

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Gisele dos Santos Cabral

**Monitoramento de abelhas e vespas sociais em áreas com diferentes estágios de
regeneração no município de Coronel Pacheco-MG**

Juiz de Fora -MG

2026

Gisele dos Santos Cabral

Monitoramento de abelhas nativas e vespas sociais em áreas em diferentes estágios de
recuperação no município de Coronel Pacheco-MG

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Biodiversidade e Conservação da
Natureza, da Universidade Federal
de Juiz de Fora, como requisito
parcial à obtenção do título de
Mestre em Biodiversidade e
Conservação da Natureza.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Prezoto

Coorientadora: Dra. Favízia Freitas de Oliveira

Juiz de Fora - MG

2026

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

dos Santos Cabral, Gisele.

Monitoramento de abelhas e vespas sociais em áreas com diferentes estágios de regeneração no município de Coronel Pacheco-MG / Gisele dos Santos Cabral. -- 2026.

49 p.

Orientador: Fabio Prezoto

Coorientadora: Favízia Freitas de Oliveira

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, 2026.

1. Serviços Ecossistêmicos. 2. Estrutura da vegetação. 3. Biodiversidade. 4. Conservação. I. Prezoto, Fabio, orient. II. Freitas de Oliveira, Favízia, coorient. III. Título.

Gisele dos Santos Cabral

**Monitoramento de abelhas e vespas sociais em áreas com diferentes estágios de
regeneração no município de Coronel Pacheco-MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação da Natureza. Área de concentração: Comportamento, Ecologia e Sistemática.

Aprovada em 26 de junho de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fábio Prezoto - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Dra. Favízia Freitas de Oliveira - Coorientadora
Universidade Federal da Bahia

Profa. Dra. Ana Paula Gelli de Faria
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dra. Tatiane Tagliatti Maciel
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Juiz de Fora, 24/06/2026.



Documento assinado eletronicamente por **Fábio Prezoto, Professor(a)**, em 29/06/2026, às 10:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Paula Gelli de Faria, Professor(a)**, em 29/06/2026, às 10:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Tatiane Tagliatti Maciel, Usuário Externo**, em 30/06/2026, às 09:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **FAVÍZIA FREITAS DE OLIVEIRA, Usuário Externo**, em 06/07/2026, às 13:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **3046147** e o código CRC **C7081152**.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza pela logística, auxílio e oportunidade de capacitação.

À FAPEMIG pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao meu orientador, Fabio Prezoto, por me incentivar a prestar a seleção do mestrado, direcionar meus estudos e meu caminho como pesquisadora. Você é uma grande inspiração para mim.

À minha coorientadora, Favízia Freitas de Oliveira, pelo auxílio e abertura de portas no mundo das abelhas nativas.

Aos colegas de campo Fernanda Samarini, Mauro Teodoro, Adenilson, Gilmar pela convivência e troca de experiências.

À Dra. Tatiane Tagliatti e Dra. Ana Paula Gelli de Faria pelas valiosas contribuições no exame de qualificação.

Aos colegas que auxiliaram durante as coletas, processos de secagem e montagem Dra. Flavia e Téc. Laboratório Vanderson.

Aos familiares e colegas que durante o período de qualificação apoiaram e auxiliaram da forma que esteve ao alcance.

RESUMO

Os insetos sociais da ordem Hymenoptera (formigas, vespas e abelhas) destacam-se pelo alto valor agregado aos serviços ecossistêmicos realizados ao meio ambiente, sendo essenciais à polinização de culturas agrícolas, à conservação das florestas, à bioindicação de qualidade ambiental e ao controle biológico na agricultura regenerativa. Contudo, em várias regiões do planeta, vem ocorrendo a diminuição de suas populações e a redução dos benefícios gerados por estes insetos, com o desmatamento das florestas nativas representando uma das principais ameaças. Dentre esses grupos de Hymenoptera supracitados, as abelhas (Anthophila) se destacam pela sua grande importância como polinizadores essenciais, se constituindo também em um dos grupos chaves de bioindicadores de qualidade de habitat. Dessa forma, o estudo apresentado foi realizado em áreas de níveis de vegetação sucessionais diversos, classificadas entre campo aberto, bosques, subbosques e borda de fragmentos florestais em estágios iniciais e intermediários de recuperação florestal, usando as abelhas como ferramenta bioindicadora da qualidade da regeneração local. A área de estudo possui em seu histórico temporal, a execução entre as décadas de 1950 monocultura com o cultivo de café e após a aquisição pelo governo federal se tornar fazenda experimental da Embrapa, entre as décadas de 1970 deu início ao uso das áreas como pastagem para criação de bovinos e pastagens. O levantamento foi realizado no período de julho de 2024 a junho de 2025 e para o monitoramento da fauna de abelhas foram utilizadas técnicas passivas de coleta com armadilha do tipo Malaise, armadilhas odoríferas e como técnica ativa com uso de rede entomológica quando as abelhas forrageavam nas flores. Para a preparação da isca odorífera foram utilizados álcool 70% e essências: eucaliptol, baunilha, eugenol, salicilato de metila e beta ionona. Foram identificadas o total de 41 espécies de abelhas de diferentes níveis de socialização e 09 espécies de vespas sociais na área de coleta, que por sua vez possuem potenciais de serviços ecossistêmicos de grande importância para recomposição de áreas em estágios diversos de perturbação. Em estudos de sucessões ecológicas e recuperação de áreas degradadas, os insetos, por sua alta diversidade, sensibilidade a distúrbios e função ecológica, são reconhecidos como essenciais para a manutenção dos ecossistemas.

