INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM BIODIVERSIDADE NEOTROPICAL

PADRÕES DE DIVERSIDADE, VISITANTES FLORAIS E CONSERVAÇÃO DAS ABELHAS SEM FERRÃO (APIDAE: MELIPONINI) DA AMAZÔNIA LEGAL

IRACY MAIANY NUNES SOARES

Foz do Iguaçu
2024

INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS
DA VIDA E DA NATUREZA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM BIODIVERSIDADE NEOTROPICAL

PADRÕES DE DIVERSIDADE, VISITANTES FLORAIS E CONSERVAÇÃO DAS ABELHAS SEM FERRÃO (APIDAE: MELIPONINI) DA AMAZÔNIA LEGAL

IRACY MAIANY NUNES SOARES

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Biodiversidade Neotropical, do Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza, da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Santiago José Elías Velazco

Foz do Iguaçu
2024

IRACY MAIANY NUNES SOARES

PADRÕES DE DIVERSIDADE, VISITANTES FLORAIS E CONSERVAÇÃO DAS ABELHAS SEM FERRÃO (APIDAE: MELIPONINI) DA AMAZÔNIA LEGAL

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Neotropical, do Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza, da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

BANCA EXAMINADORA

_____

Dr. Santiago José Elías Velazco
Orientador
UNILA

_____

Dra. Elaine Della Giustina Soares
(UNILA)

_____

Dr. Daniel De Paiva Silva
(IF Goiano)

Foz do Iguaçu, 27 de junho de 2024.

Catalogação elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação
Catalogação de Publicação na Fonte. UNILA - BIBLIOTECA LATINO-AMERICANA - PTI

S676
Soares, Iracy Maiany Nunes.
Padrões de diversidade, visitantes florais e conservação das abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponini) da Amazônia Legal / Iracy Maiany Nunes Soares. - Foz do Iguaçu, 2024.
70 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana. Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Neotropical. Foz do Iguaçu-PR, 2024.
Orientador: Santiago José Elías Velazco.

1. Abelhas sem ferrão. 2. Áreas protegidas. 3. Modelos de distribuição de espécies. 4. Euterpe oleracea. 5. Stingless bees. I. Velazco, Santiago José Elías. II. Título.

CDU 638.1:502.17

Let us see how high we can fly before the sun melts the wax in our wings

Edward O. Wilson

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação é o resultado de um longo caminho, repleto de desafios, aprendizagens e conquistas, que não teria sido possível sem o apoio e carinho de muitas pessoas.

As instituições e agências de fomento que possibilitaram a realização desta pesquisa, especialmente à CAPES e UNILA, pelo apoio financeiro e recursos disponibilizados.

Ao meu orientador, Santiago, por sua orientação, paciência e incentivo ao longo deste processo. Agradeço por acreditar no meu potencial, ter aceitado me acompanhar no mestrado mesmo tendo que iniciar um projeto do zero para concluir em poucos meses. Muito obrigada!

Aos meus coautores, Santiago Velazco, David Nogueira, Admir Junior, Anderson Antonio, agradeço profundamente pelo empenho, pelas contribuições significativas em cada etapa do desenvolvimento deste estudo.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Daniel De Paiva Silva e Profa. Dra. Elaine Soares por aceitarem avaliar e por suas contribuições. Seus comentários e sugestões foram essenciais para aprimorar a qualidade deste trabalho desde a qualificação.

Aos pesquisadores, museus, coleções, meliponicultores e empresas que abriram a porta e me apoiaram durante o de mestrado: Dr. Marcio Oliveira (INPA), Dra. Marcia Maues (Embrapa), Richardson Frazão (Néctar consultoria), Dr. Carlos Brandão (MZUSP), Elvira Horácio (RSG-Brazil) e Shelton Alencar (meliponicultor).

Aos meus novos amigos abelhudos Augusto Silva e Tamires Andrade, pelas boas conversas sobre abelhas.

Aos professores da que contribuíram para minha formação acadêmica: Fernando Zanella, Nuno, Hermes Schmitz, Peter Löwenberg e Cleto Peres.

Aos amigos colegas da Unila: Luana Freitas, Luiz Vieira, Patricia Iatskiu, Jhenifer dos Santos e Gabriel Carneiro, que foram uma segunda família para mim em Foz do Iguaçu, oferecendo suporte técnico e emocional, além de momentos de descontração.

Ao meu companheiro de vida, Matias Duarte, que sempre acreditou em mim, apoiou nos momentos de fraqueza e comemorou cada pequena vitória. Pela sua paciência e incentivo e por sempre estar ao meu lado, compartilhando cada momento desta caminhada.

Aos meus pais, Antônio, Marta e a toda minha família, por seu amor, apoio e por todos os sacrifícios feitos para que eu pudesse chegar até aqui.

Por fim, a Deus, por me dar forças e iluminar meu caminho para finalizar esta etapa, e a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste estudo, meu sincero e profundo agradecimento.

SOARES, Iracy Maiany Nunes. **Padrões de diversidade, visitantes florais e conservação das abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponini) da Amazônia Legal**. 2024. 61p. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Neotropical – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2024.

RESUMO

A Amazônia Legal, uma das regiões mais biodiversas do planeta, enfrenta grandes desafios para a conservação de sua fauna e flora. As abelhas sem ferrão (Meliponini) desempenham um papel crucial na polinização de ecossistemas naturais e cultivos agrícolas. O estudo teve como objetivo i) estimar a distribuição e diversidade dos meliponíneos na Amazônia Legal, ii) avaliar o número de espécies dos meliponíneos registrados como visitantes florais e o número de plantas que elas visitam, iii) avaliar o grau de representatividade das abelhas sem ferrão dentro das áreas protegidas e investigar a influência do habitat remanescente em suas distribuições. Encontramos que das 169 espécies de meliponíneos nativas da Amazonia Legal, 88% são visitantes florais de 270 espécies de plantas, muitas delas de importância econômica. *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793), *Tetragona clavipes* (Fabricius, 1804) e *Scaptotrigona bipunctata* (Lepeletier, 1836), tiveram o maior número de interações com plantas. Das plantas mais visitadas incluíram *Euterpe oleracea*, *Syzygium malaccense* e *Bertholletia excelsa*. A representatividade dos meliponíneos dentro das áreas protegidas foi de 37%, e para os visitantes florais, 39%. As áreas com maior riqueza de espécies ocorreram ao longo dos grandes rios da bacia , maioritariamente fora das áreas protegidas. As regiões com menor habitat remanescente se encontram nas regiões de menor riqueza de espécies localizadas no "Arco do Desmatamento". Ainda que as áreas mais ricas estejam fora da rede de áreas protegidas, estas estão longe de regiões com alta perda de hábitat. Portanto, é crucial expandir e reavaliar as áreas protegidas, considerando também as regiões mais vulneráveis, para assegurar a conservação eficiente dos meliponíneos e a continuidade dos serviços ecossistêmicos que eles fornecem.

Palavras-chave: Abelhas sem ferrão. Áreas protegidas. Modelos de distribuição de espécies. *Euterpe oleracea*.

SOARES, Iracy Maiany Nunes. **Patterns of diversity, floral visitors, and conservation of stingless bees (Apidae: Meliponini) in the Legal Amazon.** 2024. 61p. Master's dissertation, Postgraduate Program in Neotropical Biodiversity – Federal University for Latin American Integration, Foz do Iguaçu, 2024.

ABSTRACT

The Legal Amazon, one of the most biodiverse regions on the planet, faces significant challenges in conserving its fauna and flora. Stingless bees (Meliponini) play a crucial role in the pollination of natural ecosystems and agricultural crops. This study aimed to estimate the distribution and diversity of meliponines in the Legal Amazon, assess the number of meliponine species recorded as floral visitors and the number of plants they visit, evaluate the degree of representativeness of stingless bees within protected areas, and investigate the influence of remaining habitats on their distributions using species distribution models. We found that of the 169 native meliponine species in the Legal Amazon, 88% are floral visitors of 270 plant species, many of which are of economic importance. *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793), Tetragona clavipes (Fabricius, 1804), and *Scaptotrigona bipunctata* (Lepeletier, 1836) had the highest number of interactions with plants. Among the most visited plants were *Euterpe oleracea*, *Syzygium malaccense*, and *Bertholletia excelsa*. The representativeness of meliponines within protected areas was 37%, and for floral visitors, 39%. The areas with the highest species richness were found along the major rivers of the Amazon basin, mostly outside protected areas. Regions with the least remaining habitat are in areas with the lowest species richness, particularly in the "Arc of Deforestation". Although the richest areas are outside the network of protected areas, they are far from regions with high habitat loss. Therefore, it is crucial to expand and reassess protected areas, also considering the most vulnerable regions, to ensure the efficient conservation of meliponines and the continuity of the ecosystem services they provide.

Key-words: Stingless bees. Protected areas. Species distribution models. Euterpe oleracea.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Fluxo geral da metodologia desenvolvida estruturada em **Pré-modelagem**: (a) seleção da área de estudo, (b) busca e compilação de ocorrências de espécies em diferentes bases de dados, e (c) filtragem e limpeza dos dados; **Modelagem**: (d) compilação e seleção de variáveis ambientais, (e) protocolo de modelagem das espécies com > 15 ocorrências, (f) dentre 5 a 15 ocorrências, (g) estimação da similaridade ambiental para espécies com < 5 ocorrências, e (h) correção da sobreprevisão dos modelos. Para os **Visitantes florais,** foi necessário a (i) a busca bibliográfica de cada espécie para detectar quais espécies de plantas são visitados pelas diferentes espécies de meliponíneos, posteriormente foi criado um banco de dados a partir das espécies modeladas. **Análises**: (j) elaboração dos mapas de riqueza de espécies, (k) relação entre o grau de proteção nas áreas protegidas e riqueza de espécies e grau de representatividade do range das espécies dentro das áreas protegidas (l) relação entre o hábitat remanescente e a riqueza de espécies e perda de habitat das espécies. 24

Figura 2 Número espécies de plantas visitadas por espécies de meliponíneos nativas da Amazonia Legal. 31

Figura 3 Frequência de espécies de plantas visitadas por espécies de meliponíneos da Amazonia Legal. *Euterpe oleracea* (a*), *Syzygium malaccense* (b*), *Bertholletia excelsa* (c*), *Asystasia gangetica* (d), *Arachis pintoi* (e*), *Anacardium occidentale* (f*), *Myrciaria dubia* (g), *Helianthus annuus* (h), *Psidium guajava* (i*)*, *Passiflora edulis* (j) *Coffea arábica* (k). * espécies nativas da Amazonia Legal. 32

Figura 4 Riqueza de espécies para todos os meliponíneos (a) e visitantes florais (c), mapa proporção de células protegidas e não-protegidas para diferentes classes de riqueza para todos os meliponíneos (b) e visitantes florais (d) na Amazonia Legal. 33

Figura 5 Grau de representatividade dos meliponíneos e dos visitantes florais dentro da Áreas Protegidas na Amazônia Legal. 34

Figura 6 Mapa de habitat remanescente (a) proporção relativa de células distribuídas por classes de riqueza para todas as espécies (b) e visitantes florais (c); e quantidade absoluta de células distribuídas por classes de riqueza para todas as espécies (d) e visitantes florais (e). 35

Figura 7 Proporção do range remanescente dos meliponíneos e dos visitantes florias dentro na Amazônia Legal. 35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APs	Áreas Protegidas
BRT	Boosted Regression Trees
GAM	Generalized Additive Model
GLM	Generalized Linear Model
GP	Gaussian Process
MaxEnt	Maximum Entropy
MCPB	Buffered Minimum Convex Polygon
NET	Artificial Neural Network
RF	Random Forest
SDMs	Species Distribution Models
Sorensen	Sorensen's Index
SVM	Support Vector Machine

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 21
MÉTODOS 24
Fluxo geral da metodologia 24
Área de estudo 25
Lista de espécies 25
Compilação de dados de visitantes florais 25
Registro de espécies 26
Variáveis ambientais 27
Modelos de distribuição das espécies 27
Avaliação do grau de representatividade das espécies dentro de áreas protegidas 29
Mapa de proporção de habitat remanescente 29
Mapa de riqueza de espécies 30
RESULTADOS 31
DISCUSSÃO 36
Quantidade de espécies de meliponíneos da Amazônia Legal registradas como visitantes florias e plantas visitadas 36
Riqueza de meliponíneos 37
Relação das áreas protegidas e a riqueza e representatividade das espécies de meliponíneos. 38
Relação entre o habitat remanescente com a riqueza e distribuição de meliponíneos 38
Limitações 39
CONCLUSÃO 39
REFERÊNCIAS 40
MATERIAL SUPLEMENTAR 47
Tabela S1. 47
Tabela S2 50
Tabela S3 50
Tabela S4 50
Tabela S5. 52
Tabela S8 54
Tabela S9 54
Figura S1 66
Figura S2 67
Figura S3 67
Figura S4 69
Figura S5 70

Elaborado por JM Design Gráfico (2024)

Padrões de diversidade, visitantes florais e conservação das abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponini) da Amazônia Legal

Iracy Maiany Nunes Soares[1], Admir Cesar De Oliveira Junior[1], Anderson Igomar Antônio[1], David S. Nogueira[2], Santiago José Elías Velazco [1,3]

[1] Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Neotropical, Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil.

[2] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), São Gabriel da Cachoeira, Brasil

[3] Instituto de Biología Subtropical, Universidad Nacional de Misiones-CONICET, Puerto Iguazú, Misiones, Argentina.

Corresponding author: sjevelazco@gmail.com

* Artigo formatado segundo as normas da revista **Biodiversity and Conservation**, submetido em 22 de junho de 2024.

INTRODUÇÃO

A tribo Meliponini, conhecida popularmente como abelhas sem ferrão ou meliponíneos, é um grupo de abelhas da família Apidae Latreille, 1802, caracterizadas pela ausência de ferrão e alta eussociabilidade (Michener, 2007). Os meliponíneos são de grande importância nos serviços ecossistêmicos, atuando na polinização em ecossistemas naturais e cultivos agrícolas (Santos et al., 2014) e afetam diretamente na produção de frutos e sementes, polinizando ~73% das plantas cultivadas (Grüter, 2020; Michener, 2007; Nicholls and Altieri, 2013; Quezada-Euán, 2019; Santos et al., 2014), e plantas comestíveis nativas, contribuindo para a subsistência e economia de populações locais (Carvalho et al., 2023; Souza et al., 2004).

A Amazônia Legal é uma região da Amazonia no Brasil, que abrange uma área de 5.020.000 km^2 (i.e., ~60% da território brasileiro), sendo um dos maiores detentores de biodiversidade, responsável pela manutenção dos padrões climáticos, ecossistemas, ciclagem hidrológica e armazenamento de carbono (Lovejoy and Nobre, 2018; Poorter et al., 2015). As áreas protegidas dentro da Amazônia Legal são fundamentais para a conservação dessa biodiversidade e a manutenção dos serviços ecossistêmicos (Nogueira et al., 2018). Elas incluem: unidades de conservação, terras indígenas e áreas quilombolas, criadas para manter o desenvolvimento inclusivo, sustentável e a preservação da biodiversidade (Chape et al., 2005).

Esta região abriga uma rica diversidade de meliponíneos, cruciais para a interação com espécies de plantas de importância econômica, como o: açaí, camu-camu, carambola, coco, cupuaçu, manga, pimenta, taperebá, tomate, urucum e outras espécies vegetais (Paz et al., 2021; Venturieri and Leon, 2012). Embora os maias e outros povos indígenas tenham manejado os meliponíneos por milênios (Quezada-Euán, 2019), e elaborado técnicas para modernizar e promover a criação da meliponicultura, as colônias de meliponíneos selvagens são responsáveis pela grande maioria das atividades de polinização de culturas realizadas pelos meliponíneos (Cortopassi-Laurino et al., 2006). Recentemente, foi demonstrado que comunidades da região amazônica revelaram uma rica diversidade de práticas de manejo de meliponíneos (Delgado et al., 2023). Estas práticas tradicionais de manejo e a seleção cuidadosa das espécies mostram a importância cultural e econômica destas abelhas para as comunidades (Campbell et al., 2023).

Por ser um ambiente tropical, influencia na alta capacidade de adaptação morfológica, fisiológica e comportamental dos meliponíneos, permitindo uma maior sobrevivência e possibilidade de exploração de recursos, além das flores (Dos Santos et

al., 2015; Maia-Silva et al., 2013). Além de polinizador, os meliponíneos podem ser identificados também como visitantes florais em que não contribuem diretamente para a reprodução de plantas, eles saem em busca de recursos como néctar e pólen, apresentando uma alta taxa, frequência e constância de visitação floral (Rios-Carrasco et al., 2022). Esses insetos apresentam um comportamento diversificado de forrageamento ao buscar micronutrientes de recursos não florais (Dorian and Bonoan, 2021).

Contudo, as mudanças no uso da terra têm impacto sobre a biodiversidade das abelhas e aos serviços ecossistêmicos, especialmente nos habitats naturais que foram convertidos em áreas para atividades de pecuária, mineração, exploração de madeira e agrícola (Duarte et al., 2020; Foley et al., 2005; Rossoni and Moraes, 2020). Em 2022, a taxa de desmatamento na Amazônia Legal subiu para 12.2 km²/ano, representando uma quebra das metas firmadas em acordos e pactos ambientais referentes ao combate às mudanças climáticas, apropriação ilegal de terras públicas, mineração em terras indígenas, além de serem reflexo da ausência ou flexibilização de fiscalização ambiental e das alterações no Código Florestal Brasileiro (Mataveli et al., 2022; Villén-Pérez et al., 2020, 2018). Estima-se que, nos próximos anos, o aumento do desmatamento continue, especialmente em parte dos estados do Acre, Amazonas, Pará, Rondônia e Mato Grosso, conhecidos como o “Arco do Desmatamento” (Carvalho e Domingues, 2016; Tollefson, 2018). Estudos preliminares na Floresta Nacional de Carajás, localizada na Amazônia Legal, estimaram um declínio de 95% das espécies de meliponíneos nos próximos anos (Giannini et al., 2020b).

O conhecimento sobre a distribuição das espécies costuma ser limitado pela ausência de registros e por dificuldades nas coletas em regiões remotas, como na Amazônia. Tal desconhecimento acerca de distribuições das espécies pode influenciar nos possíveis planos para a conservação da biodiversidade. Os modelos de distribuição ou modelos de nicho ecológico (SDMs), são um conjunto de ferramentas correlativas que combinam dados de presença (ou presença e ausência) com variáveis ambientais para prever a distribuição geográfica potencial ou ocupada de uma espécie (Franklin, 2010; Peterson, 2011). Os SDMs têm sido amplamente utilizados na ecologia e biologia da conservação para entender e avaliar os efeitos da perda de cobertura natural e das mudanças climáticas (Assefa and Lemma, 2022; Brosi, 2009; Ricketts et al., 2008).

Até o momento, há poucas pesquisas na Amazônia Legal que tenham estimado a distribuição dos meliponíneos e avaliado os efeitos da perda da cobertura natural (Barros et al., 2022; Brosi, 2009; Brown and Albrecht, 2001; Campbell et al., 2022; Ferreira et al., 2022), sendo que estes estudos geralmente se concentram em pequenas áreas ou

estudaram poucas espécies. Além disso, existem lacunas de conhecimento sobre o papel dos meliponíneos na manutenção de ecossistemas (Bueno et al., 2022; Lorenzon and Matrangolo, 2005). Assim, este estudo visa (1) estimar a distribuição e diversidade dos meliponíneos na região da Amazonia Legal, (2) avaliar a quantidade de espécies de meliponíneos que foram registradas como visitantes florias e quanta plantas elas visitam, (3) avaliar o grau de representatividade dos meliponíneos dentro das áreas protegidas e a relação as áreas protegidas e a riqueza de espécies; (4) e estimar a influência da perda de cobertura natural nas distribuições e riqueza de espécies.

