	1
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	10
<i>Asthenes hudsoni</i>	3
<i>Asthenes luizae</i>	4
<i>Ateles paniscus</i>	2
<i>Atractus ronnie</i>	2
<i>Augastes lumachella</i>	20
<i>Automolus lammi</i>	1
<i>Bactris pickelii</i>	4
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	3
<i>Biatas nigropectus</i>	18
<i>Blastocerus dichotomus</i>	7
<i>Bokermannohyla vulcaniae</i>	2
<i>Boletinellus meruloides</i>	5
<i>Bothrops muriciensis</i>	8
<i>Bothrops pirajai</i>	2
<i>Brachyteles arachnoides</i>	51
<i>Brachyteles hypoxanthus</i>	33
<i>Bradypterus torquatus</i>	20
<i>Brasilicereus phaeacanthus</i>	7
<i>Brugmansia arborea</i>	11
<i>Brugmansia insignis</i>	3
<i>Brugmansia suaveolens</i>	98
<i>Brugmansia versicolor</i>	1
<i>Buteogallus aequinoctialis</i>	4
<i>Buteogallus coronatus</i>	32
<i>Buteogallus lacernulatus</i>	43
<i>Butia eriospatha</i>	10
<i>Calidris canutus</i>	10
<i>Calidris pusilla</i>	13
<i>Calidris subruficollis</i>	7
<i>Callicebus coimbrai</i>	5
<i>Callicebus melanochir</i>	7
<i>Callicebus nigrifrons</i>	132
<i>Callicebus personatus</i>	47

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
<i>Callithrix aurita</i>	104
<i>Callithrix flaviceps</i>	22
<i>Callithrix kuhlii</i>	23
<i>Campomanesia aromatica</i>	4
<i>Campomanesia laurifolia</i>	2
<i>Campomanesia phaea</i>	16
<i>Campomanesia reitziana</i>	4
<i>Campylopterus diamantinensis</i>	1
<i>Caretta caretta</i>	9
<i>Cariniana legalis</i>	64
<i>Carpornis melanocephala</i>	27
<i>Caryocar coriaceum</i>	1
<i>Cathedra bahiensis</i>	1
<i>Cedrela fissilis</i>	88
<i>Cedrela montana</i>	2
<i>Cedrela odorata</i>	19
<i>Cedrus libani</i>	1
<i>Celeus galeatus</i>	7
<i>Celeus torquatus</i>	15
<i>Cercomacra brasiliiana</i>	16
<i>Chaetomys subspinosus</i>	3
<i>Charitospiza eucosma</i>	7
<i>Chelonia mydas</i>	27
<i>Chiasmodreis lacrimae</i>	1
<i>Chloroleucon tortum</i>	5
<i>Chrysocyon brachyurus</i>	92
<i>Chrysophyllum imperiale</i>	4
<i>Cichlopsis leucogenys</i>	11
<i>Cinclodes pabsti</i>	23
<i>Cipocereus bradei</i>	1
<i>Cipocereus crassisepalus</i>	1
<i>Clavaria zollingeri</i>	4
<i>Coendou speratus</i>	21
<i>Coffea arabica</i>	103
<i>Coleocephalocereus purpureus</i>	3
<i>Columbina cyanopis</i>	14
<i>Conirostrum bicolor</i>	44
<i>Conopophaga cearae</i>	16
<i>Contomastix vacariensis</i>	1
<i>Contopus cooperi</i>	2
<i>Cordia hatschbachii</i>	3
<i>Coryphaspiza melanotis</i>	8
<i>Cotinga maculata</i>	3
<i>Couepia schottii</i>	1