Palavras-chave: biodiversidade, conservação, bioindicadores, serviços ecossistêmicos.

ABSTRACT

Social insects of the order Hymenoptera (ants, wasps, and bees) stand out for their substantial contribution to ecosystem services, playing essential roles in crop pollination, forest conservation, environmental quality bioindication, and biological control in regenerative agriculture. However, declines in their populations and in the benefits provided by these insects have been reported in several regions worldwide, with the deforestation of native forests representing one of the main threats. Among the aforementioned Hymenoptera groups, bees (Anthophila) are particularly important as essential pollinators and also constitute one of the key groups of bioindicators of habitat quality. Therefore, the present study was conducted in areas representing different stages of vegetation succession, classified as open fields, woodlands, understory areas, and forest fragment edges at early and intermediate stages of forest recovery, using bees as bioindicators of the quality of local regeneration. Historically, the study area was used for coffee monoculture during the 1950s. After its acquisition by the Brazilian federal government and subsequent establishment as an Embrapa experimental farm, the area began to be used mainly as pasture for cattle raising during the 1970s. The survey was conducted from July 2024 to June 2025. Bee fauna was monitored using passive sampling methods, including Malaise traps and scent-baited traps, as well as active sampling with entomological nets to capture bees while foraging on flowers. The scent baits were prepared using 70% ethanol and the following attractants: eucalyptol, vanilla, eugenol, methyl salicylate, and beta-ionone. A total of 41 bee species representing different levels of social organization and nine species of social wasps were identified in the sampling area. These insects have the potential to provide ecosystem services of considerable importance for the restoration of areas at different stages of disturbance. In studies of ecological succession and the restoration of degraded areas, insects are recognized as essential components for ecosystem maintenance due to their high diversity, sensitivity to environmental disturbances, and important ecological functions.

Key-words: biodiversity, conservation, bioindicators, ecosystem service.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	10
INTRODUÇÃO.....	11
OBJETIVO GERAL.....	12
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	12
CAPITULO 1: IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS NATIVAS PARA A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E SEGURANÇA ALIMENTAR.....	13
MATERIAL E MÉTODOS.....	18
ÁREA DE ESTUDO.....	18
AMOSTRAGEM.....	19
ANÁLISE DE DADOS.....	20
RESULTADOS.....	20
DISCUSSÃO.....	24
IMPLICAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO.....	25
PESQUISAS FUTURAS.....	26
LIMITAÇÕES METODOLÓGICAS.....	27
CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
CAPÍTULO II: LEVANTAMENTO EXPLORATÓRIO DE VESPAS SOCIAIS EM ÁREAS COM DIFERENTES CARACTERÍSTICAS VEGETACIONAIS AO LONGO DE UM CICLO ANUAL.....	34
RESUMO.....	34
INTRODUÇÃO.....	35
OBJETIVO.....	37
MATERIAL E MÉTODOS.....	37
AMOSTRAGEM E IDENTIFICAÇÃO DE VESPAS.....	38
RESULTADOS	39
DISCUSSÃO.....	40
CONCLUSÃO.....	42
AGRADECIMENTOS.....	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 – Imagem áreas de demonitoramento.....	19
Figura 2 – Esforço amostral por área monitorada.....	23
Figura 3 – Análise de coordenadas principais (PCOA) baseada na dissimilaridade de bray-curtis	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fitofisionomia da cobertura vegetal e riqueza de espécies por parcela amostrada	19
Tabela 2 - Distribuição de espécies de abelhas identificadas por área	20
Tabela 3 - Distribuição de espécies por tribo e família de abelhas identificadas por área	21
Tabela 4 - Riqueza e abundância de espécies por áreas de monitoramento ..	23
Tabela 5 - Comparação da composição da comunidade de abelhas entre as áreas avaliadas.....	23
Tabela 6 - Distribuição de vespas por área monitorada	42
Tabela 7 - Riqueza e abundância de vespas sociais por área monitorada.....	44