MÉTODOS

Fluxo geral da metodologia

A metodologia dessa pesquisa incluiu a compilação de uma lista de espécies para a Amazonia Legal, a coleta de dados de ocorrência das espécies, e a modelagem de distribuição de espécies (SDMs). Com base numa revisão bibliográfica compilamos as espécies de plantas que são visitadas por meliponíneos nativos da Amazonia Legal. Para todos os meliponíneos, assim como os visitantes florais exploramos os padrões de riqueza de espécies, o grau de representatividade das espécies e riqueza de espécies em áreas protegidas, e a relação entre o habitat remanescente e a distribuição e riqueza de espécies (Figura 1).

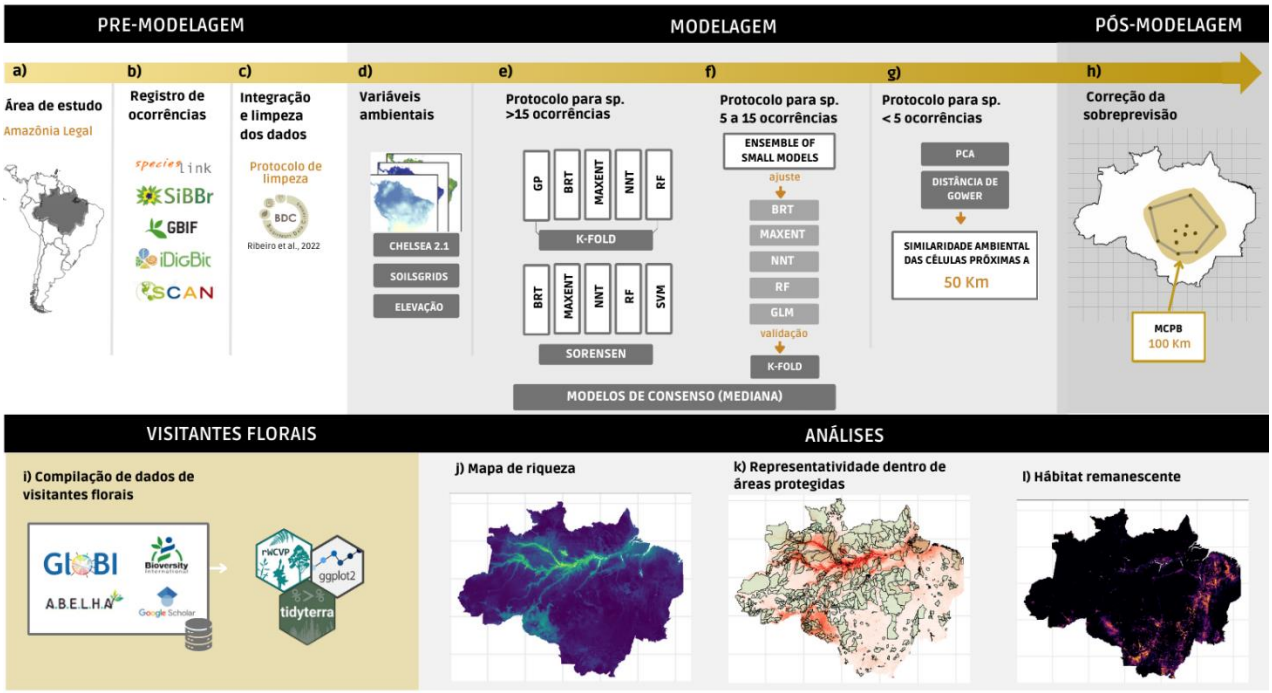

Figura 1 Fluxo geral da metodologia desenvolvida estruturada em **Pré-modelagem**: (a) seleção da área de estudo, (b) busca e compilação de ocorrências de espécies em diferentes bases de dados, e (c) filtragem e limpeza dos dados; **Modelagem**: (d) compilação e seleção de variáveis ambientais, (e) protocolo de modelagem das espécies com > 15 ocorrências, (f) dentre 5 a 15 ocorrências, (g) estimação da similaridade ambiental para espécies com < 5 ocorrências, e (h) correção da sobreprevisão dos modelos. Para os **Visitantes florais,** foi necessário a (i) a busca bibliográfica de cada espécie para detectar quais espécies de plantas são visitados pelas diferentes espécies de meliponíneos, posteriormente foi criado um banco de dados a partir das espécies modeladas. **Análises**: (j) elaboração dos mapas de riqueza de espécies, (k) relação entre o grau de proteção nas áreas protegidas e riqueza de espécies e grau de representatividade do range das espécies dentro das áreas protegidas (l) relação entre o hábitat remanescente e a riqueza de espécies e perda de habitat das espécies.

Área de estudo

Este estudo foi realizado na área da Amazônia Legal, definida geopoliticamente e estabelecida com a Lei 5.173, de 1966. Cerca de 28% deste território é coberto por diferentes sistemas de áreas protegidas (APs; Material Suplementar, Figura S1), abrangendo áreas de preservação permanente, áreas de uso sustentável e terras indígenas (BRASIL, 1966; Delahaye et al., 2015).

A Amazônia Legal apresenta áreas cobertas por florestas, incluindo áreas densas, abertas e sazonais, que ocupam ~63% do território. As formações não florestais, como savanas, pastagens e campinaranas, compõem ~22% da área, enquanto os 15% restantes correspondem a áreas desmatadas até 2009 (Souza et al., 2020). Seu clima é equatorial, quente e úmido, com variações sazonais das chuvas (Madigosky and Vatnick, 2000). A estação seca ocorre de junho a novembro e uma estação chuvosa de dezembro a maio, com ~75% da precipitação anual (Almeida et al., 2017; Ribeiro and Adis, 1984).

Lista de espécies

Foram listadas 169 espécies de abelhas sem ferrão da Amazônia Legal, que compilamos a partir das espécies registradas no banco de dados do Catálogo Taxonômico da Fauna Brasileira (https://fauna.jbrj.gov.br/). Os nomes científicos foram atualizados conforme a nomenclatura disponível no Catálogo Moure em 2023 (Camargo and Pedro, 2003; Nogueira, 2023). Alguns gêneros e espécies foram indicadas para remoção da lista por um especialista taxonômico do grupo, visto que as espécies apresentam incerteza taxonômica (Tabela S1).

Compilação de dados de visitantes florais

A definição e classificação de visitantes florais como polinizadores é complexa, pois envolve a avaliação da eficácia de polinização desses visitantes, exigindo a análise de fatores como a frequência de visitação, o contato com estruturas reprodutivas e estruturas morfofisiológica especializada (Leal et al., 2020). As espécies especializadas e generalistas diferem na qualidade dos serviços prestados ao ecossistema (Araujo et al., 2018). Assim, optamos em utilizar a nomenclatura de visitantes florais para as espécies nesta análise, considerando maior disponibilidade de dados.

O banco de dados de visitantes florais foi gerado a partir da lista das espécies (Tabela S1) e filtramos as espécies sem incerteza taxonômica, procurando as espécies de plantas visitas. Inicialmente, utilizamos os bancos de dados Globi

(https://www.globalbioticinteractions.org/), o Banco de Interações A.B.E.L.H.A (http://abelhaseplantas.cria.org.br/busca_abelha) e a lista de espécies de Gazzoni (2021). Para as espécies que não tinham dados disponíveis nas fontes citadas, realizamos buscas individuais em artigos científicos utilizando as plataformas Web of Science (https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search), Scopus (https://www.scopus.com/), e Google Scholar (https://scholar.google.com/). Finalmente, a informação sobre visitantes florais esteve baseada em 63 fontes bibliografias e base de dados. Corrigimos e atualizamos os nomes científicos das plantas utilizando como autoridade taxonômica o *Plants of the World Online* (https://powo.science.kew.org) por meio do pacote de R *rWCVP* (Brown et al., 2023). Todas as análises relacionadas aos padrões de riqueza, representatividade dentro de áreas protegidas, e habitat remanescente foram realizadas para todos os meliponíneos e os meliponíneos com registros de visitação floral separadamente

Registro de espécies

A partir da lista de espécies, compilou-se registros de ocorrências das seguintes bases de dados: speciesLink (https://specieslink.net/), Sistema Global de Informações sobre Biodiversidade (GBIF, https://www.gbif.org/, doi: https://doi.org/10.15468/dl.udkhjp), Biocoleções Digitalizadas Integradas (iDigBio, https://www.idigbio.org/), Coleções Symbiota da rede de artrópodes (SCAN-Bugs, https://scan-bugs.org/portal/) e o Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SibBr, https://www.sibbr.gov.br/). Os dados de ocorrências das diferentes fontes foram integrados em um banco de dados único, selecionamos apenas ocorrências registradas entre 1950 e 2023. Utilizamos o protocolo de limpeza com os pacotes *bdc* (Ribeiro et al., 2022), que consistiu nas etapas de pré-filtragem, correção taxonômica, correção espacial e correção temporal.

Na etapa de pré-filtragem, foram removidas as ocorrências com dados inválidos em termos taxonômicos (ocorrências identificadas a nível de gênero) e espaciais (coordenadas inválidas ou registros sem coordenadas) (Tabela S2). A correção taxonômica consistiu na homogeneização e atualização dos nomes científicos, utilizando como autoridade taxonômica a Camargo et al. (2023) do "Catálogo Moure" (Tabela S3). A correção espacial consistiu na remoção de ocorrências com coordenadas geográficas duplicadas, com menos de três casas decimais, georreferenciadas no mar, em centroides de países ou estados/províncias e georreferenciadas em cidades. Adicionalmente no QGIS v3.36.1 (https://www.qgis.org) conferimos e eliminamos as ocorrências estavam fora dos limites de distribuição conhecidos das espécies (Tabela S3). Para isso, usamos o Catálogo Moure

com fonte sobre a distribuição da espécie. A correção temporal consistiu na correção e eliminação de ocorrências com datas inválidas, foram considerados ocorrências coletadas após 1950. Somente as espécies com ≥ 5 ocorrências limpas foram modeladas (van Proosdij et al., 2016). O processamento de dados e análises foram realizadas no programa R v.4.4.0 (R Core Team, 2024) com a utilização de diferentes pacotes (Tabela S).

Variáveis ambientais

As alterações nos padrões de temperatura e precipitação podem impactar a disponibilidade e a qualidade dos recursos alimentares de abelhas, como flores produtoras de néctar e pólen, alterando a sincronização entre a atividade das abelhas e o florescimento das plantas, afetando diretamente sua capacidade de coleta de alimentos e, consequentemente, sua nutrição e saúde (Cortopassi-Laurino and Nogueira-Neto, 2007). Por isso, consideramos o conjunto de 10 variáveis climáticas provenientes da plataforma Chelsa v.2.1, com resolução original de 1 km (https://chelsa-climate.org, Karger et al., 2017). Além disso, utilizamos a altitude do SRTM (https://srtm.csi.cgiar.org) com resolução de 1 km e o SoilGrid 2.1 (https://soilgrids.org) como fonte de variáveis edáficas, com resolução de 250 m (Tabela S). Optamos por adicionar variáveis de tipo edáfica devido ao tipo de solo e sua condição podem afetar a disponibilidade e a qualidade das cavidades utilizadas pelos meliponíneos para a nidificação (Barbosa et al., 2013; Camargo and Pedro, 2003). Todas as variáveis foram levadas a uma resolução espacial de ~5 km, abrangendo a região neotropical. Para reduzirmos a multicolinearidade entre as variáveis ambientais calculamos uma matriz de correlação. Foi considerado como alta correlação aqueles pares de variáveis com valor de correlação ≥ |0,7|. Selecionamos um conjunto de variáveis não correlacionadas e com maior significado biológico para o grupo (Figura S2).

Modelos de distribuição das espécies

A área de calibração dos SDMs foi delimitada pela seleção dos polígonos das ecorregiões (Dinerstein et al., 2017, https://ecoregions.appspot.com) onde tinham ocorrências de uma espécie. Devido à ausência de um único algoritmo que pudesse lidar com todas as condições de modelagem (Norberg et al., 2019; Qiao et al., 2015), utilizamos diferentes tipos de algoritmos: *Artificial Neural Network* (NET), *Boosted Regression Trees* (BRT), *Gaussian Process* (GP), *Generalized Additive Model* (GAM), *Generalized Linear Model* (GLM), *Maximum Entropy* (MaxEnt), *Random Forest* (RF), e *Support Vector Machine* (SVM). Para os algoritmos que possuem hiperparâmetros, como SVM, NET, MAXENT, BRT e RF, empregamos uma técnica otimização de hiperparámetros que seleciona a

combinação de valores dos hiperparâmetros (Tabela S) que proporcionasse o melhor desempenho medido pela métrica de Sorensen. A exploração dos valores dos hiperparámetros seguiu os valores utilizados por (Rose et al., 2023).

Dado que as espécies modeladas não apresentam dados de ausência na área de estudo, utilizamos pseudo-ausências. Para os algoritmos GP, BRT, MaxEnt, NET, RF, e SVM amostramos um número de pseudo-ausências duas vezes o número de presenças. Para os algoritmos GLM e GAM amostramos 10000 pseudo-ausências, sempre evitando células que continham presenças (Liu et al., 2018). As pseudo-ausências foram amostradas aletoriamente e afastadas 50 km das presenças. Para o algoritmo MaxEnt amostramos 10000 pontos de fundo (*background points*) aleatoriamente alocadas na área de calibração.

Para espécies entre 5 e 15 ocorrências utilizamos *Ensemble of Small Models* (ESM , Breiner et al., 2015). Esta é uma técnica que consiste em ajustar modelos bivariados com todas as combinações das variáveis e construir um modelo consenso ponderado pela métrica de D de Somer (Breiner et al., 2018, 2015). Os ESMs foram ajustados com os algoritmos BRT, MaxEnt, NET, RF, GAM e GLM (Tabela S).

Os modelos foram validados pela técnica de validação cruzada k-fold com cinco partições, para os casos dos ESMs utilizamos cinco repetições (i.e., validação cruzada k-fold com repetições). Como métrica de performance dos modelos, utilizamos o Boyce (métrica independente do limiar de corte), Fpb e Sorensen, sendo essas métricas menos afetadas pela prevalência das espécies como outras métricas mais populares como o TSS (*True Skill Statistic*) e AUC (*Area Under the Curve*) (Leroy et al., 2018)

O modelo final de cada espécie consistiu num modelo consenso calculado pela média dos valores adequabilidade dos melhores modelos, isto é, somente foram utilizados os modelos com valores de Sorensen >= 0.7 (Velazco et al., 2022). Utilizamos o limiar de corte que maximiza a métrica de Sorensen para tornar os modelos binários.

Devido a que as espécies com < 5 ocorrências não foram modeladas, a suas distribuições foram estimadas com base na similaridade ambiental medida com distancias de Gower (Carpenter et al., 1993). Para isso calculamos a similaridade ambiental entre as células com ocorrências e as próximas de até 50 km ao redor das ocorrências. Realizamos uma Análise de Componentes Principais (PCA) para reduzir o número de variáveis ambientais, selecionando os primeiros três componentes principais que explicam até 99% da variância total das variáveis ambientais originais (Tabela S).

Quando os modelos de distribuição são preditos para regiões amplas, estas tendem a predizer áreas de alta qualidade ambiental em regiões distantes das distribuições reais das espécies (Mendes et al., 2020). Essa sobreprevisão pode resultar em erros na

estimativa de padrões de diversidade, gestão da conservação de espécies e cálculo de métricas relacionadas a distribuições (por exemplo, representatividade dentro de APs ou perda de distribuição devido ao desmatamento) (Velazco et al., 2022). Portanto, restringimos os modelos de forma de ter distribuições mais próximas da distribuição real. Para isso utilizamos a abordagem do MCPB (*Buffered Minimum Convex Polygon*), que consiste em restringir os valores de adequabilidade ambiental dentro da região delimitada por um mínimo polígono convexo com base nas ocorrências, mais um buffer de 100 km ao redor desse polígono (Mendes et al., 2020).

Avaliação do grau de representatividade das espécies dentro de áreas protegidas.

Utilizamos como banco de dados das áreas protegidas (APs) os polígonos das Unidades de Conservação e áreas Indígenas da Amazônia Legal disponibilizadas pelo TerraBrasilis (Assis et al., 2019). As APs foram convertidas para o formato *raster* com a mesma resolução dos SDMs (i.e., 5 km) calculando a proporção em que a área cada pixel estava sobreposto por APs. Com base a este *raster* calculamos o grau de representatividade de cada espécie dentro das APs por meio da relação entre a área do range da espécie dentro das APs e a área total de cada espécie.

Mapa de proporção de habitat remanescente

Para o cálculo do mapa de proporção do habitat remanescente utilizamos os dados do uso do solo provenientes do MapBiomas (https://mapbiomas.org/), referentes ao ano de 2022 e com resolução de 30 m. Reclassificamos as categorias das diferentes coberturas em habitat e não habitat (Tabela S. O mapa de habitat remanescente consistiu na quantificação da proporção o habitat remanescente dentro das paisagens contidas nas células de 5 km de resolução (i.e., mesma resolução que os SDMs). Para isso utilizamos a fórmula $\boldsymbol{Rh} = \boldsymbol{H}/(\boldsymbol{H} + \boldsymbol{N})$, sendo o ***Rh*** a proporção de habitat remanescente dentro de uma célula de 5 km de resolução, ***H*** o número de células (de 30 m) classificadas como habitat, e ***N*** o número de células (de 30 m) classificadas como não-habitat. Assim valores mais próximos de um representam células com maior proporção de habitat remanescente (Velazco et al., 2023):

O mapa de proporção habitat remanescente foi utilizado para calcular o range das espécies. Para isso, calculamos a razão entre a área de distribuição remanescente de uma espécie (i.e., excluindo da sua distribuição as proporções de habitat remanescente) e a distribuição total assumindo paisagens não alteradas. Além disso, exploramos graficamente a relação ao nível de célula, comparando os valores de riqueza potencial de espécies com

os valores de habitat remanescente.

Mapa de riqueza de espécies

O mapa de riqueza de espécies consistiu na somatória dos modelos semi-binários de forma de reduzir a sobreprevisão da riqueza quando comparado a utilização de modelos binários (Guillera-Arroita et al., 2015). Os modelos semi-binários consistem manter os valores de adequabilidade contínuos quando estes são maiores ao limiar de corte enquanto aquelas com menor valor foi assignado o valor zero (Domisch et al., 2019). Foram gerados mapas de riqueza para todos os meliponíneos e os visitantes florais. Os mapas de riqueza foram analisados em relação às APs, para isso categorizamos as células dos mapas em intervalos de classes de riqueza e contabilizamos a proporção de células que estavam ou não das APs. Da mesma maneira exploramos a relação entre a riqueza de espécies e o habitat remanescente, com a diferença de que o habitat remanescente foi categorizado em cinco intervalos de classes, assim calculado proporção de células que estavam dentro de diferentes intervalos de classes de riqueza e intervalos de classes de habitat remanescentes. Estas relações entre a riqueza de espécies com as APs e o habitat remanescente foram expressas em termos relativos e absolutos.

RESULTADOS

Este estudo identificou um total de 169 espécies (Tabela S1), da quais conseguirmos estimar as distribuições de 100 espécies. Todos os algoritmos analisados apresentaram alta performance conforme o índice de Boyce. Para a métrica de Sorensen, a maioria alcançou índices satisfatórios, com exceção dos modelos GLM e GAM. Da mesma forma, o FPB indicou que a maioria dos algoritmos apresentaram boa perofrmance. O modelo consenso (mean), apresentou desempenho consistente com os índices, revelando alta concentração de valores próximos a 1, o que indica uma excelente performance (Figura S3).