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
<i>Couratari asterotricha</i>	1
<i>Crax blumenbachii</i>	33
<i>Crax fasciolata</i>	8
<i>Crinodendron brasiliense</i>	4
<i>Crossodactylodes izecksohni</i>	1
<i>Crossodactylus schmidti</i>	5
<i>Crypturellus noctivagus</i>	8
<i>Ctenomys flamarioni</i>	2
<i>Culicivora caudacuta</i>	8
<i>Cyanocorax caeruleus</i>	1
<i>Cyanocorax caeruleus</i>	144
<i>Cyanophrys bertha</i>	1
<i>Cycloramphus acangatan</i>	2
<i>Cycloramphus brasiliensis</i>	3
<i>Cyprinus carpio</i>	14
<i>Dacnis nigripes</i>	54
<i>Dahlia imperialis</i>	2
<i>Dalbergia cearensis</i>	1
<i>Dalbergia nigra</i>	9
<i>Dasypops chirchi</i>	1
<i>Dermochelys coriacea</i>	2
<i>Dinizia jueirana-facao</i>	10
<i>Discocactus pseudoinsignis</i>	10
<i>Disocactus phyllanthoides</i>	1
<i>Drymaeus acervatus</i>	7
<i>Drymophila ochropyga</i>	56
<i>Duroia valesca</i>	9
<i>Dyckia reitzii</i>	7
<i>Dypsis lutescens</i>	19
<i>Dysithamnus plumbeus</i>	10
<i>Dysithamnus stictothorax</i>	47
<i>Echinanthera cephalomaculata</i>	2
<i>Eleoscytalopus psychopompus</i>	2
<i>Eleothreptus anomalus</i>	5
<i>Enyalius erythroceneus</i>	4
<i>Erythroxylum splendidum</i>	1
<i>Eschweilera sphaerocarpa</i>	1
<i>Esenbeckia leiocarpa</i>	1
<i>Eucalyptus deglupta</i>	4
<i>Eucalyptus pilularis</i>	1
<i>Eugenia prasina</i>	1
<i>Euparkerella tridactyla</i>	1
<i>Euphonia chalybea</i>	27
<i>Euryades corethrurus</i>	2

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
<i>Euscarthmus rufomarginatus</i>	4
<i>Falco deiroleucus</i>	7
<i>Ficus cyclophylla</i>	1
<i>Formicivora acutirostris</i>	44
<i>Formicivora erythronotos</i>	5
<i>Formicivora grantsaui</i>	8
<i>Formicivora iheringi</i>	12
<i>Geositta poeciloptera</i>	5
<i>Gerronema viridilucens</i>	1
<i>Glaucis dohrnii</i>	9
<i>Glycydendron espiritosantense</i>	1
<i>Gossypium hirsutum</i>	11
<i>Grifinia intermedia</i>	2
<i>Guaiacum officinale</i>	1
<i>Guaruba guarouba</i>	2
<i>Gymnocalyxium horstii</i>	1
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	3
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	6
<i>Handroanthus serratifolius</i>	22
<i>Harpia harpyja</i>	17
<i>Hemiancistrus chlorostictus</i>	1
<i>Hemiancistrus megalopteryx</i>	1
<i>Hemitriccus furcatus</i>	8
<i>Hemitriccus kaempferi</i>	1
<i>Hemitriccus mirandae</i>	13
<i>Hemitriccus orbitatus</i>	23
<i>Herpsilochmus pectoralis</i>	3
<i>Herpsilochmus pileatus</i>	4
<i>Hydromedusa maximiliani</i>	49
<i>Ilex paraguariensis</i>	28
<i>Inga congesta</i>	4
<i>Inga exfoliata</i>	2
<i>Inga hispida</i>	3
<i>Inga lentiscifolia</i>	5
<i>Iodopleura pipra</i>	15
<i>Ischnocnema manezinho</i>	1
<i>Jacamaralcyon tridactyla</i>	33
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	85
<i>Joanesia princeps</i>	1
<i>Joannesia princeps</i>	25
<i>Kalanchoe beharensis</i>	1
<i>Kalanchoe daigremontiana</i>	2
<i>Kielmeyera albopunctata</i>	2
<i>Laniisoma elegans</i>	4

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
<i>Larus atlanticus</i>	2
<i>Laterallus xenopterus</i>	1
<i>Leontopithecus caissara</i>	3
<i>Leontopithecus chrysomelas</i>	8
<i>Leontopithecus chrysopygus</i>	33
<i>Leontopithecus rosalia</i>	26
<i>Leopardus guttulus</i>	45
<i>Leopardus wiedii</i>	18
<i>Lepidochelys olivacea</i>	2
<i>Leposternon octostegum</i>	2
<i>Leptasthenura setaria</i>	58
<i>Leptodon forbesi</i>	6
<i>Leptolobium tenuifolium</i>	1
<i>Limnoctites rectirostris</i>	4
<i>Lipaugs conditus</i>	6
<i>Lontra longicaudis</i>	50
<i>Lophornis chalybeus</i>	73
<i>Lycalopex vetulus</i>	12
<i>Machaerium villosum</i>	7
<i>Macrodontia cervicornis</i>	10
<i>Magnolia brasiliensis</i>	1
<i>Manilkara dardanoi</i>	1
<i>Manilkara longifolia</i>	1
<i>Manilkara rufula</i>	5
<i>Mazama nana</i>	8
<i>Megalobulimus lopesi</i>	3
<i>Megalops atlanticus</i>	3
<i>Melanophryniscus admirabilis</i>	1
<i>Melanophryniscus devincenzi</i>	1
<i>Melanophryniscus macrogranulosus</i>	3
<i>Melanophryniscus moreirae</i>	50
<i>Melocactus lanssensianus</i>	1
<i>Melocactus violaceus</i>	23
<i>Merulaxis stresemanni</i>	1
<i>Mico melanurus</i>	1
<i>Micranthocereus flaviflorus</i>	1
<i>Microglanis malabarbai</i>	1
<i>Micrurus potyguara</i>	2
<i>Micrurus silviae</i>	1
<i>Mimosa taimbensis</i>	2
<i>Minagrion ribeiroi</i>	2
<i>Moldenhawera blanchetiana</i>	1
<i>Mollinedia lamprophylla</i>	1
<i>Mollinedia stenophylla</i>	1