APRESENTAÇÃO

A substituição das florestas tropicais por diferentes usos da terra já reduziu metade da área originalmente coberta por florestas tropicais em todo o mundo (ASNER *et al.*, 2009). As ações antrópicas ao longo de décadas vêm sendo as responsáveis pela degradação ambiental e perda da biodiversidade.

No Brasil, a agricultura convencional e a pecuária têm modificado ecossistemas, com cerca de 200 milhões de hectares de áreas naturais convertidas para diferentes usos sendo que em mais da metade se registra alto grau de deflorestamento (EMBRAPA, 2019). Minas Gerais lidera o desmatamento da Mata Atlântica, com pecuária extensiva e manejo inadequado (ROCHA JUNIOR *et al.*, 2017).

Somando-se as mudanças climáticas e o uso indiscriminado de agroquímicos, esses se tornam os principais fatores de ameaça à conservação dos insetos de importância agrícola (SÁNCHEZ- BAYO; WYCKHUYS, 2019). Modelos convencionais do uso e ocupação do solo na agricultura e pecuária causam prejuízos socioambientais devido a agroquímicos e transgênicos, ao passo que , em sistemas agroecológicos, baseados na conservação da natureza, busca-se a preservação da fauna e flora locais (o máximo possível), usa-se bioinsumos e evitam insumos químicos nocivos (TILMAN *et al.*, 2002), sendo essenciais para mitigar impactos climáticos e manter serviços ecossistêmicos pela manutenção maior da cobertura vegetal natural.

Neste contexto, faz-se necessário metodologias que visem o uso técnicas de regeneração de áreas degradadas, consideradas benéficas ao meio ambiente, seja na agricultura e pecuária, de forma que os serviços ecossistêmicos sejam mantidos através das interações ecológicas naturais existentes entre a fauna silvestre local e sua flora relacionada, contribuindo para a redução da velocidade das mudanças climáticas, mitigando seus impactos sobre a agricultura e sociedade em geral.

A presente dissertação está estruturada e dois capítulos, no primeiro se analisa a fauna de abelhas nativas presentes em quatro áreas em diferentes estágios de sucessão de vegetação nativa, enquanto o segundo aborda do levantamento exploratório de vespas sociais em áreas com diferentes características vegetacionais ao longo de um ciclo anual.

Espera-se que este trabalho possa contribuir para a melhor compreensão da importância dos serviços ecossistêmicos realizados pela diversidade de espécies de insetos, especialmente daqueles da ordem Hymenoptera presentes em áreas naturais, como as vespas (Vespidae) e abelhas nativas (Anthophila), incentivando o uso de técnicas e metodologias que visem a conservação da biodiversidade presente na Mata Atlântica da Zona da Mata Mineira.

INTRODUÇÃO

Os insetos (Classe Insecta) formam o grupo de seres vivos mais diversos, com mais de 1.000.000 de espécies descritas, sendo amplamente distribuídos nos ambientes terrestres e de água doce e realizando uma ampla variedade de interações ecológicas (GULLAN & CRANSTON, 2017). Os insetos são exemplos de animais pecilotérmicos, que não conseguem manter a temperatura corpórea constante, sendo, portanto, suscetíveis a gradientes de temperatura (GULLAN & CRANSTON, 2017).

A redução da biodiversidade apresenta impacto direto no declínio e desaparecimento de insetos relacionados às atividades humanas, como a perda de habitat através do desmatamento, expansão e intensificação agrícola, industrialização e urbanização (SÁNCHEZ-BAYO; WYCKHUYS, 2019), especificamente quando nos referimos às espécies de abelhas, cujas populações são afetadas principalmente pela poluição, agrotóxicos e pelo desmatamento, uma vez que a quase totalidade das espécies dependem das plantas para fornecimento de recursos florais (alimentos: pólen, néctar e óleos), abrigo e outros recursos necessários à sua sobrevivência (ROSA *et al.* 2019).