Encontramos 1782 registros de visitação de meliponíneos em plantas, que foram filtrados e reduzidos para 885 após a limpeza de espécies com incerteza taxonômica. Das 169 espécies meliponíneos listadas, 149 possuem registros de atividade de visitação floral. Das 100 espécies modeladas, 50 são visitantes florais. As espécies *Tetragonisca angustula* (n=363), *Trigona spinipes* (260), *Tetragona clavipes* (120) e *Scaptotrigona bipunctata* (120), destacam-se por terem o maior número de espécies de plantas visitadas (**Figura 2,** ver todos os dados na **Tabela S1**, Tabela S11).

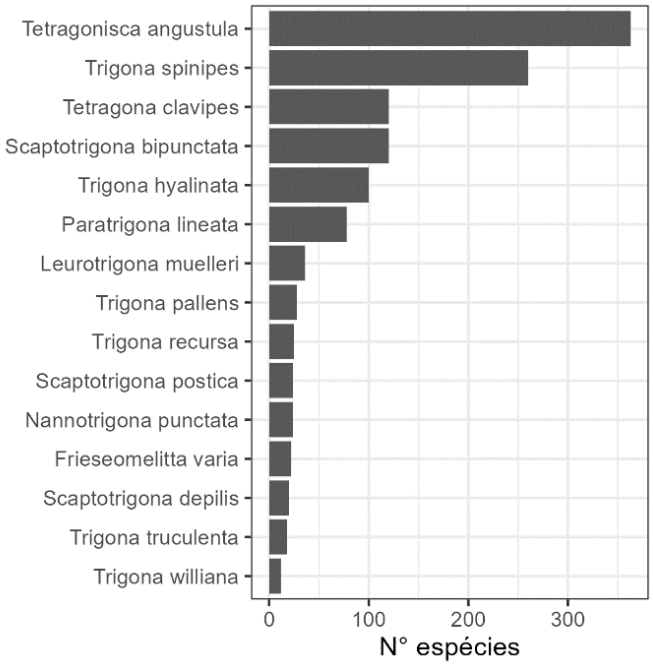

Figura 2 Número espécies de plantas visitadas por espécies de meliponíneos nativas da Amazonia Legal.

Encontramos que 270 espécies de plantas são visitadas por meliponíneos **(Tabela S1)**. Muitas das espécies com maior número de visitações por meliponíneos são espécies de importância econômica, tanto nativas como cultivadas. Assim, as espécies com o maior número de visitações foram *Euterpe oleracea* (n=20), *Syzygium malaccense* (15), e *Bertholletia excelsa* (14). Além disso, outras plantas de relevância econômica que são visitadas por mais de cinco espécies de meliponíneos foram *Anacardium occidentale*, *Myrciaria dubia*, *Helianthus annuus*, *Psidium guajava*, *Passiflora edulis* e *Coffea arabica* (Figura 3 , **Tabela S1).**

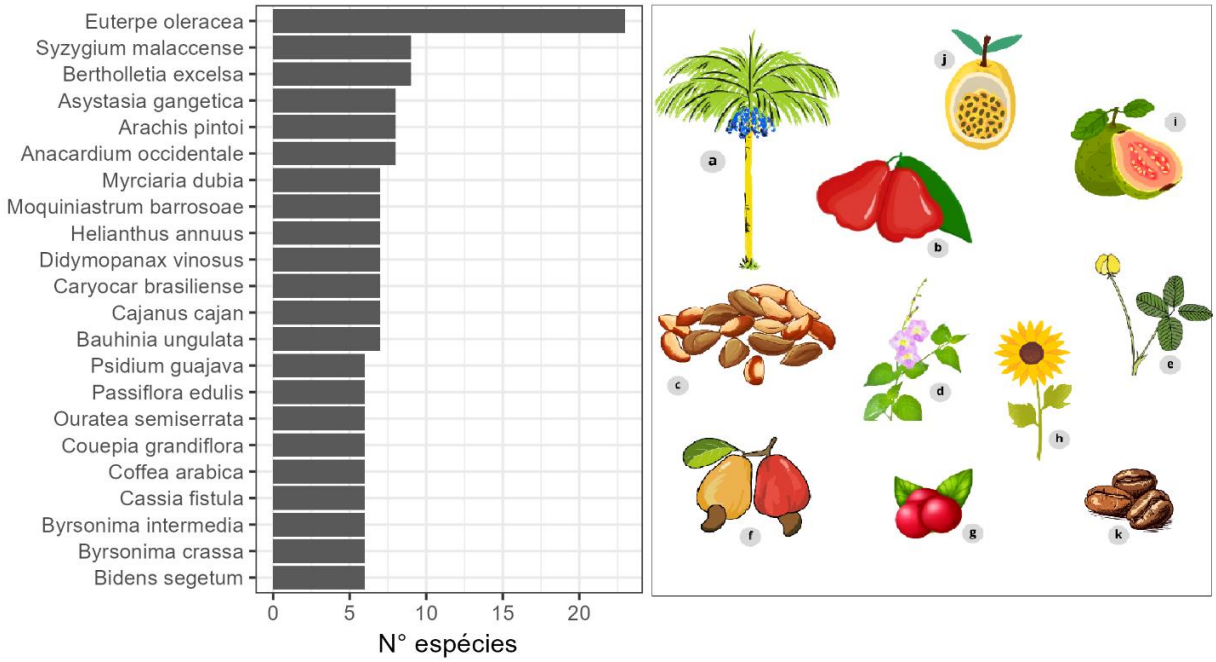

Figura 3 Frequência de espécies de plantas visitadas por espécies de meliponíneos da Amazonia Legal. *Euterpe oleracea* (a*), *Syzygium malaccense* (b*), *Bertholletia excelsa* (c*), *Asystasia gangetica* (d), *Arachis pintoi* (e*), *Anacardium occidentale* (f*), *Myrciaria dubia* (g), *Helianthus annuus* (h), *Psidium guajava* (i), *Passiflora edulis* (j) *Coffea arábica* (k). * espécies nativas da Amazonia Legal.

A respeito do padrão de riqueza total de meliponíneos, as áreas com maior riqueza estão concentradas principalmente ao longo dos rios, desde o Rio Amazonas, Rio Negro e outras áreas ao longo dos cursos d'água da Bacia Amazônica **(Figura 4** a). À medida que a riqueza de espécies aumenta, a proporção de células não-protegidas também aumenta, indicando que muitas das áreas com maior biodiversidade não estão dentro das APs **(Figura 4** a-b). Assim, as regiões com >30 espécies têm ~26% das suas células protegidas (**Figura 4 a**-b**;** Figura S4 a). Em termos absolutos as regiões com maior riqueza de espécies são as menos representativas da área de estudo **(**Figura S5 a). Em relação aos visitantes florais, estes apresentam um padrão geográfico similar à riqueza total de meliponíneos,

com alta concentração de riqueza ao longo dos rios **(Figura 4** c). A respeito da relação da riqueza de espécies e APs, os dados de visitantes florais mostram uma tendência semelhante à riqueza total de espécies, com as regiões com maiores riquezas (i.e., classes de riqueza de espécies 15-20 e 20-25) sendo representadas em termos relativos entre 25 e 38% dentro das APs **(Figura 4 d;** Figura S4 b). No entanto, as áreas com maior diversidade são as menos representativas da área de estudo (Figura S5 b).

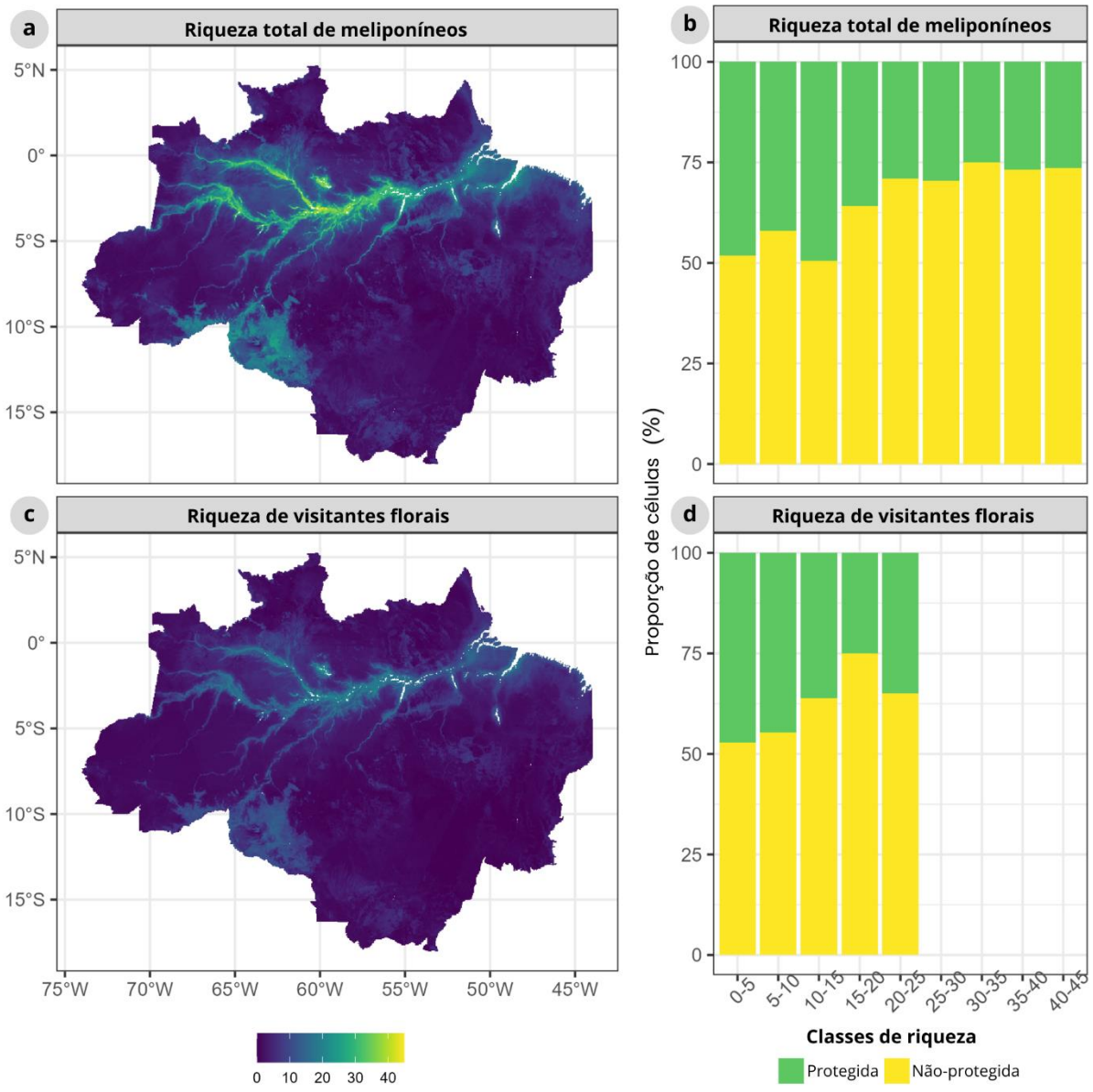

Figura 4 Riqueza de espécies para todos os meliponíneos (a) e visitantes florais (c), mapa proporção de células protegidas e não-protegidas para diferentes classes de riqueza para todos os meliponíneos (b) e visitantes florais (d) na Amazonia Legal.

A análise a respeito da representatividade das espécies dentro das APs mostra que representatividade para todas as espécies em média é de ~37% (± 18.77), e 19 espécies tem >50% de representatividade dos seu range dentro de APs (**Figura 5**). Para os visitantes florais, os valores de representatividade são similares com ~39 (± 15.19), e 9 espécies tem >50% dos seu range dentro de APs.

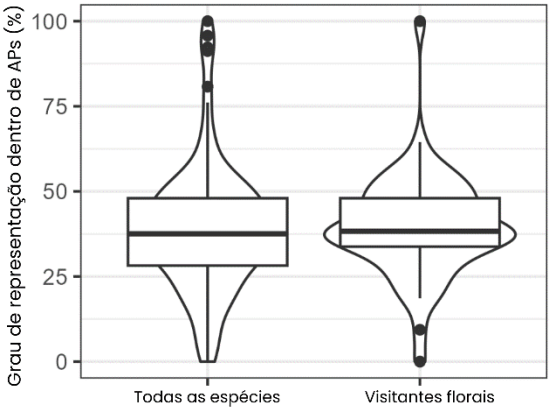

Figura 5 Grau de representatividade dos meliponíneos e dos visitantes florais dentro da Áreas Protegidas na Amazônia Legal.

Quanto aos padrões de habitat remanescente encontramos que as regiões com menor habitat remanescente estão no leste sul da área de estudo, região conhecida como "Arco do Desmatamento" (Figura 6a). Quando explorado a relação entre classes de riqueza de espécies e o habitat remanescente, encontramos que geralmente as regiões mais alteradas (i.e., menor habitat remanescente) estão geralmente nas regiões com menor diversidade, tanto para todos o meliponíneos (Figura 4 b-d) como os visitantes florais (Figura 6c-e). Uma particularidade acontece com a maior classe de riqueza de total de meliponíneos (i.e., 40-45) que >30% das células se encontram em regiões com <50% de habitat remanescente (Figura 6b).

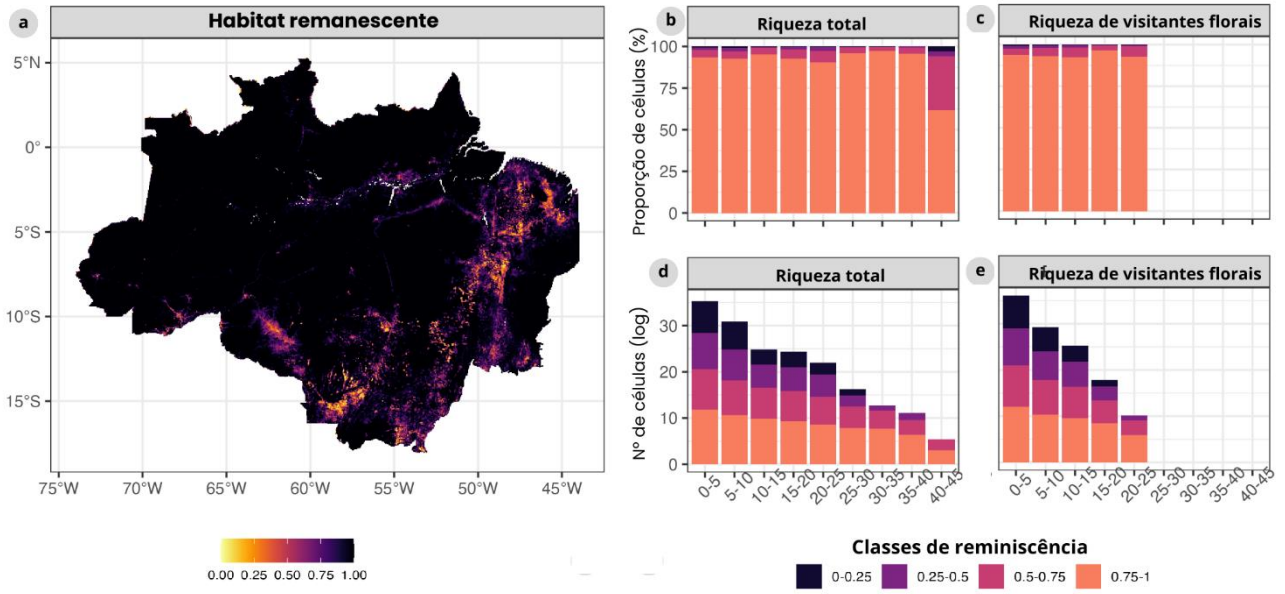

Figura 6 Mapa de habitat remanescente (a) proporção relativa de células distribuídas por classes de riqueza para todas as espécies (b) e visitantes florais (c); e quantidade absoluta de células distribuídas por classes de riqueza para todas as espécies (d) e visitantes florais (e).

A relação entre o habitat remanescente e o range das espécies mostra em geral as espécies sofreram poucas perdas dos sus ranges já que em média apresentam ranges remanescentes de 94% (± 4.97) e 93% (± 4.02) para todos os meliponíneos e os visitantes florais respetivamente (**Figura 7**).

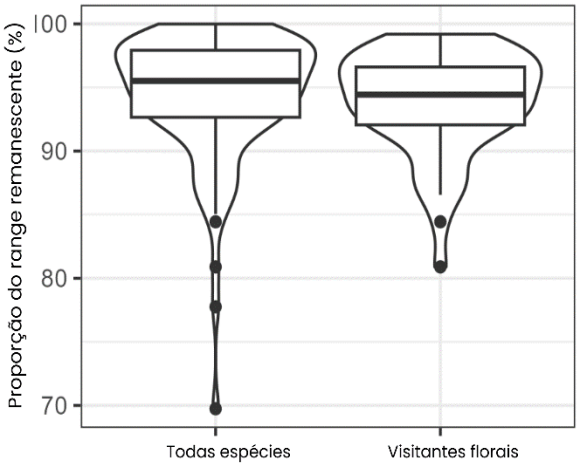

Figura 7 Proporção do range remanescente dos meliponíneos e dos visitantes florias dentro na Amazônia Legal.

DISCUSSÃO

Neste estudo, partindo de uma lista de 169 espécies de meliponíneos nativas de Amazonia Legal, conseguimos estimar as distribuições de 100 espécies. Encontramos que 88% das espécies são visitantes florais de 270 espécies de plantas, muitas delas de importância econômica. A representatividade dos meliponíneos dentro das APs é de aproximadamente 37%, e para os visitantes florais é de cerca de 39%. As áreas com maior riqueza de espécies estão ao longo dos rios da bacia amazônica, maioritariamente fora das APs. A respeito do habitat remanescente, encontramos que as regiões com menor habitat remanescente se encontram nas regiões de menor riqueza de espécies e que o range das espécies têm sofrido aparentemente poucas perdas.

Quantidade de espécies de meliponíneos da Amazônia Legal registradas como visitantes florias e plantas visitadas

Os meliponíneos são generalistas, coletando pólen e néctar de uma variedade de espécies de plantas (Aleixo et al., 2013; Gruchowski-Woitowicz et al., 2024). Neste estudo, as espécies *Tetragonisca angustula*, *Trigona spinipes*, *Tetragona clavipes* e *Scaptotrigona bipunctata* são exemplos de espécies que visitam uma ampla diversidade de plantas, algo constatado em estudos anteriores(Gazzoni, 2021; Giannini et al., 2020a; Krug et al., 2010; Posey and Camargo, 1985).

Um destaque importante é que muitas das espécies de plantas nativas mais visitadas por meliponíneos, como *Euterpe oleracea* (açaí), *Syzygium malaccense* (jambo) e *Bertholletia excelsa* (castanha-do-pará), possuem grande importância econômica. Essas plantas não só sustentam a biodiversidade local, mas também são fundamentais para a economia das comunidades ribeirinhas (i.e., refere-se a agrupamentos humanos que habitam as margens de corpos d'água, como rios, igarapés e lagos, e cuja organização socioeconômica, cultural e ambiental é influenciada por esses ecossistemas aquáticos), que dependem diretamente dos produtos derivados dessas espécies para sua subsistência. Além das plantas nativas, espécies não nativas e de importância comercial, como *Coffea arabica* (café) e *Helianthus annuus* (girassol), também são frequentemente visitadas pelos meliponíneos, demonstrando a importância dessas abelhas para a agricultura e outras atividades econômicas. A qualidade do mel produzido pelos meliponíneos está diretamente relacionada à interação delas com as plantas nativas, sugerindo que um manejo adequado das plantas que visitam pode melhorar a produção e qualidade do mel. A conservação das áreas próximas aos rios não só protege a biodiversidade, mas também sustenta os meios

de subsistência das comunidades locais, que dependem das abelhas para a meliponicultora (Campbell et al., 2022; Delgado et al., 2023).