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
<i>Morphnus guianensis</i>	1
<i>Musa coccinea</i>	25
<i>Myotis ruber</i>	10
<i>Myrcia bergiana</i>	4
<i>Myrcia eumecephylla</i>	1
<i>Myrcia gilsoniana</i>	1
<i>Myrcia isaiana</i>	1
<i>Myrcia riocensis</i>	1
<i>Myrcianthes pungens</i>	5
<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	20
<i>Myrmoderus ruficauda</i>	6
<i>Myrmotherula minor</i>	10
<i>Myrmotherula snowi</i>	4
<i>Myrmotherula unicolor</i>	24
<i>Myrmotherula urosticta</i>	7
<i>Naucleopsis oblongifolia</i>	1
<i>Nemosia rourei</i>	11
<i>Neomitrannes cordifolia</i>	1
<i>Neopelma aurifrons</i>	12
<i>Neothraupis fasciata</i>	3
<i>Ocotea arenicola</i>	2
<i>Ocotea catharinensis</i>	7
<i>Ocotea ciliata</i>	1
<i>Ocotea marumbiensis</i>	1
<i>Ocotea porosa</i>	16
<i>Orchesticus abeillei</i>	35
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	4
<i>Oxyprora flavigularis</i>	16
<i>Oxysternon pteroderum</i>	1
<i>Ozotoceros bezoarticus</i>	3
<i>Panthera onca</i>	11
<i>Parides ascanius</i>	7
<i>Parides burchellanus</i>	1
<i>Parodia haselbergii</i>	5
<i>Parodia ottonis</i>	6
<i>Paubrasilia echinata</i>	58
<i>Penelope jacucaca</i>	1
<i>Penelope purpurascens</i>	1
<i>Penelope superciliaris</i>	90
<i>Peruphasma schultei</i>	1
<i>Phallus aureolatus</i>	6
<i>Philodendron gloriosum</i>	2
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	3
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	11

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
<i>Phrynpops williamsi</i>	10
<i>Phyllomyias griseocapilla</i>	54
<i>Phylloscartes beckeri</i>	6
<i>Phylloscartes ceciliae</i>	8
<i>Phylloscartes oustaleti</i>	20
<i>Phylloscartes roquettei</i>	1
<i>Phylloscartes sylvviolus</i>	9
<i>Piculus aurulentus</i>	114
<i>Picumnus nebulosus</i>	26
<i>Pilosocereus arrabidae</i>	14
<i>Pilosocereus chrysostele</i>	2
<i>Pilosocereus densiareolatus</i>	1
<i>Pilosocereus fulvilanatus</i>	22
<i>Pilosocereus magnificus</i>	4
<i>Pilosocereus multicostatus</i>	1
<i>Pilosocereus ulei</i>	4
<i>Pipile jacutinga</i>	30
<i>Piprites pileata</i>	13
<i>Pithecopus ayeaye</i>	6
<i>Platyrinchus leucoryphus</i>	8
<i>Pleurodema bibroni</i>	1
<i>Plinia phitrantha</i>	3
<i>Podocarpus lambertii</i>	14
<i>Podocarpus sellowii</i>	4
<i>Podocnemis unifilis</i>	12
<i>Pogonotriccus eximius</i>	27
<i>Polioptila lactea</i>	1
<i>Polystictus pectoralis</i>	2
<i>Pomatomus saltatrix</i>	2
<i>Pontoporia blainvillei</i>	2
<i>Pouteria bullata</i>	2
<i>Pouteria grandiflora</i>	1
<i>Pouteria macahensis</i>	1
<i>Pouteria macrophylla</i>	1
<i>Primolius maracana</i>	142
<i>Proceratophrys bigibbosa</i>	4
<i>Proceratophrys moratoi</i>	1
<i>Procnias nudicollis</i>	139
<i>Pseudastur polionotus</i>	22
<i>Pseudoatta argentina</i>	1
<i>Psilops paeminosus</i>	2
<i>Pterocarya fraxinifolia</i>	1
<i>Pteroglossus bailloni</i>	141
<i>Pterogyne nitens</i>	13