A polinização, como um processo ecológico, é importante não somente para a reprodução de espécies de plantas sexuadas das angiospermas, mas também, para a produção de alimentos e a manutenção e conservação das redes de interações entre plantas e animais visitantes florais (GIRÃO *et al.*, 2007; LOPES *et al.*, 2009; COSTA, 2014). Embora as abelhas sem ferrão possam estar relacionadas às atividades econômicas bem estabelecidas, como produção de mel, cera e própolis, a grande importância desses organismos é o papel que desempenham nos processos ecossistêmicos em que estão envolvidas (IMPERATRIZ-FONSECA *et al.* 2004). No Brasil, um país que possui um clima predominantemente tropical, estudos afirmam que as abelhas sem ferrão possuem um papel central na polinização da flora nativa (PALAZUELOS BALLIVIÁN, 2008).

A família Vespidae tem sido reconhecida com sua diversidade dividida nas subfamílias: Stenogastrinae, Vespinae e Polistinae. A subfamília Polistinae é a única encontrada no Brasil com 26 gêneros e 361 espécies. As vespas, como são conhecidas popularmente, atuam como polinizadores (BERGAMO *et al.*, 2021), bioindicadores (URBINI *et al.*, 2006) e também como reguladores de outras populações de insetos devido à sua atividade predatória (PREZOTO *et al.*, 2019; MEDEIROS *et al.*, 2019). Nesse contexto, elas podem reduzir os danos causados às culturas por insetos fitófagos, bem como seus ovos, lagartas e outros insetos em suas fases imaturas e adultas de desenvolvimento como grilos, formigas, borboletas, cupins, percevejos, besouros e vários outros.

O controle biológico em produções agrícolas realizado por insetos como as vespas, trata-se de um serviço ecossistêmico natural, que ocorre por meio de interações tróficas, onde as espécies de seres vivos que habitam o mesmo ambiente, obtém a sua nutrição e fonte de energia através da cadeia alimentar de determinada comunidade, predando os indivíduos considerados como pragas agrícolas, que, por sua vez, torna-se objeto de controle e redução populacional quando em ataque a cultivares diversos,

lavouras de monoculturas e sistemas agroflorestais implantados em áreas em recuperação como a área em estudo.

Os ecossistemas naturais propiciam diversos benefícios para a sociedade, os quais são denominados de serviços ecossistêmicos (ANDRADE; ROMEIRO, 2009). A oferta de alimento, de água e de matéria-prima, a regulação de distúrbios ambientais, o equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos e do clima, a depuração do ambiente e a recreação pelo benefício do contato com a natureza são benefícios proporcionados pelos ecossistemas naturais a todos os organismos vivos encontrados nos ecossistemas (MMA, 2023). Contudo, para usufruir plenamente dos serviços ecossistêmicos é necessária a preservação da biodiversidade, que se encontra em grande ameaça na atualidade (ALMEIDA; VARGAS, 2017).

OBJETIVO GERAL

Comparar a diversidade de abelhas e vespas sociais associada a quatro ambientes amostrais com diferentes estágios de regeneração, registrando o impacto das alterações na cobertura vegetal do solo sobre a fauna desses hymenópteros. Assim, buscou-se analisar a influência do desflorestamento na composição das comunidades de abelhas e vespas sociais na área de estudo com uso de diferentes metodologias de coleta de insetos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Empregar diferentes tipos de armadilhas entomológicas para a coleta de vespas sociais e abelhas nos ambientes estudados;
- Identificar os insetos coletados até o nível de espécie.
- Analisar e comparar a abundância, riqueza e diversidade de abelhas e vespas sociais registrada nos quatro ambientes com fitofisionomias distintas.