Portanto, a promoção de práticas sustentáveis de uso da terra e a preservação das áreas naturais são essenciais não apenas para a conservação do meliponíneos e das plantas que elas polinizam, mas também para o bem-estar econômico e social das comunidades ribeirinhas. A interação entre meliponíneos e plantas demonstra um ciclo ecológico e econômico que beneficia diretamente tanto a biodiversidade quanto as populações humanas que habitam essas áreas.

Riqueza de meliponíneos

Encontramos que a maior riqueza de espécies de meliponíneos se encontra próxima aos grandes rios, como o Rio Amazonas e o Rio Negro. Uma explicação potencial para os padrões observados pode estar relacionada com as florestas de várzea, que são florestas inundáveis situadas próximas a cursos de água. Essas florestas se caracterizam por sua alta produtividade e diversidade vegetal, influenciadas pelas inundações sazonais (ter Steege et al., 2023; Wittmann et al., 2006). A diversidade de plantas nas florestas de várzea pode oferecer ambientes favoráveis para a diversidade de abelhas, provendo uma variedade de recursos como néctar, pólen, seiva e até esporos de fungos essenciais para a sobrevivência dos meliponíneos (Misiewicz et al., 2014; Steege et al., 2000; Terborgh and Andresen, 1998). Além disso, esse tipo de vegetação é resiliente a fatores de estresse ambiental, como as secas extremas (Capon and Reid, 2016). As plantas de várzea não só dependem das abelhas para a polinização, mas também oferecem nichos variados que suportam diferentes espécies de insetos, exemplificado pela relação mutualística evidente com o açaí (Aguiar et al., 2013; Fründ et al., 2013; Neumüller et al., 2018).

É importante destacar que expedições para coleta de espécimes na Amazônia não são simples de preparar e executar, pois há dificuldade de acesso a diversas áreas, ou mesmo de padronização de coletas, em casos de armadilhas. Nesse caso, é comum que a maior parte das coletas tenha sido realizada às margens dos principais rios amazônicos por questões logísticas da expedição e isso tem sido relatado em diversos estudos realizados nessas áreas (Camargo, 1994; Camargo and Pedro, 2004, 2003).

Outra explicação do padrão de riqueza pode ser a estabilidade paleo-climática. Estudos sugerem que áreas que mantiveram estabilidade climática ao longo de períodos geológicos tendem a abrigar maior diversidade biológica, esta estabilidade pode ter permitido que um número maior de espécies de meliponíneos persistisse e diversificasse ao longo do tempo, contribuindo para a alta riqueza observada atualmente (Stropp et al.,

2009). É importante ressaltar que, a distribuição e a riqueza de meliponíneos na Amazônia provavelmente são o resultado de uma combinação mais complexa desses e de outros fatores. Estudos futuros poderiam buscar compreender quais são os fatores que explicam a riqueza de espécies aqui encontrada.

Relação das áreas protegidas e a riqueza e representatividade das espécies de meliponíneos.

Nossos resultados indicam que a maior riqueza de espécies de meliponíneos estão fora das APs e representatividade das espécies dentro das APs é baixa. Este resultados são coincidentes com estudos anteriores na Amazônia Legal, onde também encontraram que muitas das espécies tanto de tartarugas, peixes, e libélulas estão sub representadas dentro das APs (Brasil et al., 2021; Fagundes et al., 2016; Frederico et al., 2018). Ainda, considerando a conectividade dos meliponíneos com os corpos de água doce, os impactos nas partes superiores das bacias hidrográficas podem causar consequências negativas para as áreas a jusante (Latrubesse et al., 2017). Diferentemente dos grandes rios, os riachos sob o dossel da floresta amazônica são amplamente desconhecidos pelo público, o que dificulta significativamente a proteção de (Acreman et al., 2020; Castello et al., 2013). Acreditamos que a conservação de meliponíneos na Amazônia exige um esforço conjunto e multifacetado, com a expansão e gestão eficaz das APs, aliadas à pesquisa, ao monitoramento e ao envolvimento das comunidades locais, para que os serviços ecossistêmicos por eles fornecidos continue.

Relação entre o habitat remanescente com a riqueza e distribuição de meliponíneos

Esse padrão indica uma distribuição desigual dos habitats remanescentes (Mayes et al., 2019), as áreas de baixa riqueza estão sob maior pressão ambiental devido à fragmentação do habitat e à degradação ambiental (Brown and de Oliveira, 2014; Kerr et al., 1999; Oliveira et al., 1995). Identificamos que os habitats remanescentes com maior pressão ambiental estão localizados no arco de desmatamento da Amazônia, abrangendo estados como Pará, Mato Grosso, Rondônia e Maranhão. Esta região é marcada por uma intensa conversão de florestas em áreas agrícolas e pastagens, resultando em uma significativa fragmentação e degradação do habitat (Brown and de Oliveira, 2014; Mayes et al., 2019). A rápida perda de cobertura florestal coloca uma pressão extrema sobre a biodiversidade, incluindo espécies de meliponíneos (Farfan et al., 2023).

Vale ainda destacar, que as regiões mais alteradas estão nas áreas de menor riqueza de espécies. Esse padrão é contrário ao observado em outros grupos e ecorregiões do

Brasil, como a flora do Cerrado, onde as regiões mais alteradas possuem maior riqueza de espécies (Velazco et al., 2023, 2019). Acreditamos que a criação de novas APs em regiões com rápido avanço da perda de cobertura natural, mesmo sendo estas regiões de menor diversidade, porque nessas regiões pode existir espécies que são mais raras ou serem complementares a atual rede de APs (Leathwick et al., 2010). O fato de que as regiões de maior riqueza de espécies estão fora das APs, também revela que a importância e oportunidade de criação de APs ao longo dos grandes rios. Portanto, a conservação dos meliponíneos e sua biodiversidade associada requer uma abordagem que considere tanto áreas de alta riqueza quanto regiões vulneráveis sob maior pressão ambiental. Estudos posteriores poderiam realizar análises de priorização espacial para detectar quais seriam as áreas mais interessantes a serem conservadas.

Limitações

Apesar dos avanços, este estudo enfrenta várias limitações. A falta de registros em muitas áreas da Amazônia e a incerteza nos dados taxonômicos dificultaram uma análise mais precisa e completa do grupo. Ainda que tenhamos utilizado o catálogo moure como referência, espécies dos gêneros *Melipona* Illiger, 1806 e *Cephalotrigona* Schwarz, 1940, de grande importância como visitantes florais, foram removidos das análises por apresentar incerteza taxonômica. A falta de registros e incerteza taxonômica do grupo destacam a necessidade de mais pesquisas para a realização de pesquisas que abrangem mais espécies do grupo. Outra limitação, é a falta de dados específicos sobre a polinização, a ausência de registros detalhados de interações polinizador-planta impede uma compreensão mais abrangente do papel dos meliponíneos na polinização de diversas plantas na Amazônia, o que sublinha a necessidade de estudos mais detalhados sobre as relações de polinização.

CONCLUSÃO

Este estudo identificou a riqueza de espécies de meliponíneos na Amazônia Legal, com uma rica interação entre meliponíneos e plantas visitadas, destacando a importância econômica e ecológica desse grupo. As áreas com maior riqueza de espécies estão concentradas principalmente ao longo dos grandes rios da bacia amazônica. No entanto, a representatividade das espécies nas áreas protegidas é insuficiente, e muitas áreas de alta riqueza estão fora dessas áreas protegidas. Mesmo que as áreas mais ricas estejam fora da rede de áreas protegidas, estas estão em áreas bem conservadas e longe de regiões com alta perda de hábitat, como o Arco de desmatamento. Portanto, é crucial expandir e

reavaliar as áreas protegidas, considerando também as regiões mais vulneráveis, para assegurar a conservação eficiente dos meliponíneos e a continuidade dos serviços ecossistêmicos que eles fornecem.

REFERÊNCIAS

Acreman, M., Hughes, K.A., Arthington, A.H., Tickner, D., Dueñas, M.-A., 2020. Protected areas and freshwater biodiversity: a novel systematic review distils eight lessons for effective conservation. Conservation Letters 13, e12684. https://doi.org/10.1111/conl.12684

Aguiar, C.M.L., Santos, G.M. de M., Martins, C.F., Presley, S.J., 2013. Trophic niche breadth and niche overlap in a guild of flower-visiting bees in a Brazilian dry forest. Apidologie 44, 153–162. https://doi.org/10.1007/s13592-012-0167-4

Aleixo, K.P., Faria, L.B. de, Garófalo, C.A., Fonseca, V.L.I., Silva, C.I. da, 2013. Pollen Collected and Foraging Activities of Frieseomelitta varia (Lepeletier) (Hymenoptera: Apidae) in an Urban Landscape. Sociobiology 60, 266–276. https://doi.org/10.13102/sociobiology.v60i3.266-276

Almeida, C.T., Oliveira-Júnior, J.F., Delgado, R.C., Cubo, P., Ramos, M.C., 2017. Spatiotemporal rainfall and temperature trends throughout the Brazilian Legal Amazon, 1973–2013. International Journal of Climatology 37, 2013–2026. https://doi.org/10.1002/joc.4831

Araujo, L.S., Medina, A.M., Gimenes, M., 2018. Pollination efficiency on *Ipomoea bahiensis* (Convolvulaceae): morphological and behavioural aspects of floral visitors. Iheringia, Sér. Zool. 108, e2018012. https://doi.org/10.1590/1678-4766e2018012

Assefa, A., Lemma, M., 2022. Ecological niche modeling for stingless bees (genus Melipona) in Waghemira and North Wollo zones of Amhara Regional State, Ethiopia. Scientific African 15, e01102. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01102

Assis, L.F., Ferreira, K.R., Vinhas, L., Maurano, L., Almeida, C., Carvalho, A., Rodrigues, J., Maciel, A., Camargo, C., 2019. TerraBrasilis: A Spatial Data Analytics Infrastructure for Large-Scale Thematic Mapping. ISPRS International Journal of Geo-Information 8, 513. https://doi.org/10.3390/ijgi8110513

Barbosa, F.M., Alves, R.M. de O., Souza, B. de A., Carvalho, C.A.L. de, 2013. Nest architecture of the stingless bee Geotrigona subterranea (Friese,1901) (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). Biota Neotrop. 13, 147–152. https://doi.org/10.1590/S1676-06032013000100017

Barros, S.S.O., Oliveira Júnior, W.P. de, Oliveira, F.F. de, Andrade, N.G., Oliveira, R.J. de, Bragança, M.A.L., 2022. The bee fauna (Hymenoptera, Apoidea) in Cerrado and Cerrado-Amazon Rainforest transition sites in Tocantins state, Northern Region of Brazil. Biota Neotrop. 22, e20221344. https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2022-1344

BRASIL, 1966. Lei nº 5.173, de 27 de outubro de 1966. Cria o Banco Nacional da Habitação - BNH, e dá outras providências [WWW Document]. Lei nº 5.173, de 27 de outubro de 1966. URL https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5173.htm (accessed 2.13.24).

Brasil, L.S., de Andrade, A.F.A., Ribeiro, B.R., Spigoloni, Z.A., Juen, L., De Marco Jr, P., 2021. A niche-based gap analysis for the conservation of odonate species in the Brazilian Amazon. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 31, 1150–1157. https://doi.org/10.1002/aqc.3599

Breiner, F.T., Guisan, A., Bergamini, A., Nobis, M.P., 2015. Overcoming limitations of modelling rare species by using ensembles of small models. Methods in Ecology and Evolution 6, 1210–1218. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12403

Breiner, F.T., Nobis, M.P., Bergamini, A., Guisan, A., 2018. Optimizing ensembles of small models for predicting the distribution of species with few occurrences. Methods in Ecology and Evolution 9, 802–808. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12957

Brosi, B.J., 2009. The complex responses of social stingless bees (Apidae: Meliponini) to tropical deforestation. Forest Ecology and Management 258, 1830–1837. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.02.025

Brown, J.C., Albrecht, C., 2001. The effect of tropical deforestation on stingless bees of the genus Melipona (Insecta: Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in central Rondonia, Brazil. Journal of Biogeography 28, 623–634. https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2001.00583.x

Brown, J.C., de Oliveira, M.L., 2014. The impact of agricultural colonization and deforestation on stingless bee (Apidae: Meliponini) composition and richness in Rondônia, Brazil. Apidologie 45, 172–188. https://doi.org/10.1007/s13592-013-0236-3

Brown, M.J.M., Walker, B.E., Black, N., Govaerts, R.H.A., Ondo, I., Turner, R., Nic Lughadha, E., 2023. rWCVP: a companion R package for the World Checklist of Vascular Plants. New Phytologist 240, 1355–1365. https://doi.org/10.1111/nph.18919

Bueno, F.G.B., Kendall, L., Alves, D.A., Tamara, M.L., Heard, T., Latty, T., Gloag, R., 2022. Stingless bee floral visitation in the global tropics and subtropics. https://doi.org/10.1101/2021.04.26.440550

Camargo, J.M.F. de, 1994. Biografia de meliponini (hymenoptera, apidae, apinae): a fauna amazonica. Anais.

Camargo, J.M.F., Pedro, S.R.M., 2004. Meliponini neotropicais: o gênero Ptilotrigona Moure (Hymenoptera, Apidae, Apinae). Rev. Bras. entomol. 48, 353–377. https://doi.org/10.1590/S0085-56262004000300012

Camargo, J.M.F., Pedro, S.R.M., 2003. Meliponini neotropicais: o gênero Partamona Schwarz, 1939 (Hymenoptera, Apidae, Apinae) - bionomia e biogeografia. Rev. Bras. entomol. 47, 311–372. https://doi.org/10.1590/S0085-56262003000300001

Camargo, J.M.F., Pedro, S.R.M., Melo, G.A.R., 2023. Meliponini Lepeletier, 1836. In Moure, J. S., Urban, D. & Melo, G. A. R. (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version [WWW Document]. URL http://moure.cria.org.br/catalogue?id=117368 (accessed 2.13.24).

Campbell, A.J., Lichtenberg, E.M., Carvalheiro, L.G., Menezes, C., Borges, R.C., Coelho, B.W.T., Freitas, M.A.B., Giannini, T.C., Leão, K.L., de Oliveira, F.F., Silva, T.S.F., Maués, M.M., 2022. High bee functional diversity buffers crop pollination services against Amazon deforestation. Agriculture, Ecosystems & Environment 326, 107777. https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107777

Campbell, A.J., Silva, F.D. da S. e, Maués, M.M., Leão, K.L., Carvalheiro, L.G., Moreira, E.F., Mertens, F., Konrad, M.L. de F., de Queiroz, J.A.L., Menezes, C., 2023. Forest conservation maximises açaí palm pollination services and yield in the Brazilian Amazon. Journal of Applied Ecology 60, 1964–1976. https://doi.org/10.1111/1365-2664.14460

Capon, S.J., Reid, M., 2016. Vegetation resilience to mega-drought along a typical floodplain gradient of the southern Murray-Darling Basin, Australia. Journal of Vegetation Science 27. https://doi.org/10.1111/jvs.12426

Carpenter, G., Gillison, A.N., Winter, J., 1993. DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. Biodivers Conserv 2, 667–680. https://doi.org/10.1007/BF00051966

Carvalho, A.M.D., Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública, Bógus, C.M., Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública, Marchioni, D.M.L., Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública, 2023. Biodiversidade e sistemas alimentares: a contribuição (in)visível das abelhas sem ferrão. https://orcid.org/0000-0002-6810-5779. https://doi.org/10.11606/9786588304228

Carvalho, T.S., Domingues, E.P., 2016. Projeção de um cenário econômico e de desmatamento para a Amazônia Legal brasileira entre 2006 e 2030. Nova Economia 26.

Castello, L., McGrath, D.G., Hess, L.L., Coe, M.T., Lefebvre, P.A., Petry, P., Macedo, M.N., Renó, V.F., Arantes, C.C., 2013. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. Conservation Letters 6, 217–229. https://doi.org/10.1111/conl.12008

Chape, S., Harrison, J., Spalding, M., Lysenko, I., 2005. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 360, 443–455. https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1592

Cortopassi-Laurino, M., Imperatriz-Fonseca, V.L., Roubik, D.W., Dollin, A., Heard, T., Aguilar, I., Venturieri, G.C., Eardley, C., Nogueira-Neto, P., 2006. Global meliponiculture: challenges and opportunities. Apidologie 37, 275–292. https://doi.org/10.1051/apido:2006027

Cortopassi-Laurino, M., Nogueira-Neto, 2007. Diversity of stingless bees from the Amazon forest in Xapuri (Acre), Brazil. Environmental Science, Biology.

Delahaye, F., Kirstetter, P.-E., Dubreuil, V., Machado, L.A.T., Vila, D.A., Clark, R., 2015. A consistent gauge database for daily rainfall analysis over the Legal Brazilian Amazon. Journal of Hydrology 527, 292–304. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.04.012

Delgado, C., Mejía, K., Rasmussen, C., Romero, R., 2023. Traditional Knowledge of Stingless Bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in the Peruvian Amazon. Ethnobiology Letters 14, 1–9. https://doi.org/10.14237/ebl.14.1.2023.1772

Dinerstein, E., Olson, D., Joshi, A., Vynne, C., Burgess, N.D., Wikramanayake, E., Hahn, N., Palminteri, S., Hedao, P., Noss, R., Hansen, M., Locke, H., Ellis, E.C., Jones, B., Barber, C.V., Hayes, R., Kormos, C., Martin,

V., Crist, E., Sechrest, W., Price, L., Baillie, J.E.M., Weeden, D., Suckling, K., Davis, C., Sizer, N., Moore, R., Thau, D., Birch, T., Potapov, P., Turubanova, S., Tyukavina, A., de Souza, N., Pintea, L., Brito, J.C., Llewellyn, O.A., Miller, A.G., Patzelt, A., Ghazanfar, S.A., Timberlake, J., Klöser, H., Shennan-Farpón, Y., Kindt, R., Lillesø, J.-P.B., van Breugel, P., Graudal, L., Voge, M., Al-Shammari, K.F., Saleem, M., 2017. An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm. BioScience 67, 534–545. https://doi.org/10.1093/biosci/bix014

Domisch, S., Friedrichs, M., Hein, T., Borgwardt, F., Wetzig, A., Jähnig, S.C., Langhans, S.D., 2019. Spatially explicit species distribution models: A missed opportunity in conservation planning? Diversity and Distributions 25, 758–769. https://doi.org/10.1111/ddi.12891

Dorian, N.N., Bonoan, R.E., 2021. Stingless bees (Apidae: Meliponini) seek sodium at carrion baits in Costa Rica. Ecological Entomology 46, 492–495. https://doi.org/10.1111/een.12948

Dos Santos, C.F., Acosta, A.L., Nunes-Silva, P., Saraiva, A.M., Blochtein, B., 2015. Climate Warming May Threaten Reproductive Diapause of a Highly Eusocial Bee. Environmental Entomology 44, 1172–1181. https://doi.org/10.1093/ee/nvv064

Duarte, M.L., Brito, W.B.M., Silva, T.A. da, Castro, A.L. de, 2020. Padrões e causas do desmatamento no Baixo Acre, região oeste da Amazônia brasileira. Journal of Environmental Analysis and Progress 5, 117–127. https://doi.org/10.24221/jeap.5.1.2020.2790.117-127

Fagundes, C.K., Vogt, R.C., De Marco Júnior, P., 2016. Testing the efficiency of protected areas in the Amazon for conserving freshwater turtles. Diversity and Distributions 22, 123–135. https://doi.org/10.1111/ddi.12396

Farfan, S.J.A., Celentano, D., Silva Junior, C.H.L., de Freitas Silveira, M.V., Serra, R.T.A., Gutierrez, J.A.M., Barros, H.C., Ribeiro, M.H.M., Barth, O.M., de Oliveira Alves, R.M., García, L.M.H., Rousseau, G.X., 2023. The effect of landscape composition on stingless bee (Melipona fasciculata) honey productivity in a wetland ecosystem of Eastern Amazon, Brazil. Journal of Apicultural Research 62, 1102–1114. https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2137307

Ferreira, J.V.A., Storck-Tonon, D., Ramos, A.W.P., Costa, H.C.M., Nogueira, D.S., Mahlmann, T., Oliveira, M.L., Pereira, M.J.B., Da Silva, D.J., Peres, C.A., 2022. Critical role of native forest and savannah habitats in retaining neotropical pollinator diversity in highly mechanized agricultural landscapes. Agriculture, Ecosystems & Environment 338, 108084. https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108084

Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N., Snyder, P.K., 2005. Global Consequences of Land Use. Science 309, 570–574. https://doi.org/10.1126/science.1111772

Franklin, J., 2010. Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction, Ecology, Biodiversity and Conservation. Cambridge University Press, Cambridge. https://doi.org/10.1017/CBO9780511810602

Frederico, R.G., Zuanon, J., De Marco, P., 2018. Amazon protected areas and its ability to protect stream-dwelling fish fauna. Biological Conservation 219, 12–19. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.12.032

Fründ, J., Dormann, C.F., Holzschuh, A., Tscharntke, T., 2013. Bee diversity effects on pollination depend on functional complementarity and niche shifts. Ecology 94, 2042–2054. https://doi.org/10.1890/12-1620.1

Gazzoni, D.L., 2021. Plantas que os polinizadores gostam. Embrapa.