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
<i>Pyriglena atra</i>	6
<i>Pyrrhura cruentata</i>	22
<i>Pyrrhura griseipectus</i>	19
<i>Pyrrhura leucotis</i>	33
<i>Ravenia infelix</i>	1
<i>Recordia reitzii</i>	2
<i>Rhea americana</i>	31
<i>Rhipsalis clavata</i>	1
<i>Rhipsalis crispata</i>	8
<i>Rhipsalis dissimilis</i>	1
<i>Rhipsalis oblonga</i>	2
<i>Rhipsalis pacheco-leonis</i>	1
<i>Rhipsalis pilocarpa</i>	1
<i>Rhipsalis russellii</i>	8
<i>Rhipsalis triangularis</i>	1
<i>Rhopornis ardesiacus</i>	21
<i>Rupirana cardosoi</i>	4
<i>Sapajus cay</i>	18
<i>Sapajus flavius</i>	2
<i>Sapajus libidinosus</i>	9
<i>Sapajus nigritus</i>	693
<i>Sapajus robustus</i>	26
<i>Sapajus xanthosternos</i>	10
<i>Schlumbergera microsphaerica</i>	5
<i>Schlumbergera opuntioides</i>	15
<i>Schlumbergera russelliana</i>	2
<i>Schlumbergera truncata</i>	10
<i>Scytalopus diamantinensis</i>	5
<i>Scytalopus iraiensis</i>	2
<i>Simira eliezeriana</i>	4
<i>Solanum melissarum</i>	1
<i>Sorocea guilleminiana</i>	2
<i>Sotalia guianensis</i>	22
<i>Spinus yarrellii</i>	6
<i>Spizaetus ornatus</i>	27
<i>Sporophila beltoni</i>	7
<i>Sporophila cinnamomea</i>	5
<i>Sporophila falcirostris</i>	17
<i>Sporophila frontalis</i>	29
<i>Sporophila melanogaster</i>	20
<i>Sporophila palustris</i>	1
<i>Sporophila ruficollis</i>	1
<i>Stictocardia macalusoii</i>	4
<i>Swietenia macrophylla</i>	9

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
<i>Syagrus botryophora</i>	3
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	63
<i>Synallaxis cinerea</i>	7
<i>Synallaxis infuscata</i>	13
<i>Tabebuia roseoalba</i>	8
<i>Tachigali densiflora</i>	3
<i>Tacinga braunii</i>	3
<i>Tangara fastuosa</i>	50
<i>Tantilla boipiranga</i>	8
<i>Tapirus terrestris</i>	136
<i>Tayassu pecari</i>	14
<i>Tectona grandis</i>	4
<i>Terenura sicki</i>	7
<i>Terminalia acuminata</i>	7
<i>Terminalia kleinii</i>	1
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	1
<i>Thalurania watertonii</i>	27
<i>Thripophaga macroura</i>	9
<i>Tinamus solitarius</i>	56
<i>Touit melanotus</i>	4
<i>Touit surdus</i>	7
<i>Trichechus manatus</i>	4
<i>Trichilia pallens</i>	2
<i>Trichilia pseudostipularis</i>	5
<i>Trichodactylus crassus</i>	10
<i>Trichogenes claviger</i>	1
<i>Tropidophis grapiuna</i>	1
<i>Tropidurus hygomi</i>	12
<i>Uebelmannia gummifera</i>	1
<i>Uebelmannia pectinifera</i>	1
<i>Urbanodendron verrucosum</i>	10
<i>Vataireopsis araroba</i>	1
<i>Wilfredomys oenax</i>	3
<i>Worsleya procera</i>	10
<i>Xanthopsar flavus</i>	15
<i>Xiphocolaptes falcirostris</i>	1
<i>Xipholena atropurpurea</i>	13
<i>Xiphorhynchus atlanticus</i>	10
<i>Xylopia decorticans</i>	1
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	41