CAPITULO 1: AS ABELHAS NATIVAS E A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE REGENERAÇÃO

Resumo

As abelhas (Hymenoptera, Anthophila) são os polinizadores mais importantes em ambientes naturais e manejados, desempenhando serviços ecossistêmicos essenciais para a reprodução vegetal e a produção agrícola. Contudo, a degradação da Mata Atlântica e a fragmentação florestal têm promovido uma simplificação biótica que compromete essas interações ecológicas. O presente estudo objetivou comparar a diversidade e a composição da comunidade de abelhas nativas em áreas com diferentes estágios de regeneração na Zona da Mata mineira. A pesquisa foi conduzida na fazenda experimental da Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco, MG, entre junho de 2024 e junho de 2025. Foram monitoradas quatro áreas: campo aberto (A1), fragmento florestal em estágio avançado (A2), área em regeneração inicial (A3) e mosaico misto (A4). A metodologia incluiu coletas passivas (armadilhas Malaise e iscas odoríferas) e ativas (redes entomológicas). Os resultados registraram um total de 41 espécies de abelhas. A Área 2 (estágio avançado) apresentou os maiores índices de biodiversidade, com riqueza de 36 espécies ($S=36$) e abundância de 715 indivíduos, enquanto a Área 1 (campo aberto) obteve os menores valores ($S=16$ e abundância de 141). A análise de PERMANOVA indicou que a composição das comunidades diferiu entre as áreas, exceto entre o fragmento maduro (A2) e a área de regeneração inicial (A3), sugerindo que a fauna de polinizadores pode responder rapidamente à recuperação do habitat. Conclui-se que a diversidade de abelhas é um indicador sensível e eficaz do estado de conservação e do estágio sucessional de um ecossistema. A manutenção de fragmentos em diferentes níveis de regeneração é crucial para a conservação da biodiversidade regional e para a garantia de serviços ecossistêmicos de polinização, fundamentais para a resiliência climática e a sustentabilidade agrícola.

Palavras-chave: Polinização; Mata Atlântica; Sucessão Ecológica; Bioindicadores; Conservação.

INTRODUÇÃO

As abelhas (Hymenoptera, Anthophila) apresentam ampla diversidade taxonômica e funcional, com sete famílias reconhecidas, das quais cinco (Andrenidae, Colletidae, Halictidae, Megachilidae e Apidae). Cada família exibe características morfológicas, comportamentais e ecológicas distintas: Andrenidae são especialistas e típicas de áreas secas; Colletidae destacam-se pelo brilho corporal peculiar; Halictidae apresentam brilho metálico e variabilidade nos níveis de sociabilidade; Megachilidae, conhecidas como abelhas cortadoras de folhas, constroem ninhos com fragmentos vegetais; e Apidae, a mais abundante e diversa em zonas tropicais, inclui as tribos Meliponini, Bombini e Euglossini, (MICHENER, 2007).

As abelhas são consideradas os polinizadores mais importantes tanto em ambientes naturais quanto manejados (polinizadores por excelência), devido à sua dependência alimentar das plantas desde a fase larval até a fase adulta, diferindo de outros animais que somente precisam de recursos florais em uma única fase da vida. A polinização se destaca entre os serviços ecossistêmicos realizados por animais, essencial para a reprodução de espécies vegetais e para a produção agrícola em todo o mundo (WOLOWSKI *et al.* 2019). Trata-se de uma interação ecológica expressivamente relevante para a agricultura e, conseqüentemente, para a produção de alimentos. Somente para a agricultura brasileira, no ano de 2018, o valor estimado do serviço dos polinizadores foi de R\$ 43 bilhões de reais (EMBRAPA, 2023).

Regiões com a presença de fragmentos florestais maiores e mais preservados podem disponibilizar maior abundância e diversidade de recursos essenciais para manter comunidades de insetos da ordem Hymenoptera, incluindo locais para a construção dos ninhos e fontes de alimento (ALMEIDA & VARGAS 2017).

Estudos desenvolvidos em formações florestais vêm indicando a importância das abelhas nativas, especialmente porque, em busca de recursos florais, as abelhas visitam um espectro diversificado de flores, transportando involuntariamente grãos de pólen por suas adaptações morfológicas de transporte e coleta, garantindo assim a reprodução das espécies vegetais (SILVEIRA *et al.* 2002). A depender da espécie, os insetos podem forragear nos estratos de bosque e sub-bosque de uma vegetação, pela exploração em

diferentes épocas do ano e serem consideradas em sua maioria de generalistas (MICHENER, 2007).

A riqueza de espécies de abelhas no mundo é de cerca de 21 mil espécies, distribuídas no globo terrestre (ASCHER & PRICKERING, 2019; MICHENER, 2007), sendo que o Brasil apresenta mais de 2 mil espécies já registradas pela ciência (CORDEIRO *et al.* 2026). As espécies de abelhas também diferem quanto aos graus de socialidade, que variam de abelha solitária a verdadeiramente social. No caso das solitárias, as fêmeas constroem seu ninho, revestindo suas células de cria e aprovisionando-as com alimento suficiente para o crescimento larval e, depois de ovipositar, a fêmea fecha a célula e constrói novas células e/ou novos ninhos, não permanecendo para ver o nascimento da prole, pois, normalmente a fêmea morre antes da emergência de seus descendentes, não havendo contato entre gerações.