Giannini, T.C., Alves, D.A., Alves, R., Cordeiro, G.D., Campbell, A.J., Awade, M., Bento, J.M.S., Saraiva, A.M., Imperatriz-Fonseca, V.L., 2020a. Unveiling the contribution of bee pollinators to Brazilian crops with implications for bee management. Apidologie 51, 406–421. https://doi.org/10.1007/s13592-019-00727-3

Giannini, T.C., Costa, W.F., Borges, R.C., Miranda, L., da Costa, C.P.W., Saraiva, A.M., Imperatriz Fonseca, V.L., 2020b. Climate change in the Eastern Amazon: crop-pollinator and occurrence-restricted bees are potentially more affected. Reg Environ Change 20, 9. https://doi.org/10.1007/s10113-020-01611-y

Gruchowski-Woitowicz, F.C., da Silva, C.I., Ramalho, M., 2024. Influence of generalist stingless bees on the structure of mutualistic flower–pollinator networks in the tropics: Temporal variation. Ecological Entomology 49, 338–356. https://doi.org/10.1111/een.13308

Grüter, C., 2020. Stingless Bees: An Overview, in: Grüter, C. (Ed.), Stingless Bees: Their Behaviour, Ecology and Evolution, Fascinating Life Sciences. Springer International Publishing, Cham, pp. 1–42. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60090-7_1

Guillera-Arroita, G., Lahoz-Monfort, J.J., Elith, J., Gordon, A., Kujala, H., Lentini, P.E., McCarthy, M.A., Tingley, R., Wintle, B.A., 2015. Is my species distribution model fit for purpose? Matching data and models to applications. Global Ecology and Biogeography 24, 276–292. https://doi.org/10.1111/geb.12268

Karger, D.N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R.W., Zimmermann, N.E., Linder, H.P., Kessler, M., 2017. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. Sci Data 4, 170122. https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122

Kerr, W.E., Carvalho, G.A., Nascimento, V.A., 1999. The probable consequences of the destruction of brazilian stingless bees. Varzea diversity, development and conservation of Amazonia's whitewater floodplains.

Krug, C., Alves-dos-Santos, I., Cane, J., 2010. ABELHAS VISITANTES DE FLORES DE Cucurbita (CUCURBITACEAE), COM ÊNFASE SOBRE A PRESENÇA DE Peponapis fervens SMITH (EUCERINI -- APIDAE) - SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL. Oecologia Australis 14, 128–139.

Latrubesse, E.M., Arima, E.Y., Dunne, T., Park, E., Baker, V.R., d'Horta, F.M., Wight, C., Wittmann, F., Zuanon, J., Baker, P.A., Ribas, C.C., Norgaard, R.B., Filizola, N., Ansar, A., Flyvbjerg, B., Stevaux, J.C., 2017. Damming the rivers of the Amazon basin. Nature 546, 363–369. https://doi.org/10.1038/nature22333

Leal, R.L.B., Moreira, M.M., Pinto, A.R., Ferreira, J. de O., Rodriguez-Girones, M., Freitas, L., 2020. Temporal changes in the most effective pollinator of a bromeliad pollinated by bees and hummingbirds. PeerJ 8, e8836. https://doi.org/10.7717/peerj.8836

Leathwick, J.R., Moilanen, A., Ferrier, S., Julian, K., 2010. Complementarity-based conservation prioritization using a community classification, and its application to riverine ecosystems. Biological Conservation 143, 984–991. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.01.012

Leroy, B., Delsol, R., Hugueny, B., Meynard, C.N., Barhoumi, C., Barbet-Massin, M., Bellard, C., 2018. Without quality presence–absence data, discrimination metrics such as TSS can be misleading measures of model performance. Journal of Biogeography 45, 1994–2002. https://doi.org/10.1111/jbi.13402

Liu, C., Neewll, G., White, M., 2018. The effect of sample size on the accuracy of species distribution models: considering both presences and pseudo-absences or background sites. https://doi.org/10.1111/ecog.03188

Lorenzon, M.C.A., Matrangolo, C. a. R., 2005. Foraging on some nonfloral resources by stingless bees (Hymenoptera, Meliponini) in a caatinga region. Braz. J. Biol. 65, 291–298. https://doi.org/10.1590/S1519-69842005000200013

Lovejoy, T.E., Nobre, C., 2018. Amazon Tipping Point. Science Advances 4, eaat2340. https://doi.org/10.1126/sciadv.aat2340

Madigosky, S.R., Vatnick, I., 2000. Microclimatic Characteristics of a Primary Tropical Amazonian Rain Forest, Aceer, Iquitos, Peru. Selbyana 21, 165–172.

Maia-Silva, C., Hrncir, M., Koedam, D., Machado, R.J.P., Imperatriz-Fonseca, V.L., 2013. Out with the garbage: the parasitic strategy of the mantisfly Plega hagenella mass-infesting colonies of the eusocial bee Melipona subnitida in northeastern Brazil. Naturwissenschaften 100, 101–105.

Mataveli, G., de Oliveira, G., Chaves, M.E.D., Dalagnol, R., Wagner, F.H., Ipia, A.H.S., Silva-Junior, C.H.L., Aragão, L.E.O.C., 2022. Science-based planning can support law enforcement actions to curb deforestation in the Brazilian Amazon. Conservation Letters 15, e12908. https://doi.org/10.1111/conl.12908

Mayes, D.M., Bhatta, C.P., Shi, D., Brown, J.C., Smith, D.R., 2019. Body Size Influences Stingless Bee (Hymenoptera: Apidae) Communities Across a Range of Deforestation Levels in Rondônia, Brazil. Journal of Insect Science 19, 23. https://doi.org/10.1093/jisesa/iez032

Mendes, P., Velazco, S.J.E., Andrade, A.F.A. de, De Marco, P., 2020. Dealing with overprediction in species distribution models: How adding distance constraints can improve model accuracy. Ecological Modelling 431, 109180. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109180

Michener, C.D., 2007. The bees of the world, 2nd ed. ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Misiewicz, T., Kraichak, E., Rasmussen, C., 2014. Distance and habitat drive fine scale stingless bee (Hymenoptera: Apidae) community turnover across naturally heterogeneous forests in the western Amazon. Sociobiology 61, 407–414. https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.407-414

Neumüller, U., Pachinger, B., Fiedler, K., 2018. Impact of inundation regime on wild bee assemblages and associated bee–flower networks. Apidologie 49, 817–826. https://doi.org/10.1007/s13592-018-0604-0

Nicholls, C.I., Altieri, M.A., 2013. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. Agron. Sustain. Dev. 33, 257–274. https://doi.org/10.1007/s13593-012-0092-y

Nogueira, D.S., 2023. Overview of Stingless Bees in Brazil (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). EntomoBrasilis 16, e1041–e1041. https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v16.e1041

Nogueira, E.M., Yanai, A.M., de Vasconcelos, S.S., de Alencastro Graça, P.M.L., Fearnside, P.M., 2018. Carbon stocks and losses to deforestation in protected areas in Brazilian Amazonia. Reg Environ Change 18,

261–270. https://doi.org/10.1007/s10113-017-1198-1

Norberg, A., Abrego, N., Blanchet, F.G., Adler, F.R., Anderson, B.J., Anttila, J., Araújo, M.B., Dallas, T., Dunson, D., Elith, J., Foster, S.D., Fox, R., Franklin, J., Godsoe, W., Guisan, A., O'Hara, B., Hill, N.A., Holt, R.D., Hui, F.K.C., Husby, M., Kålås, J.A., Lehikoinen, A., Luoto, M., Mod, H.K., Newell, G., Renner, I., Roslin, T., Soininen, J., Thuiller, W., Vanhatalo, J., Warton, D., White, M., Zimmermann, N.E., Gravel, D., Ovaskainen, O., 2019. A comprehensive evaluation of predictive performance of 33 species distribution models at species and community levels. Ecological Monographs 89, e01370. https://doi.org/10.1002/ecm.1370

Oliveira, M.L., Morato, E.F., Garcia, M.V.B., 1995. Diversidade de espécies e densidade de ninhos de abelhas sociais sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) em floresta de terra firme na Amazônia central. Rev. Bras. Zool. 12, 13–24. https://doi.org/10.1590/S0101-81751995000100004

Paz, F.S., Pinto, C.E., de Brito, R.M., Imperatriz-Fonseca, V.L., Giannini, T.C., 2021. Edible Fruit Plant Species in the Amazon Forest Rely Mostly on Bees and Beetles as Pollinators. Journal of Economic Entomology 114, 710–722. https://doi.org/10.1093/jee/toaa284

Peterson, A.T., 2011. Uses and Requirements of Ecological Niche Models and Related Distributional Models. Biodiversity Informatics 3. https://doi.org/10.17161/bi.v3i0.29

Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling 190, 231–259. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026

Poorter, L., van der Sande, M.T., Thompson, J., Arets, E.J.M.M., Alarcón, A., Álvarez-Sánchez, J., Ascarrunz, N., Balvanera, P., Barajas-Guzmán, G., Boit, A., Bongers, F., Carvalho, F.A., Casanoves, F., Cornejo-Tenorio, G., Costa, F.R.C., de Castilho, C.V., Duivenvoorden, J.F., Dutrieux, L.P., Enquist, B.J., Fernández-Méndez, F., Finegan, B., Gormley, L.H.L., Healey, J.R., Hoosbeek, M.R., Ibarra-Manríquez, G., Junqueira, A.B., Levis, C., Licona, J.C., Lisboa, L.S., Magnusson, W.E., Martínez-Ramos, M., Martínez-Yrizar, A., Martorano, L.G., Maskell, L.C., Mazzei, L., Meave, J.A., Mora, F., Muñoz, R., Nytch, C., Pansonato, M.P., Parr, T.W., Paz, H., Pérez-García, E.A., Rentería, L.Y., Rodríguez-Velazquez, J., Rozendaal, D.M.A., Ruschel, A.R., Sakschewski, B., Salgado-Negret, B., Schietti, J., Simões, M., Sinclair, F.L., Souza, P.F., Souza, F.C., Stropp, J., ter Steege, H., Swenson, N.G., Thonicke, K., Toledo, M., Uriarte, M., van der Hout, P., Walker, P., Zamora, N., Peña-Claros, M., 2015. Diversity enhances carbon storage in tropical forests. Global Ecology and Biogeography 24, 1314–1328. https://doi.org/10.1111/geb.12364

Posey, D.A., Camargo, J.M.F. de, 1985. Additional notes on the classification and knowledge of stingless bees (Meliponinae, Apidae, Hymenoptera) by the Kayapó Indians of Gorotire, Pará, Brazil. Annals of the Carnegie Museum 54, 247--274. https://doi.org/10.5962/p.330774

Qiao, H., Soberón, J., Peterson, A.T., 2015. No silver bullets in correlative ecological niche modelling: insights from testing among many potential algorithms for niche estimation. Methods in Ecology and Evolution 6, 1126–1136. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12397

Quezada-Euán, J.J.G., 2019. Stingless Bees of Mexico: The Biology, Management and Conservation of an Ancient Heritage, Softcover Reprint of the Original 1st 2018 ed. edição. ed. Springer.

R Core Team, 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

Ribeiro, B.R., Velazco, S.J.E., Guidoni-Martins, K., Tessarolo, G., Jardim, L., Bachman, S.P., Loyola, R., 2022. bdc: A toolkit for standardizing, integrating and cleaning biodiversity data. Methods in Ecology and Evolution 13, 1421–1428. https://doi.org/10.1111/2041-210X.13868

Ribeiro, M. de N.G., Adis, J., 1984. Local Rainfall Variability - A Potential Bias for Bioecological Studies in the Central Amazon. Acta Amaz. 14, 159–174. https://doi.org/10.1590/1809-43921984142174

Ricketts, T.H., Regetz, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Bogdanski, A., Gemmill-Herren, B., Greenleaf, S.S., Klein, A.M., Mayfield, M.M., Morandin, L.A., Ochieng', A., Viana, B.F., 2008. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? Ecology Letters 11, 499–515. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01157.x

Rios-Carrasco, S., de Jesús-Celestino, L., Ortega-González, P.F., Mandujano, M.C., Hernández-Najarro, F., Vázquez-Santana, S., 2022. The pollination of the gynomonoecious Bdallophytum oxylepis (Cytinaceae, Malvales). Plant Species Biology 37, 66–77. https://doi.org/10.1111/1442-1984.12354

Rose, M.B., Velazco, S.J.E., Regan, H.M., Franklin, J., 2023. Rarity, geography, and plant exposure to global change in the California Floristic Province. Global Ecology and Biogeography 32, 218–232. https://doi.org/10.1111/geb.13618

Rossoni, R.A., Moraes, M.L. de, 2020. AGROPECUÁRIA E DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA: uma análise espacial entre 2007 e 2017. Geografia em Questão 13.

https://doi.org/10.48075/geoq.v13i3.23536

Rushton, S.P., Ormerod, S.J., Kerby, G., 2004. New paradigms for modelling species distributions? Journal of Applied Ecology 41, 193–200. https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00903.x

Santos, A.O.R., Bartelli, B.F., Nogueira-Ferreira, F.H., 2014. Potential Pollinators of Tomato, Lycopersicon esculentum (Solanaceae), in Open Crops and the Effect of a Solitary Bee in Fruit Set and Quality. Journal of Economic Entomology 107, 987–994. https://doi.org/10.1603/EC13378

Souza, C.M., Z. Shimbo, J., Rosa, M.R., Parente, L.L., A. Alencar, A., Rudorff, B.F.T., Hasenack, H., Matsumoto, M., G. Ferreira, L., Souza-Filho, P.W.M., de Oliveira, S.W., Rocha, W.F., Fonseca, A.V., Marques, C.B., Diniz, C.G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E.R., Vélez-Martin, E., Weber, E.J., Lenti, F.E.B., Paternost, F.F., Pareyn, F.G.C., Siqueira, J.V., Viera, J.L., Neto, L.C.F., Saraiva, M.M., Sales, M.H., Salgado, M.P.G., Vasconcelos, R., Galano, S., Mesquita, V.V., Azevedo, T., 2020. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. Remote Sensing 12, 2735. https://doi.org/10.3390/rs12172735

Souza, R.C. da S., Yuyama, L.K.O., Aguiar, J.P.L., Oliveira, F.P.M., 2004. Valor nutricional do mel e pólen de abelhas sem ferrão da região Amazônica. Acta Amaz. 34, 333–336. https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000200021

Steege, H.T., Sabatier, D., Castellanos, H., Andel, T.V., Duivenvoorden, J., Oliveira, A.A.D., Ek, R., Lilwah, R., Maas, P., Mori, S., 2000. An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana Shield. Journal of Tropical Ecology 16, 801–828. https://doi.org/10.1017/S0266467400001735

Stropp, J., Ter Steege, H., Malhi, Y., ATDN, RAINFOR, 2009. Disentangling regional and local tree diversity in the Amazon. Ecography 32, 46–54. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05811.x

ter Steege, H., Pitman, N.C.A., do Amaral, I.L., de Souza Coelho, L., de Almeida Matos, F.D., de Andrade Lima Filho, D., Salomão, R.P., Wittmann, F., Castilho, C.V., Guevara, J.E., Veiga Carim, M. de J., Phillips, O.L., Magnusson, W.E., Sabatier, D., Revilla, J.D.C., Molino, J.-F., Irume, M.V., Martins, M.P., da Silva Guimarães, J.R., Ramos, J.F., Bánki, O.S., Piedade, M.T.F., Cárdenas López, D., Rodrigues, D. de J., Demarchi, L.O., Schöngart, J., Almeida, E.J., Barbosa, L.F., Cavalheiro, L., dos Santos, M.C.V., Luize, B.G., de Leão Novo, E.M.M., Vargas, P.N., Silva, T.S.F., Venticinque, E.M., Manzatto, A.G., Reis, N.F.C., Terborgh, J., Casula, K.R., Honorio Coronado, E.N., Monteagudo Mendoza, A., Montero, J.C., Costa, F.R.C., Feldpausch, T.R., Quaresma, A.C., Castaño Arboleda, N., Zartman, C.E., Killeen, T.J., Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Vasquez, R., Mostacedo, B., Assis, R.L., Baraloto, C., do Amaral, D.D., Engel, J., Petronelli, P., Castellanos, H., de Medeiros, M.B., Simon, M.F., Andrade, A., Camargo, J.L., Laurance, W.F., Laurance, S.G.W., Maniguaje Rincón, L., Schietti, J., Sousa, T.R., de Sousa Farias, E., Lopes, M.A., Magalhães, J.L.L., Nascimento, H.E.M., de Queiroz, H.L., Aymard C., G.A., Brienen, R., Stevenson, P.R., Araujo-Murakami, A., Baker, T.R., Cintra, B.B.L., Feitosa, Y.O., Mogollón, H.F., Duivenvoorden, J.F., Peres, C.A., Silman, M.R., Ferreira, L.V., Lozada, J.R., Comiskey, J.A., Draper, F.C., de Toledo, J.J., Damasco, G., García-Villacorta, R., Lopes, A., Vicentini, A., Cornejo Valverde, F., Alonso, A., Arroyo, L., Dallmeier, F., Gomes, V.H.F., Jimenez, E.M., Neill, D., Peñuela Mora, M.C., Noronha, J.C., de Aguiar, D.P.P., Barbosa, F.R., Bredin, Y.K., de Sá Carpanedo, R., Carvalho, F.A., de Souza, F.C., Feeley, K.J., Gribel, R., Haugaasen, T., Hawes, J.E., Pansonato, M.P., Ríos Paredes, M., Barlow, J., Berenguer, E., da Silva, I.B., Ferreira, M.J., Ferreira, J., Fine, P.V.A., Guedes, M.C., Levis, C., Licona, J.C., Villa Zegarra, B.E., Vos, V.A., Cerón, C., Durgante, F.M., Fonty, É., Henkel, T.W., Householder, J.E., Huamantupa-Chuquimaco, I., Pos, E., Silveira, M., Stropp, J., Thomas, R., Daly, D., Dexter, K.G., Milliken, W., Molina, G.P., Pennington, T., Vieira, I.C.G., Weiss Albuquerque, B., Campelo, W., Fuentes, A., Klitgaard, B., Pena, J.L.M., Tello, J.S., Vriesendorp, C., Chave, J., Di Fiore, A., Hilário, R.R., de Oliveira Pereira, L., Phillips, J.F., Rivas-Torres, G., van Andel, T.R., von Hildebrand, P., Balee, W., Barbosa, E.M., de Matos Bonates, L.C., Dávila Doza, H.P., Zárate Gómez, R., Gonzales, T., Gallardo Gonzales, G.P., Hoffman, B., Junqueira, A.B., Malhi, Y., de Andrade Miranda, I.P., Pinto, L.F.M., Prieto, A., Rudas, A., Ruschel, A.R., Silva, N., Vela, C.I.A., Zent, E.L., Zent, S., Cano, A., Carrero Márquez, Y.A., Correa, D.F., Costa, J.B.P., Flores, B.M., Galbraith, D., Holmgren, M., Kalamandeen, M., Lobo, G., Torres Montenegro, L., Nascimento, M.T., Oliveira, A.A., Pombo, M.M., Ramirez-Angulo, H., Rocha, M., Scudeller, V.V., Sierra, R., Tirado, M., Umaña, M.N., van der Heijden, G., Vilanova Torre, E., Reategui, M.A.A., Baider, C., Balslev, H., Cárdenas, S., Casas, L.F., Endara, M.J., Farfan-Rios, W., Ferreira, C., Linares-Palomino, R., Mendoza, C., Mesones, I., Parada, G.A., Torres-Lezama, A., Urrego Giraldo, L.E., Villarroel, D., Zagt, R., Alexiades, M.N., de Oliveira, E.A., Garcia-Cabrera, K., Hernandez, L., Cuenca, W.P., Pansini, S., Pauletto, D., Ramirez Arevalo, F., Sampaio, A.F., Valderrama Sandoval, E.H., Gamarra, L.V., Levesley, A., Pickavance, G., Melgaço, K., 2023. Mapping density, diversity and species-richness of the Amazon tree flora. Commun Biol 6, 1–14. https://doi.org/10.1038/s42003-023-05514-6

Terborgh, J., Andresen, E., 1998. The composition of Amazonian forests: patterns at local and regional scales. Journal of Tropical Ecology 14, 645–664. https://doi.org/10.1017/S0266467498000455

Tollefson, J., 2018. Brazil's lawmakers renew push to weaken environmental rules. Nature 557, 17–17. https://doi.org/10.1038/d41586-018-05022-2

van Proosdij, A.S.J., Sosef, M.S.M., Wieringa, J.J., Raes, N., 2016. Minimum required number of specimen records to develop accurate species distribution models. Ecography 39, 542–552. https://doi.org/10.1111/ecog.01509

Velazco, S.J.E., Rose, M.B., de Andrade, A.F.A., Minoli, I., Franklin, J., 2022. flexsdm: An r package for supporting a comprehensive and flexible species distribution modelling workflow. Methods in Ecology and Evolution 13, 1661–1669. https://doi.org/10.1111/2041-210X.13874

Velazco, S.J.E., Villalobos, F., Galvão, F., De Marco Júnior, P., 2023. Transboundary conservation opportunities for Cerrado's plant species. Biological Conservation 284, 110194. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110194

Velazco, S.J.E., Villalobos, F., Galvão, F., De Marco Júnior, P., 2019. A dark scenario for Cerrado plant species: Effects of future climate, land use and protected areas ineffectiveness. Diversity and Distributions 25, 660–673. https://doi.org/10.1111/ddi.12886

Venturieri, G.C., Leon, F.A., 2012. Biodiversidade de Abelhas na Amazônia: os Meliponíneos e seu Uso na Polinização de Culturas Agrícolas. Embrapa Semi-árido.

Villén-Pérez, S., Mendes, P., Nóbrega, C., Córtes, L.G., Marco, P.D., 2018. Mining code changes undermine biodiversity conservation in Brazil. Environmental Conservation 45, 96–99. https://doi.org/10.1017/S0376892917000376

Villén-Pérez, S., Moutinho, P., Nóbrega, C.C., De Marco, P., 2020. Brazilian Amazon gold: indigenous land rights under risk. Elem Sci Anth 8, 31. https://doi.org/10.1525/elementa.427

Wittmann, F., Schöngart, J., Montero, J.C., Motzer, T., Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Queiroz, H.L., Worbes, M., 2006. Tree species composition and diversity gradients in white-water forests across the Amazon Basin. Journal of Biogeography 33, 1334–1347. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01495.x

MATERIAL SUPLEMENTAR

TABELAS

Tabela S1. Lista de espécies de Meliponini da Amazônia Legal

Meliponini Lepeletier, 1836
Aparatrigona impunctata
Camargoia camargoi **
Camargoia nordestina
Camargoia pilicornis **
Celetrigona euclydiana
Celetrigona longicornis
Celetrigona manauara
Cephalotrigona capitata *
Cephalotrigona femorata *
Dolichotrigona browni
Dolichotrigona browni
Dolichotrigona longitarsis
Dolichotrigona mendersoni
Dolichotrigona moratoi
Dolichotrigona rondoni
Dolichotrigona tavaresi
Duckeola ghilianii
Duckeola pavani **
Frieseomelitta flavicornis
Frieseomelitta longipes
Frieseomelitta paranigra
Frieseomelitta portoi
Frieseomelitta trichocerata
Frieseomelitta varia
Geotrigona aequinoctialis
Geotrigona fulvohirta
Geotrigona kwyrakai *
Geotrigona mattogrossensis *
Geotrigona Mombuca *
Geotrigona subnigra *
Lestrimelitta ciliata **
Lestrimelitta glabrata *
Lestrimelitta limao *
Lestrimelitta maracaia
Lestrimelitta monodonta **
Lestrimelitta nana **
Lestrimelitta rufa **
Lestrimelitta rufipes **
Lestrimelitta similis **
Lestrimelitta spinosa **
Leurotrigona gracilis
Leurotrigona muelleri
Leurotrigona pusilla
Melipona (Eomelipona) amazonica *
Melipona (Eomelipona) ogilviei *
Melipona (Eomelipona) puncticollis *
Melipona (Eomelipona) schwarzi *

Meliponini Lepeletier, 1836

*Melipona (Eomelipona) tumupasae **
*Melipona (Melikerria) compressipes **
*Melipona (Melikerria) fasciculata **
*Melipona (Melikerria) grandis **
*Melipona (Melikerria) interrupta **
*Melipona (Melikerria) quinquefasciata **
*Melipona (Meliponiella) bradleyi **
*Melipona (Meliponiella) illustris **
*Melipona (Michmelia) brachychaeta **
*Melipona (Michmelia) captiosa **
*Melipona (Michmelia) crinita **
*Melipona (Michmelia) dubia **
*Melipona (Michmelia) flavolineata **
*Melipona (Michmelia) fuliginosa **
*Melipona (Michmelia) fulva **
*Melipona (Michmelia) melanoventer **
*Melipona (Michmelia) nebulosa **
*Melipona (Michmelia) paraensis **
*Melipona (Michmelia) rufiventris **
*Melipona (Michmelia) titania **
Nannotrigona punctata
Nannotrigona schultzei
Nogueirapis batistai
Nogueirapis butteli
Nogueirapis minor
*Nogueirapis rosariae ***
*Oxytrigona ignis **
*Oxytrigona mulfordiv **
Oxytrigona obscura
Paratrigona catabolonota
*Paratrigona compsa ***
*Paratrigona crassicornis ***
*Paratrigona euxanthospila ***
*Paratrigona glabella ***
Paratrigona haeckeli
Paratrigona lineata
*Paratrigona lineatifrons ***
*Paratrigona melanaspis ***
*Paratrigona myrmecophila ***
Paratrigona pacifica
Paratrigona pannosa
*Paratrigona peltata ***
Paratrigona prosopiformis
Partamona ailyae
Partamona auripennis
Partamona batesi
Partamona chapadicola
Partamona combinata
Partamona epiphytophila
Partamona ferreirai
Partamona gregaria
Partamona mourei
Partamona nhambiquara
*Partamona nigrior ***
Partamona pearsoni
Partamona subtilis

Meliponini Lepeletier, 1836

Partamona testacea
Plebeia alvarengai
Plebeia margaritae
Plebeia minima
Scaptotrigona affabra **
Scaptotrigona bipunctata
Scaptotrigona depilis **
Scaptotrigona fulvicutis **
Scaptotrigona hylaeana **
Scaptotrigona nigrohirta
Scaptotrigona polysticta
Scaptotrigona postica
Scaptotrigona tricolorata *
Scaptotrigona tubiba *
Scaura amazonica
Scaura latitarsis *
Scaura longula
Schwarziana mourei
Schwarzula coccidophila
Schwarzula timida
Tetragona clavipes
Tetragona dorsalis
Tetragona essequiboensis
Tetragona goettei
Tetragona handlirschii
Tetragona kaieteurensis **
Tetragona quadrangula
Tetragona truncata
Tetragonisca angustula
Tetragonisca weyrauchi
Trichotrigona camargoiana *
Trichotrigona extranea *
Trigona albipennis
Trigona amalthea
Trigona amazonensis
Trigona branneri
Trigona chanchamayoensis
Trigona crassipes
Trigona dallatorreana
Trigona dimidiata
Trigona guianae
Trigona hyalinata
Trigona hypogea
Trigona lacteipennis
Trigona pallens
Trigona pellucida
Trigona recursa
Trigona sesquipedalis **
Trigona spinipes
Trigona truculenta
Trigona williana
Trigonisca bidentata
Trigonisca ceophloei
Trigonisca dobzhanskyi
Trigonisca duckei
Trigonisca extrema

Meliponini Lepeletier, 1836
Trigonisca flavicans
Trigonisca fraissei
Trigonisca graeffei
Trigonisca hirticornis
Trigonisca meridionalis
Trigonisca nataliae
Trigonisca unidentata
Trigonisca variegatifrons **
Trigonisca vitrifrons

(*) Espécies removidas por apresentar incerteza taxonômica
(**) Espécies removidas durante o pré-filtro de limpeza ou por não apresentar bom desempenho durante a modelagem

Tabela S2. Resumo do pré-filtro de limpeza de dados de ocorrências.

Categorias de registro	**Percentual de Registros em % (*)**
Nome científico vazio	0
Coordenadas vazias	8,35
Coordenadas fora de alcance	0
Registros de uma fonte duvidosa	0,01
Registros fora de um ou vários países de referência	1,6
Total de registros removidos (**)	9,96%

(*) calculado em relação ao número total de registros, ou seja, 343.645 registros
(**) 34.222 registros

Tabela S3. Resumo da limpeza taxonômica dos registros de ocorrências.

Categorias de limpeza taxonômica	**Percentual de Registros em % (*)**
Nome aceito	97,79
Sinônimo substituído por um nome aceito	2,21
Nome aceito que estava com erro de digitação	0
Nome aceito atribuído como sinônimo errado	0
Verificação: identificação taxonômica duvidosa	0,1

(*) calculado em relação ao número total de registros, ou seja, 309.423 registros

Tabela S4. Lista de pacotes de R utilizados.

Pacote	**Função**
dplyr	Manipulação de dataframes.
readr	Leitura de dados tabulares
readxl	Leitura de planilhas Exce
bdc	Avaliação da qualidade e a limpeza dos dados de ocorrências de espécies

rwcvp	Uso do nome de dados de distribuição do Lista Mundial de Plantas Vasculares
terra	Manipulação de dados espaciais
rnaturalearth	Acesso a dados naturais e mapas
rinat	Acesso a dados de ocorrência de espécies a partir do iNaturalist
bien	Acesso ao banco de dados Botanical Information and Ecology Network (BIEN)
countrycode	Conversão de códigos de países e regiões
maps	Criar mapas e visualizações geoespaciais
flexdm	Construção de modelos de distribuição de espécies
here	Gerenciar caminhos de arquivos e diretórios de forma consistente
raster	Manipulação de dados espaciais
ggplot2	Criação de gráficos
sf	Manipulação de dados espaciais
rworldmap	Criação de mapas globais
rgbif	Acesso dados do Global Biodiversity Information Facility (GBIF)

Tabela S5. Variáveis bioclimáticas e edáficas utilizadas neste estudo

Database	Variável	Descrição da variável	Unidade
Chelsa	**BIO 2 ***	Variação média de temperatura diurna (média mensal (temp. máx – temp mín))	°C
	BIO 5*	Temperatura máxima do mês mais quente	°C
	BIO 9*	Temperatura média do trimestre mais seco	°C
	BIO 12*	Precipitação anual	mm
	BIO 15*	Sazonalidade da precipitação (coeficiente de variação)	CV
	Cmi mean*	Indice climático de umidade	%
	Cmi range*	Indice da umidade relativa mensal próxima à superfície	%
	Hurs range*	Indice da umidade relativa mensal próxima à superfície	%
	SfcWind mean*	Velocidade máxima mensal do vento próximo à superfície	m s-1
	SfcWind range*	Variação anual da velocidade mensal do vento próximo à superfície	m s-1
Soilsgrids	**Clay 0-5***	Conteudo de argila 0-5 de profundidade	cm
	Sand 0-5*	Conteudo de areia a 0-5 cm de profundidade	cm
	Silt 0-5	Conteudo de silte a 0-5 cm de profundidade	cm
SRTM	**Altitude**	Banco de dados de elevação digital SRTM 90m DEM	m

* Variáveis selecionadas com a Matriz de correlação de Pearson para a modelagem

Tabela S6. Parâmetros e hiperparâmetros empregados em cada algoritmo, valores e número de combinações de hiperparâmetros, e códigos de R usados para gerar a sequência de valores.

Algoritmo	Valores de hiperparâmetros	Número de combinações	Outros parâmetros
BRT	n.trees = seq(10, 200, by=20) shrinkage = seq(0.1, 1.5, by=0.2) n.minobsinnode= seq(1,5 by=1)	400	Família de distribuição binomial Número de pseudo-ausências duas vezes o número de presenças
MaxEnt	Regmult =seq(0.1, 5, by=0.2) Classes= c("l", "lq", "lqh", "lqhp", "lqhpt")	125	10000 pontos de fundo Número de pseudo-ausências duas vezes o número de presenças
NET	size= (2:length(env_names) decay = c(seq(0.01, 1, 0.05), 1, 3, 4, 5, 6))	175	Número de pseudo-ausências duas vezes o número de presenças
RF	mtry = seq (1, 8, 1))	8	Número de pseudo-ausências duas vezes o número de presenças
SVM	C= seq(2, 60, 5), Sigma= c(seq(0.001, 0.2, 0.002))	1200	Número de pseudo-ausências duas vezes o número de presenças
GAM			K=-20 Família de distribuição binomial 10000 pseudo-ausências
GLM			Polinômios de segunda ordem. Família de distribuição binomial 10000 pseudo-ausências
GP			Método de aproximação de Laplace Número de pseudo-ausências duas vezes o número de presenças

Tabela S7. Descrição de hiperparâmetros para algoritmos utilizados nos métodos de ESMs.

Algoritmo	Valores de hiper parâmetros
BRT	n_trees = 100 n_minobsinnode = nrow(data)*0.5/4 shrinkage = 0.1
MaxEnt	classes = "default" * regmult = 2.5
NET	size = 2 decay = 0
RF	mtry = sqrt(número de preditores)
GAM	K= -3
GLM	Poly = 2 Polinômios de segunda ordem.

* A quantidade de classes será selecionada conforme a quantidade de dados segundo as regras do pacote *maxnet*

Tabela S8. Variância explicada acumulada para cada componente principal.

PCA	Variância explicada
1	0.76
2	0.98
3	0.99
4	0.99
5	0.99
6	0.99
7	0.99
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1

Tabela S9. Avaliação classificação do uso do solo

ID	COLEÇÃO 7 - CLASSES	Habitat
1	**1. Floresta**	Sim
3	Formação Florestal	Sim
4	Formação Savânica	Sim
5	Mangue	Sim
49	Restinga Arborizada	Sim
10	**2. Formação Natural não Florestal**	Sim
11	Campo Alagado e Área Pantanosa	Sim
12	Formação Campestre	Sim
32	Apicum	Sim
29	Afloramento Rochoso	Sim
50	Restinga Herbácea	Sim
13	Outras Formações não Florestais	*
14	**3. Agropecuária**	Não
15	Pastagem	Não
18	Agricultura	Não
19	Lavoura Temporária	Não
39	Soja	Não
20	Cana	Não
40	Arroz (beta)	Não
62	Algodão (beta)	Não
41	Outras Lavouras Temporárias	Não
36	Lavoura Perene	Não
46	Café	Não
47	Citrus	Não
48	Outras Lavouras Perenes	Não
9	Silvicultura	Sim
21	Mosaico de Usos	Sim
22	**4. Área não Vegetada**	Não
23	Praia, Duna e Areal	Não
24	Área Urbanizada	Não

ID	COLEÇÃO 7 - CLASSES	Habitat
30	Mineração	Não
25	Outras Áreas não vegetadas	Não
26	**5. Corpo D'água**	Não
33	Rio, Lago e Oceano	*
31	Aquicultura	Não
27	**6. Não observado**	*

***** Categorias de cobertura do solo não consideradas

Tabela S10. Número de plantas que são visitadas por espécies de meliponíneos nativos de Amazonia Legal

Espécies *	N de plantas
Tetragonisca angustula	363
Trigona spinipes	260
Scaptotrigona bipunctata	120
Tetragona clavipes	120
Trigona hyalinata	100
Paratrigona lineata	78
Leurotrigona muelleri	36
Trigona pallens	28
Trigona recursa	25
Nannotrigona punctata	24
Scaptotrigona postica	24
Frieseomelitta varia	22
Trigona truculenta	18
Trigona williana	12
Trigona branneri	8
Tetragona quadrangula	7
Scaptotrigona polysticta	5
Tetragona dorsalis	5
Frieseomelitta flavicornis	4
Frieseomelitta portoi	4
Leurotrigona pusilla	4
Partamona pearsoni	4
Trigona guianae	4
Frieseomelitta trichocerata	3
Partamona ailyae	3
Partamona testacea	3
Plebeia alvarengai	3
Plebeia minima	3
Tetragona goettei	3
Trigona amazonensis	3
Trigona dallatorreana	3
Duckeola ghilianii	2

Frieseomelitta longipes	2
Oxytrigona obscura	2
Trigona chanchamayoensis	2
Trigonisca vitrifrons	2
Camargoia nordestina	1
Geotrigona aequinoctialis	1
Nannotrigona schultzei	1
Nogueirapis minor	1
Partamona epiphytophila	1
Partamona mourei	1
Partamona nhambiquara	1
Partamona subtilis	1
Tetragonisca weyrauchi	1
Trigona amalthea	1
Trigona dimidiata	1
Trigonisca hirticornis	1
Trigonisca nataliae	1
Trigonisca unidentata	1

* Referencias utilizadas para registro de ocorrência das espécies

Agostini, K. & Sazima, M. 2003 - Plantas ornamentais e seus recursos para abelhas no campus da Universidade Estadual de Campinas, Estado de São Paulo, Brasil. - Bragantia (62) 3: 335-343

Almeida-Anacleto, D 2007 - Recursos alimentares, desenvolvimento das colônias e características físico-químicas, microbiológicas e polínicas de mel e cargas de pólen de meliponineos, do municpio de Piracicaba, Estado de São Paulo - tese de doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo - Piracicaba SP - 133 pp.