Em espécies de abelhas de socialidade (parassocial), algumas fêmeas dividem o ninho e cada uma delas ovopositam, sendo que a cooperação e o contato entre as gerações podem ou não acontecer. Já as abelhas eussociais, as quais vivem em colônias permanentes com muitos indivíduos, ocorre a sobreposição de gerações, a ocorrência de castas bem definidas com divisão de trabalho e polietismo etário (divisão do trabalho a depender da idade das abelhas), onde as abelhas operárias trabalham para alimentar a abelha rainha e aprovisionar suas células de cria (MICHENER, 2007). A reprodução nas abelhas ocorre por partenogênese arrenótoca, onde as fêmeas são originadas de óvulos fecundados e os machos de óvulos não fecundados.

As abelhas sem ferrão (Meliponini), também denominadas abelhas indígenas devido à sua domesticação por populações nativas, possuem ferrão atrofiado, vestigial, perdendo a capacidade de ferroar, constroem ninhos em ocos de árvores, fendas rochosas ou subterrâneos, utilizando cerume (cera com resinas) e/ou geoprópolis (barro com resinas). Nessas abelhas, as operárias, embora geralmente inférteis, podem ovipositar ovos tróficos destinados à alimentação da rainha.

Diferente da percepção comum, a maioria das espécies de abelhas brasileiras não é eussocial, seguindo o padrão global de dominância de espécies solitárias ou de baixa organização social (BATRA, 1984; CORDEIRO *et al.* 2026).

A evolução de níveis de organização social e de colônias perenes em ambientes tropicais é favorecida por fatores ecológicos específicos como a disponibilidade de recursos florais durante maiores períodos pelas características tropicais do país, o que permite a manutenção de sociedades complexas. Indicadores ambientais como temperaturas relativamente estáveis reduzem o estresse térmico sobre as colônias e diversidade de interações onde a complexidade biótica promove a especialização e a evolução de comportamentos sociais (MORRONE *et al.* 2022).

A degradação dos ecossistemas naturais, exemplificada pela redução da Mata Atlântica a apenas 11,7% de sua cobertura original, promove uma simplificação biótica que compromete as interações fundamentais para o funcionamento ecológico ((DE PALMA *et al.* 2015; COUTINHO *et al.* 2018; BUCHHOLZ e EGERER 2020). No território brasileiro, essa problemática atinge de forma diferenciada as comunidades de abelhas, cujas respostas às pressões antrópicas variam conforme seu grau de sociabilidade e exigências de nidificação (AGUIRRE-GUTIÉRREZ *et al.* 2025; GONZALEZ-CHAVES *et al.* 2025; HARMON-THREATT 2020; TSCHANZ *et al.* 2025).

A preservação dessas espécies exige a compreensão de como a degradação do habitat afeta cada grupo. As abelhas eussociais, predominantemente nidificadoras acima do solo, dependem de cavidades protegidas em árvores ocas para estabelecer suas colônias (MOURE-OLIVEIRA *et al.* 2017; HARMON-THREATT, 2020). O desmatamento e a fragmentação florestal reduzem drasticamente a oferta desses sítios, especialmente porque árvores grandes e densas as que mais abrigam ninhos têm demonstrado uma taxa de adaptação mais lenta às crises climáticas atuais (MOURE-OLIVEIRA *et al.* 2017; HARMON-THREATT 2020).

A compreensão das características morfológicas e sociais das abelhas é um imperativo acadêmico e prático, pois tais traços definem como esses organismos interagem com o ambiente e contribuem para o ecossistema. A perda de diversidade, seja de abelhas solitárias ou coloniais, desestabiliza os processos ecológicos intermediários, que são os mecanismos pelos quais as transformações humanas se propagam nos sistemas naturais.

Portanto, a compreensão de hábitos e necessidades das diferentes espécies de abelhas brasileiras permite que, as estratégias de conservação devem ir além da proteção de espécies carismáticas eussociais, abrangendo a manutenção da integridade do solo e

das florestas para garantir a sobrevivência de todo grupo de polinizadores, essencial para a resiliência climática e a provisão de serviços ecossistêmicos globais.

Estudos recentes têm demonstrado que a taxa de adaptação das florestas tropicais para enfrentar a crise climática tem sido mais lenta do que o necessário e que árvores grandes e densas (que tipicamente abrigam a maioria dos ninhos de abelhas no Brasil) são as mais afetadas (AGUIRRE-GUTIÉRREZ *et al*; GONZALEZ-CHAVES *et al*, 2025). De forma semelhante, as abelhas que constroem ninhos no subsolo também podem ser afetadas negativamente pela perda de habitat, principalmente devido à urbanização e à agricultura intensiva, que reduzem a disponibilidade de solo exposto e não perturbado necessário para a nidificação (HARMON-THREATT 2020; TSCHANZ *et al*. 2025).