Almeida-Anacleto, D 2007 - Recursos alimentares, desenvolvimento das colônias e características físico-químicas, microbiológicas e polínicas de mel e cargas de pólen de meliponineos, do municpio de Piracicaba, Estado de São Paulo - tese de doutorado.

Almeida, D.A. & Marchini, L.C. 2005 - Análise faunística de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) coletadas no cerrado do Estado de São Paulo. - Maringá (27) 3: 277-284.

Alves-dos-Santos, I. 1999 - Abelhas e plantas melíferas da mata atlântica, restinga e dunas do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. - Revista Brasileira de Entomologia (43) 3 / 4: 191-223.

Alves, Rogério M. D. O., Waldschmidt, Ana M., Paixão, Joana F., Santos, Daiane R. and Carvalho, Carlos A. L.. "Geographic Range and Nest Architecture of Cephalotrigona Capitata Smith, 1854 (Apidae: Meliponini) in the State of Bahia, Northeastern Brazil" Journal of Apicultural Science, vol.63, no.1, 3919, pp.49-60. https://doi.org/10.2478/jas-2019-0005.

Alves, Rogério M. D. O., Waldschmidt, Ana M., Paixão, Joana F., Santos, Daiane R. and Carvalho, Carlos A. L.. "Geographic Range and Nest Architecture of Cephalotrigona Capitata Smith, 1854 (Apidae: Meliponini) in the State of Bahia, Northeastern Brazil" Journal of Apicultural Science, vol.63, no.1, 3919, pp.49-60. https://doi.org/10.2478/jas-2019-0006.

Andena, S.R.; Bego, L.R. & Mechi, M.R. 2005 - As comunidades de abelhas (Hymenoptera,Apoidea) de uma área de cerrado (Corumbataí, SP) e suas visitas às flores. - Revista Brasileira de Zoociências (7) 1: 55-91.

Antonini, Y. & Martins, R.P. 2003 - The Flowering-Visiting Bees at the Ecological Station of the Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil - Neotropical entomology (32) 4: 565-575

Araujo, V.A.; Antonini, Y. & Araujo, A.P.A. 2006 - Diversity of Bees and their Floral Resources at Altitudinal Areas in the Southern Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil. - Neotropical entomology (35) 1: 30-40.

Boff, S.V. 2008 - Flora de capões e Hymenoptera (Apoidea: abelhas e vespas) visitantes de flores no Pantanal de Miranda-Abobral. - dissertação de mestrado - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - Campo Grande MS - 125 pp.

Campos, M.J.O. 1989 - Estudo das interações entre a comunidade de Apoidea, na procura de recursos alimentares, e a vegetação de cerrado da Reserva de Corumbataí, SP. - tese de doutorado - Universidade Federal de São Carlos – UFScar - São Carlos SP - 114 pp.

Carvalho, A.M.C. & Bego, L.R. 1996 - Studies on Apoidea fauna of cerrado vegetation at the Panga Ecological Reserve, Uberlândia, MG, Brazil - Revista Brasileira de Entomologia (40) 2: 147-156.

Carvalho, C.A.L. & Marchini, L.C. 1999 - Tipos polínicos coletados por Nanotrigona testaceicornis e Tetragonisca angustula (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) - Sci. Agric. (56) 3: 6.

Carvalho, C.A.L. 1999 - Diversidade de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e Plantas Visitadas no Municipio de Castro Alves - BA - tese de doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo - Piracicaba SP - 104 pp.

Carvalho, C.A.L.;Marques, O.M. & Sampaio, H.S.V. 1995 - Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em Cruz das Almas - Bahia: 1. Espécies coletadas em fruteiras. - Insecta (4) 1: 11-17.

Carvalho, C.A.L.;Marques, O.M. 1995 - Abelhas (Hymenoptera, Apoidae) em Cruz das Almas - Bahia: 2. Espécies coletadas em leguminosas. - Insecta (4) 2: 26-31.

Cure, J.R.; Bastos-Filho, G.S.; Oliveira, M.J.F. & Silveira, F.A. 1993 - Levantamento da fauna de abelhas silvestres na "Zona da Mata" de Minas Gerais. I -Pastagem na região de Viçosa (Hymenoptera, Apoidea). - Revista Ceres (40) 228: 131-161.

Décio Luiz Gazzoni, editor. Plantas que os polinizadores gostam. Brasília, DF: Embrapa, 2021, p. 421-422.

Faria-Mucci, G.M.; Melo, M.A. & Campos, L.A.O. 2003 - A fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e plantas utilizadas como fonte de recursos florais, em um ecossistema de campos rupestres em Lavras Novas, Minas Gerais, Brasil: 241-256 - em: Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 Anos de Jesus Santiago Moure. - G. A. R. Melo & I. Alves-dos-Santos Editora UNESC.

Faria, G.M. 1994 - A flora e a fauna apícola de um ecossistema de Campo Rupestre, Serra do Cipó - MG, Brasil: Composição, Fenologia e suas interações. - tese de doutorado - Universidade Estadual Paulista - Rio Claro SP - 239 pp.

Freitas, L. & Sazima, M. (2006) Pollination biology in a tropical high-altitude grassland in Brazil: Interactions at the community level. Annals of the Missouri Botanical Garden, 93, 465-516.

Hoffmann, M. 1990 - Estrutura e importância de uma comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) no Rio Grande do Sul, para a polinização de plantas cultivadas. - tese de doutorado - Universidade Federal do Paraná - Curitiba PR - 177 pp.

Imperatriz-Fonseca, V. L., & Alves, D. A. (2020). Abelhas sem ferrão do Pará: a partir das expedições científicas de João MF Camargo. Instituto Tecnológico Vale, Belém, Pará, 284.

Imperatriz-Fonseca, V.L.; Kleinert-Giovannini, A.; Cortopassi-Laurino, M. & Ramalho, M. 1984 - Hábitos de coleta de Tetragonisca angustula angustula Latraille (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) - Bolm. Zool. Univ. S. Paulo (8) : 115-131.

Iwama, S. & Melhem, T.S. 1979 - The pollen spectrum of the honey of Tetragonisca angustula angustula Latreille (Apidae, Meliponinae) - Apidologie (10) 3: 275-295.

Kaminski, A. C. (2001). Abelhas visitantes de três espécies de Clusia (Clusiaceae) para coleta de resinas florais, com ênfase em Ptilotrigona lurida (Smith 1854)(Hymenoptera, Apidae, Meliponini), na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazônia Central.

Knoll, F.R.N. 1990 - Abundância relativa, sazonalidade e preferências florais de Apidae (Hymenoptera) em uma área urbana (23º33' S; 46º43'W). - tese de doutorado - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo - São Paulo SP - 127 pp.

Krug, C. 2007 - A comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apiformes) da Mata com Araucária em Porto União-SC e abelhas visitantes florais da aboboreira (Cucurbita L.) em Santa Catarina, com notas sobre Peponapis fervens (Eucerini, Apidae) - dissertação de mestrado - Universidade do Extremo Sul Catarinense - Criciúma SC - 120 pp.

Laroca, S. & Almeida, M.C. 1994 - O relicto de cerrado de Jaguariaíva (Paraná, Brasil): I. Padrões biogeográficos, melissocenoses e flora melissófila - Acta Biológica Paranaense (23) 2 / 2 / 3 / 4: 89-122.

Lima, M.F.C. 2004 - Comunidade de Abelhas, Nidificação de Abelhas Solitárias em Cavidades Preexistentes(Hymenoptera:Apoidea) e Interação Abelha-Planta na Reserva Biológica Guaribas, Mamanguape,Paraíba, Brasil - tese de doutorado - Universidade Federal da Paraíba - João Pessoa PB - 157 pp.

Locatelli, E. & Machado, I.C. 2001 - Bee Diversity and their Floral Resources in a Fragment of a Tropical Altitudinal Wet Forest ("Brejos de Altitude") in Northeastern Brazil. - Acta Hortulturae (561) : 317-326.

Lucca Rebocho. 2020. Tetragonisca angustula polinizando Ocimum basilicum. iNaturalist.org. Accessed at <https://www.inaturalist.org/observations/44597171> on 31 Jul 2023.

Lucca Rebocho. 2020. Tetragonisca angustula polinizando Ocimum basilicum. iNaturalist.org. Accessed at <https://www.inaturalist.org/observations/44623778> on 31 Jul 2023.

Lucca Rebocho. 2020. Tetragonisca angustula polinizando Ocimum basilicum. iNaturalist.org. Accessed at <https://www.inaturalist.org/observations/44655740> on 31 Jul 2023.

Marques-Souza, A.C. 1993 - Espécies de plantas visitadas para a coleta de pólen por cinco tipos de meliponíneos da Amazônia - dissertação de mestrado - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA – Fundação Universidade do Amazonas – FUA - Manaus AM - 114 pp.

Marques-Souza, A.C. 1996 - Fontes de pólen exploradas por Melipona compressipes manaosensis (Apidae: Meliponinae), abelha da Amazônia Central - Acta Amazonica (26) 1 / 2: 77-86.

Marques-Souza, A.C. 1999 - Características das coletas de pólen de alguns meliponíneos da Amazônia Central. - tese de doutorado - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA – Universidade do Amazonas - Manaus AM - 250 pp.

Marques-Souza, A.C.; Absy, M.L.; Kerr, W.E. & Peralta, F.J.A. 1995 - Pólen coletado por duas espécies de meliponíneos (Hymenoptera: Apidae) da Amazônia - Revista Brasileira de Biologia (55) 4: 855-864.

Marques-Souza, A.C.; Moura, C.O. & Nelson, B.W. 1996 - Pollen collected by Trigona williana (Hymenoptera: Apidae) in Central Amazonia - Rev. Biol. Trop. (44) 2: 567-573.

Mateus, S. 1998 - Abundância relativa, fenologia e visita às flores pelos Apoidea do cerrado da Estação Ecológica de Jataí-Luiz Antônio - SP - dissertação de mestrado - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-USP - Ribeirão Preto SP - 159 pp.

Moreti, A.C.C.C.; Anacleto, D.A.; D'Avila, M.; Vieira, G.H.C. & Marchini, L.C. 2006 - Abelhas visitantes em vegetação de diferentes áreas remanescentes de cerrado. - Magistra (18) 4: 229-248

Mouga, D.M.D.S 2004 - As comunidades de abelhas(Hymenoptera,Apoidea) em Mata Atlântica na região nordeste do Estado de Santa Catarina, Brasil - tese de doutorado - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo - São Paulo SP - 226 pp.

National Database Plant Pollinators. Center for Plant Conservation at San Diego Zoo Global. Accessed via https://saveplants.org/national-collection/pollinator-search/ on 2020-06-05. Accessed at <https://github.com/globalbioticinteractions/cpc-pollinators/archive/a64674001b3fce1c5a4896d8c29b4bcb024e6f0b.zip> on 31 Jul 2023.

Nogueira-Ferreira, F.H. & Augusto, S.C. 2007 - Amplitude de Nicho e Similaridade no uso de Recursos Florais por Abelhas Eussociais em uma Área de Cerrado - Biosci. J. (23) Supplement 1: 45-51

Oliveira, F.P.M. 2003 - Recurso polínico utilizado por abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponinae) em um fragmento florestal urbano na Amazônia - tese de doutorado - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA – Universidade Federal do Amazonas – UFAM - Manaus AM - 121 pp.

Osterkamp, I.C. 2009 - Características polínicas e físico-químicas de amostras de méis de Apis mellifera L., 1758 (Hymenoptera, trigonini) da região do Vale do Taquari estado do Rio Grande do Sul. - dissertação de mestrado - Centro Universitário Univates - Lajeado RS - 60 pp.

Pedro, S.R.M. 1992 - Sobre as abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em um ecossistema de Cerrado (Cajuru, NE do estado de São Paulo): composição, fenologia e visita as flores. - dissertação de mestrado - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-USP - Ribeirão Preto SP - 200 pp.

Pimentel, M. S., & Jardim, M. A. G. (2008). Caracterização morfológica das inflorescências e infrutescências e visitantes florais do açaí preto (euterpe oleracea) e das etnovariedades (euterpe spp.). Caracterização morfológica das inflorescências e infrutescências e visitantes florais do açaí preto (euterpe oleracea) e das etnovariedades (euterpe spp.).

Piva, L.F. 1994 - Estratégias de forrageamento de Tetragonisca angustula Latraille (Apidae, Meliponinae) numa área de cerrado - dissertação de mestrado - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo - São Paulo SP - 76 pp.

Ramalho, M. 1990 - Foraging by stingless bees of the genus, Scaptotrigona (Apidae, Meliponinae) - Journal of Apicultural Research (29) 2: 61-67.

Ramalho, M. 2004 - Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship - Acta Bot. Bras. (18) 1: 37-47.

Ramirez, N., and Y. Brito. 1992. Pollination Biology in a Palm Swamp Community in the Venezuelan Central Plains. Botanical Journal of the Linnean Society 110:277-302.

Rêgo, M.M.C. 1998 - Abelhas Silvestres (Hym.Apoidea) em um ecossistema de cerrado s.l.(Chapadinha-MA,Brasil): uma abordagem biocenótica. - tese de doutorado - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-USP - Ribeirão Preto SP - 231 pp.

Santos, M.S.S. 2003 - Relação abelha-flor em comunidade de restinga tropical: sistemas polinizadores de flores melitófilas especializadas - dissertação de mestrado - Universidade Federal da Bahia - Salvador BA - 151 pp.

Schlindwein, C. 1995 - Wildbienen und ihre Trachtpflanzen in einer südbrasilianischen Buschlandschaft: Fallstudie Guaritas, Bestäubung bei Kakteen und Loasaceen - tese de doutorado - Verlag Ulrich E. Grauer - Stuttgar - 148 pp.

Silva, M. 2005 - Abelhas e plantas melíferas da zona rural dos municípios de Cocal do Sul, Criciúma e Nova Veneza, situados na região carbonífera no sul do estado de Santa Catarina - dissertação de mestrado - Universidade do Extremo Sul Catarinense - Criciúma SC - 110 pp.

Silveira, F.A. 1989 - Abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) e suas fontes de alimento no cerrado da Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba - Minas Gerais - dissertação de mestrado - Universidade Federal de Viçosa - Viçosa MG - 61 pp.

Silveira, M.S. 2006 - Fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea Apiformes) e recursos florais utilizados em áreas urbanas e no entorno da cidade de João Pessoa, PB. - dissertação de mestrado - Universidade Federal da Paraíba - João Pessoa PB - 65 pp.

Sofia, S.H. 1996 - As Abelhas e suas visitas às flores em duas áreas urbanas - tese de doutorado - Universidade de São Paulo – Rio Claro - Rio Claro SP - 236 pp.

Wilms, W. 1995 - Die Bienenfauna im Kustenregenwald Brasiliens und ihre Beziehungen zu Blutenpflanzen: Fallstudie Boracéia, São Paulo - tese de doutorado - Fakultät für Biologie der Eberthard-Karls-Universität Tübingen - - 219 pp.

Wilms, W.; Imperatriz-Fonseca, V. & Engels, W. 1996 - Resource Partitioning Between Highly Eusocial Bees and Possible Impact of the Introduced Africanized Honey Bee on Native Stingless Bees in the Brazilian Atlantic Rainforest - Stud Neotrop Fauna & Environm (31) : 137-151

Wolowski, M., Agostini, K., Rech, A. R., Varassin, I. G., Maués, M., Freitas, L., ... & Silva, C. D. (2019). Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil. São Carlos, SP: Editora Cubo.

Tabela S11. Número de visitantes florais por espécies de planta

Espécie	N° de visitantes
Euterpe oleracea	23
Bertholletia excelsa	9
Syzygium malaccense	9
Anacardium occidentale	8
Arachis pintoi	8
Asystasia gangetica	8
Bauhinia ungulata	7
Cajanus cajan	7
Caryocar brasiliense	7
Didymopanax vinosus	7
Helianthus annuus	7
Moquiniastrum barrosoae	7
Myrciaria dubia	7
Bidens segetum	6
Byrsonima crassa	6
Byrsonima intermedia	6
Cassia fistula	6
Coffea arabica	6
Couepia grandiflora	6
Ouratea semiserrata	6
Passiflora edulis	6
Psidium guajava	6
Baccharis rufescens	5
Bauhinia variegata	5
Byrsonima verbascifolia	5
Campomanesia pubescens	5
Cenostigma pluviosum	5
Chamaecrista debilis	5
Chromolaena laevigata	5
Chrysolaena platensis	5
Diplopterys pubipetala	5
Gwilymia coriacea	5
Miconia fallax	5
Paullinia cupana	5
Tapirira guianensis	5
Theobroma grandiflorum	5
Archontophoenix cunninghamiana	4
Baccharis dracunculifolia	4
Banisteriopsis laevifolia	4
Bauhinia rufa	4
Bowdichia virgilioides	4
Byrsonima crassifolia	4
Byrsonima lancifolia	4
Capsicum annuum	4
Ceiba speciosa	4
Clusia insignis	4
Coccoloba ovata	4
Coccoloba ramosissima	4
Cocos nucifera	4
Cordia americana	4
Cordyline fruticosa	4
Cucurbita pepo	4
Cyanocephalus rugosus	4
Daucus carota	4
Delonix regia	4
Diplusodon villosus	4
Duranta erecta	4
Eriotheca gracilipes	4
Euphorbia pulcherrima	4

Espécie	N° de visitantes
Euterpe edulis	4
Gossypium hirsutum	4
Leptolobium dasycarpum	4
Ligustrum lucidum	4
Lithraea molleoides	4
Malpighia glabra	4
Matayba elaeagnoides	4
Mikania cordifolia	4
Myrcia guianensis	4
Myrsine guianensis	4
Ouratea spectabilis	4
Pachira aquatica	4
Pachystachys lutea	4
Paspalum notatum	4
Pentas lanceolata	4
Piptadenia gonoacantha	4
Platonia insignis	4
Plumbago auriculata	4
Psidium grandifolium	4
Qualea parviflora	4
Senna macranthera	4
Serjania lethalis	4
Spermacoce verticillata	4
Spondias tuberosa	4
Stryphnodendron polyphyllum	4
Styrax camporum	4
Talinum fruticosum	4
Thunbergia mysorensis	4
Vernonanthura ferruginea	4
Wisteria floribunda	4
Allophylus edulis	3
Anadenanthera colubrina	3
Andira humilis	3
Antigonon leptopus	3
Axonopus polydactylus	3
Axonopus siccus	3
Bidens gardneri	3
Blepharocalyx salicifolius	3
Bougainvillea spectabilis	3
Butia capitata	3
Butia eriospatha	3
Butia paraguayensis	3
Byrsonima cydoniifolia	3
Byrsonima rotunda	3
Byrsonima sericea	3
Camellia japonica	3
Camellia sinensis	3
Casearia sylvestris	3
Chamaecrista desvauxii	3
Chamaecrista nictitans	3
Chromolaena maximiliani	3
Chromolaena squalida	3
Chrysolaena desertorum	3
Crotalaria incana	3
Croton floribundus	3
Croton macrobothrys	3
Cucumis sativus	3
Cupania oblongifolia	3
Cupania zanthoxyloides	3
Dendropanax cuneatus	3
Desmodium pachyrhizum	3
Dracaena fragrans	3