Para a conservação da fauna de abelhas tanto em áreas naturais quanto em ecossistemas, os inventários de espécies constituem uma ferramenta importante para o conhecimento da apifauna, permitindo o conhecimento das dinâmicas das interações entre as abelhas e os fragmentos florestais onde ocorrem. Nesse sentido, compreender como a diversidade de abelhas nativas se comporta em fragmentos florestais da Zona da Mata mineira em diferentes estágios de recuperação florestal, especialmente em áreas particulares preservadas, constitui-se no primeiro passo para ações mais efetivas de conservação da biodiversidade regional.

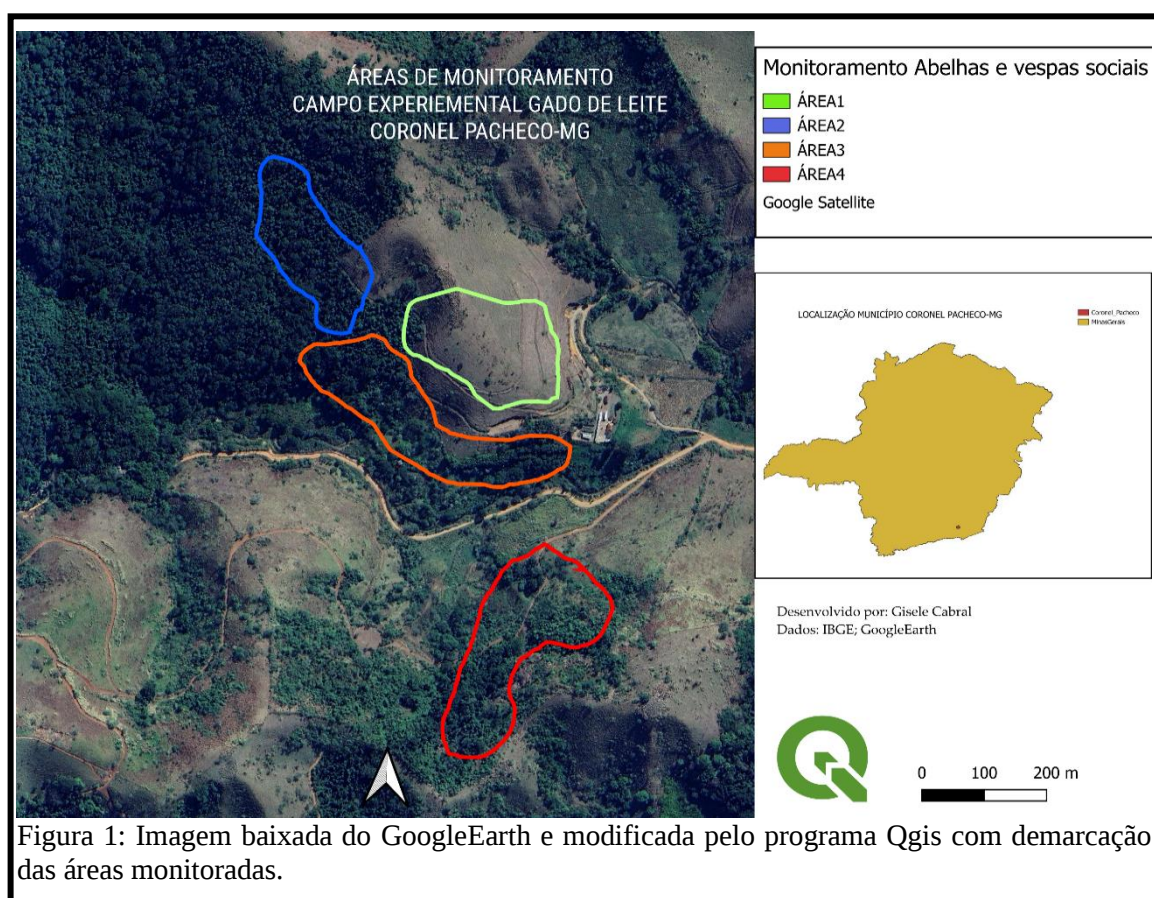
Desta forma, um questionamento científico importante a ser respondido seria “como a diversidade de abelhas se comporta em áreas com níveis diferentes de regeneração florestal de uma mesma região. Partindo-se da hipótese inicial de que áreas mais preservadas apresentam uma maior riqueza relativa de espécies, o presente artigo teve como objetivo principal realizar o inventário da apifauna de abelhas em diferentes áreas de Coronel Pacheco, Minas Gerais, no Sudeste do Brasil, com uso de diferentes metodologias de coleta de insetos, comparando a riqueza de espécies em quatro ambientes amostrais com diferentes estágios de regeneração, registrando o impacto das alterações na cobertura vegetal do solo sobre a fauna de abelhas local.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em fragmentos florestais e áreas de pastagens localizados na área que compõe a fazenda experimental José Henrique Bruschi da Embrapa Gado