Espécie	N° de visitantes
Drimia macrantha	3
Erythrina speciosa	3
Erythroxylum tortuosum	3
Eugenia uniflora	3
Euphorbia milii	3
Fragaria x ananassa	3
Glycyrrhiza glabra	3
Grevillea banksii	3
Heterocondylus alatus	3
Heteropterys byrsonimifolia	3
Hibiscus rosa-sinensis	3
Hovenia dulcis	3
Hyptidendron canum	3
Iochroma arborescens	3
Lobelia camporum	3
Melinis repens	3
Mesosphaerum suaveolens	3
Miconia tococa	3
Myrcia tomentosa	3
Ocotea dispersa	3
Oxalis physocalyx	3
Periandra mediterranea	3
Persea americana	3
Piper gaudichaudianum	3
Piptocarpha axillaris	3
Plinia cauliflora	3
Pouteria caimito	3
Sambucus australis	3
Sapium glandulosum	3
Schinus terebinthifolia	3
Senegalia polyphylla	3
Solanum lycocarpum	3
Solanum lycopersicum	3
Spermacoce suaveolens	3
Spondias mombin	3
Thunbergia grandiflora	3
Tipuana tipu	3
Tovomitopsis paniculata	3
Trichogonia attenuata	3
Vernonanthura rubriramea	3
Vouacapoua americana	3
Achyrocline saturejoides	2
Ageratum conyzoides	2
Ageratum fastigiatum	2
Agonandra brasiliensis	2
Aiouea trinervis	2
Alchornea triplinervia	2
Allium cepa	2
Allophylus petiolulatus	2
Aloe vera	2
Aloysia virgata	2
Alternanthera ficoidea	2
Amasonia hirta	2
Andira fraxinifolia	2
Aquarius grandiflorus	2
Artocarpus altilis	2
Asclepias curassavica	2
Averrhoa carambola	2
Baccharis anomala	2
Baccharis trinervis	2
Bauhinia brevipes	2
Bidens pilosa	2

Espécie	N° de visitantes
Bixa orellana	2
Bombax ceiba	2
Bourreria tomentosa	2
Brassica napus	2
Buddleja perfoliata	2
Byrsonima basiloba	2
Byrsonima coccolobifolia	2
Byrsonima correifolia	2
Calliandra tweediei	2
Campomanesia aromatica	2
Cascabela thevetia	2
Cassia leptophylla	2
Cecropia pachystachya	2
Cenostigma pyramidale	2
Chaetogastra sebastianopolitana	2
Citrullus lanatus	2
Citrus reticulata	2
Citrus x aurantiifolia	2
Citrus x aurantium f. aurantium	2
Citrus x limon	2
Clethra scabra	2
Clusia grandiflora	2
Coccoloba mollis	2
Coccoloba peltata	2
Copaifera langsdorffii	2
Cordia glabrata	2
Cordiera sessilis	2
Croton glandulosus	2
Cucurbita maxima	2
Cucurbita moschata	2
Cupania vernalis	2
Cynara cardunculus	2
Daphnopsis martii	2
Delphinium ajacis	2
Dimorphandra mollis	2
Diplusodon buxifolius	2
Dombeya wallichii	2
Echinolaena inflexa	2
Elaeis oleifera	2
Emmeorhiza umbellata	2
Eryngium junceum	2
Erythroxylum campestre	2
Erythroxylum suberosum	2
Eucalyptus cinerea	2
Eucalyptus robusta	2
Eucalyptus tereticornis	2
Evolvulus kramerioides	2
Feijoa sellowiana	2
Galinsoga parviflora	2
Gardenia jasminoides	2
Genipa americana	2
Grevillea robusta	2
Handroanthus chrysotrichus	2
Heisteria silvianii	2
Heliotropium angiospermum	2
Hyptis crenata	2
Hyptis marrubioides	2
Iris domestica	2
Jacaranda mimosifolia	2
Justicia brandegeeana	2
Kielmeyera rubriflora	2
Lantana camara	2

Espécie	N° de visitantes
Lepidaploa psilostachya	2
Lepidaploa salzmannii	2
Leucaena leucocephala	2
Luehea speciosa	2
Macadamia integrifolia	2
Malpighia emarginata	2
Malvaviscus arboreus	2
Mangifera indica	2
Manihot esculenta	2
Mascagnia cordifolia	2
Melia azedarach	2
Melochia simplex	2
Mikania biformis	2
Mikania lundiana	2
Mimosa daleoides	2
Mimosa debilis	2
Mimosa pudica	2
Montanoa bipinnatifida	2
Moquiniastrum pulchrum	2
Muntingia calabura	2
Myrcia bella	2
Nicotiana tabacum	2
Ocotea puberula	2
Oreopanax capitatus	2
Ouratea nana	2

FIGURAS

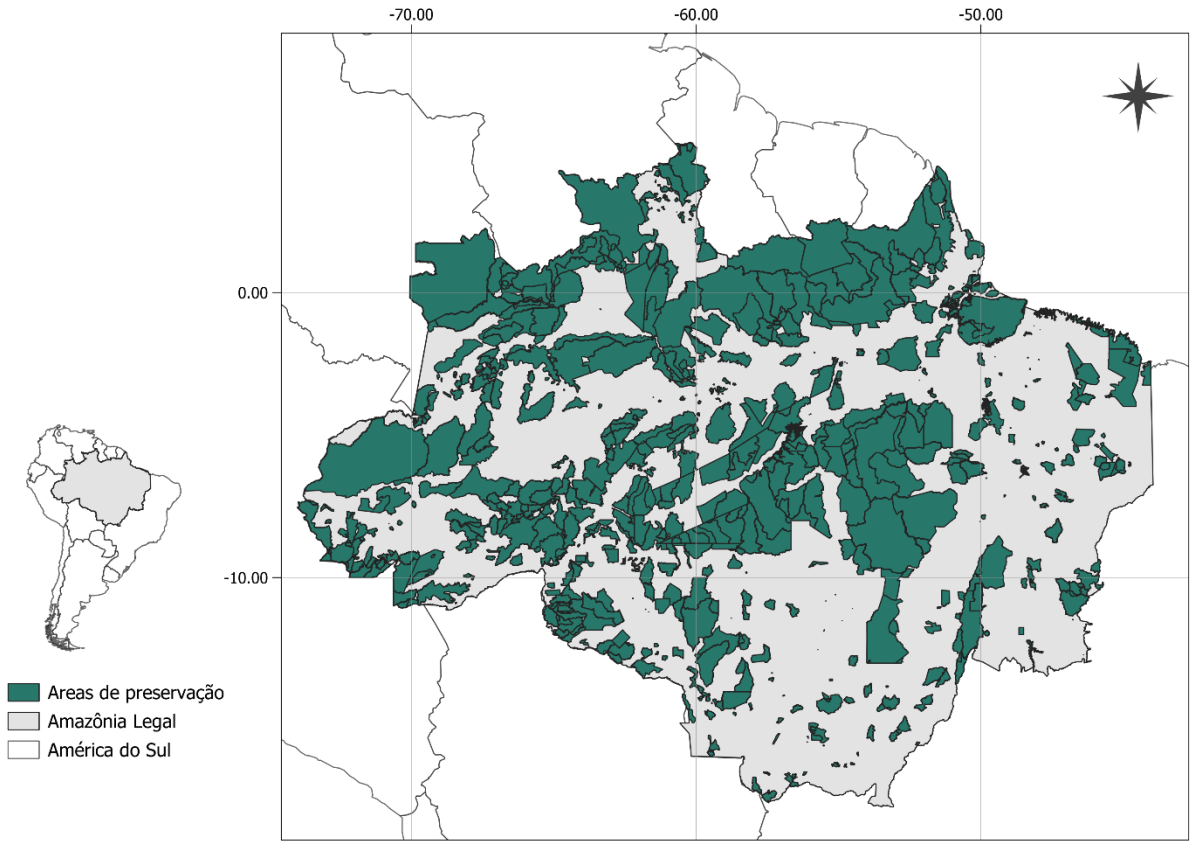

Figura S1 Rede de áreas protegidas dentro do limite da Amazônia Legal, Brasil.

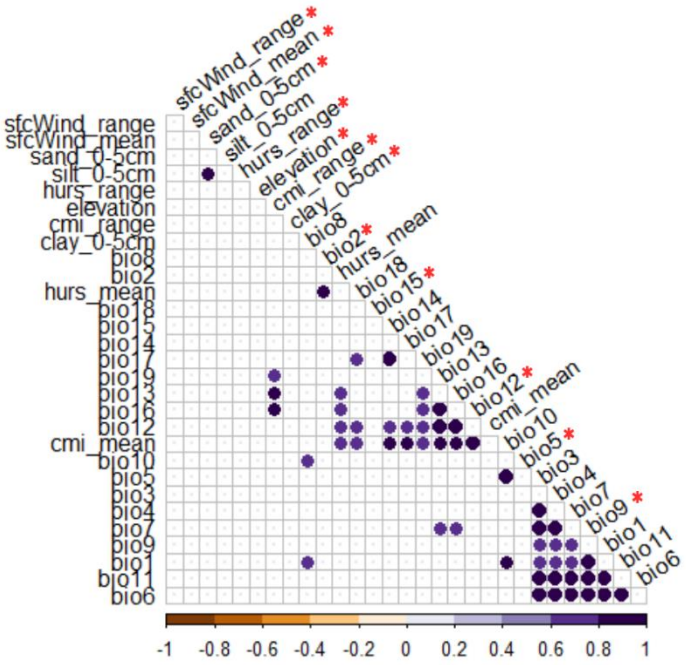

Figura S2. Correlograma entre as variáveis ambientais potenciais e as selecionadas para o ajuste dos modelos de distribuição de espécies (*) com base na matriz de correlação de Pearson. Pontos denotam correlações |0.7|.

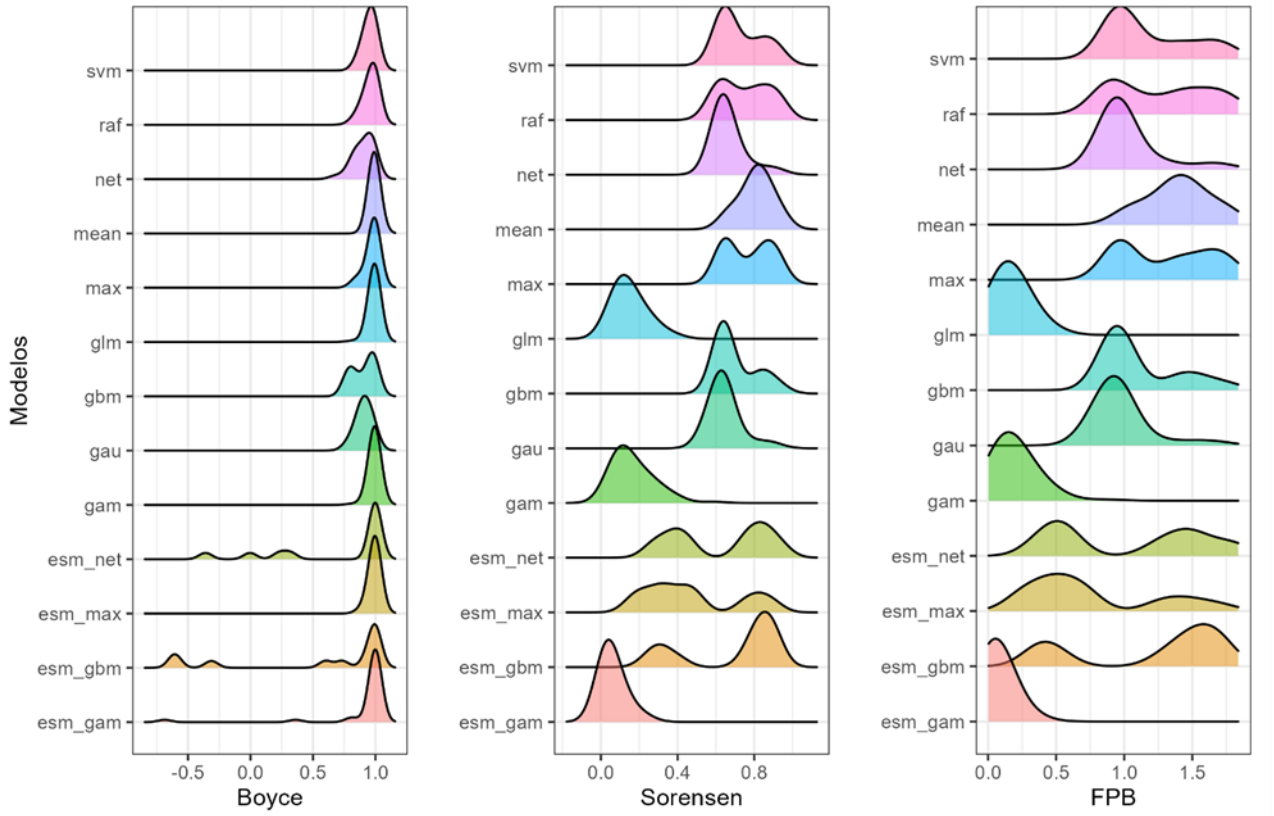

Figura S3 Performance dos modelos de distribuição de espécies com base na métrica de Boyce (Boyce Index), Sorensen (Sorensen's Index) e FPB (Fractional Predicted Bias).

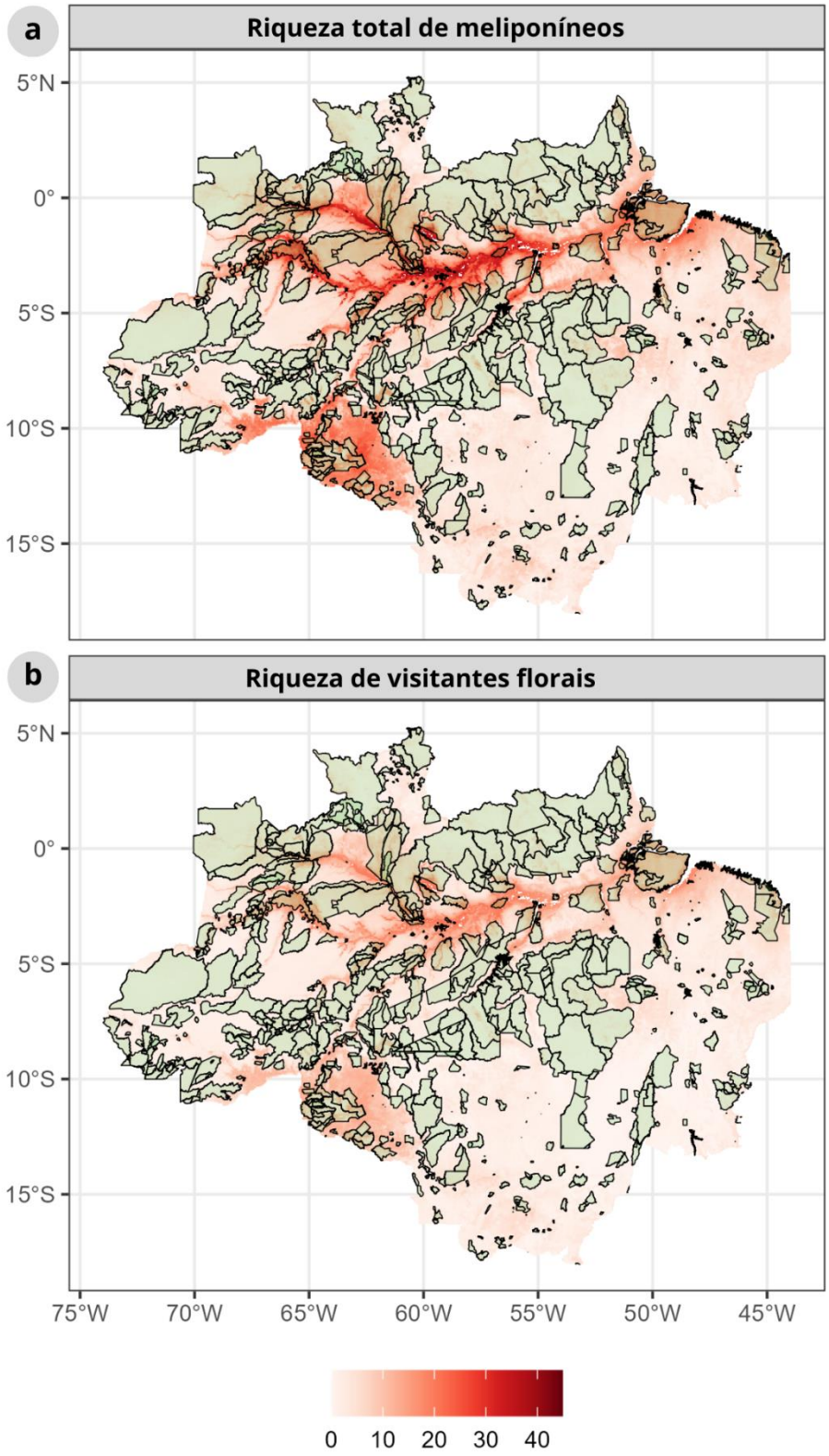

Figura S4 Mapa de riqueza de meliponíneos (a) e riqueza de visitante florais (b) e sua relação com a rede áreas protegidas da Amazônia Legal (polígonos verdes).

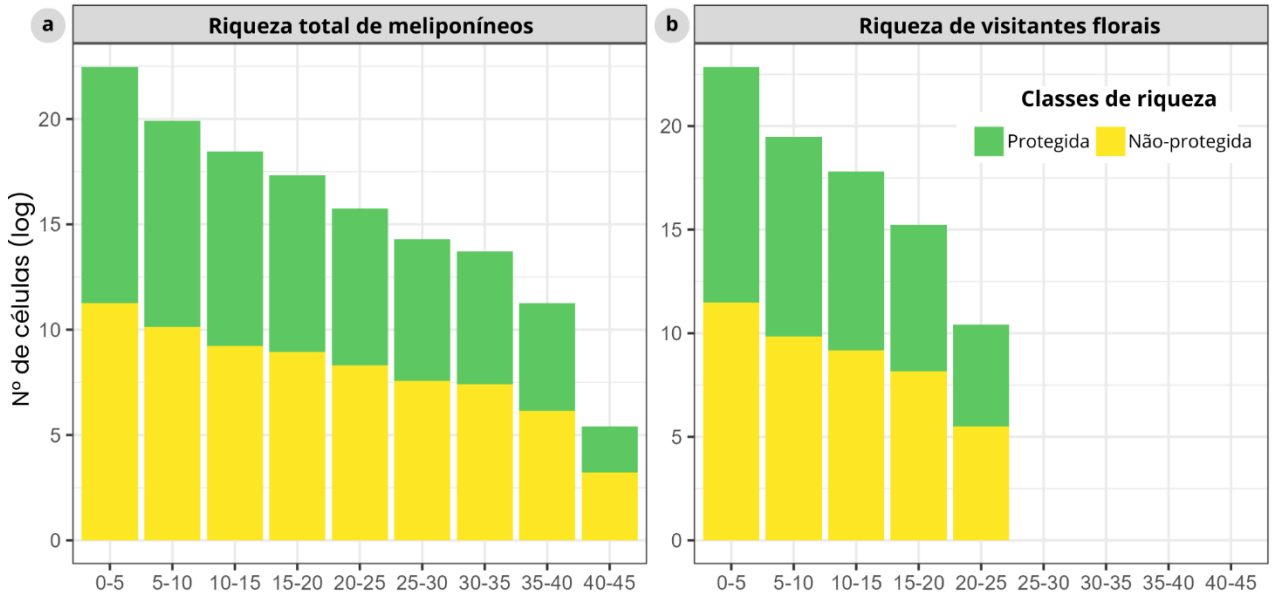

Figura S5 Histogramas com o número de células (log) protegidas ou não para diferentes classes de riqueza de meliponíneos (a) e riqueza de visitantes florais (b) na Amazônia Legal.