de Leite, localizada no município de Coronel Pacheco, Minas Gerais, no Sudeste do Brasil (21°35' S, 43°15' W), com início em junho de 2024 e finalização em junho de 2025. A área estudada possui fragmentos florestais em diferentes estágios sucessionais, gramíneas e arbustos. A região possui relevo característico, com áreas planas, de encosta e meia encosta. De acordo com a classificação de (KÖPPEN, 1948), o clima da região é do tipo Cwa mesotérmico. O mês mais quente do ano é janeiro, com temperatura média de 24,9 °C, e o mês mais frio é junho, com 18,1 °C. De maio a outubro ocorre o período seco e o chuvoso, de novembro a abril e precipitação média dos últimos 11 anos de 1.297mm, com altitude média de 414m.



A vegetação predominante na área de estudo compreende pastagens com fragmentos de florestas estacionais semidecíduas em estágio intermediário de sucessão e que são descritas por vegetação secundária ou em regeneração, aquela oriunda de processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação primária devido a ações antrópicas ou causas naturais (BRASIL, 1993) bem como a simples falta de uso da terra.

Tabela 1: Distribuição de espécies de abelhas por área e a caracterização fitofisiológica de cada parcela amostrada na fazenda experimental José Henrique Bruschi da Embrapa

Gado de Leite, localizada no município de Coronel Pacheco, Minas Gerais, Sudeste do Brasil (21°35' S, 43°15' W), coletadas no período de junho de 2024 a junho de 2025.

Tabela 1: Fitofisionomia da cobertura vegetal e riqueza de espécies por parcela amostrada

Área amostral	Fitofisionomia	S
Área 1	Campo aberto- Predominância de gramíneas e arbustos	16
Área 2	Área de preservação em estágio avançado de regeneração	36
Área 3	Vegetação nativa em estágio inicial de regeneração	28
Área 4	Mosaico de gramíneas e núcleos de vegetação nativa em regeneração	18

Fonte: Desenvolvida pela própria autora.

AMOSTRAGEM

A metodologia de coleta envolveu o uso de diferentes tipos de armadilhas (coleta passiva) e de coleta ativa com uso de redes entomológicas. No caso das armadilhas malaise, conforme proposto por Silveira (2002), utilizada para coletar os insetos alados por interceptação de voo, em cada área amostrada, foram realizadas seis coletas, totalizando 24 eventos amostrais. Como metodologia passiva adicional foram instaladas 10 iscas odoríferas confeccionadas com garrafas PET e algodão embebido em essências de Baunilha, Eucaliptol, Acetato de Metila, Eugenol e Beta Ianona disponibilizadas em campo por área a cada 20 metros de distância uma da outra, e com altura mínima 1,50m em relação ao solo, com as iscas recolhidas e trocadas a cada 15 dias. Ou seja, as armadilhas foram trocadas de local a cada 15 dias dentro da área amostral, com as coletas realizadas durante 3 meses.

Como técnica ativa, foram feitas capturas das abelhas com rede entomológica em forrageamentos nas flores em períodos de florações e inflorescências de espécies de vegetação nativa.

Os insetos capturados foram removidos adas armadilhas ou redes entomológicas nos dias de coletas e levados para o Laboratório de Ecologia Comportamental da Universidade Federal de Juiz de Fora (LABEC) para preparação para identificação:

montagem em alfinetes entomológicos e inclusão das etiquetas com as informações do ponto de amostragem e metodologia de coleta.

ANÁLISE DE DADOS

Todas as análises foram efetuadas no programa R (R CORE TEAM, 2026). Foram calculadas, por área, a abundância e riqueza, permitindo a constatação de que apresentam maiores valores para essas métricas ecológicas. Para avaliar o esforço amostral das quatro áreas monitoradas, foi realizada a análise de rarefação, com base na riqueza e através do pacote “iNEXT” (HSIEH *et al.*, 2025). A saída gráfica foi gerada com auxílio do pacote “ggplot2” (WICKHAM, 2016). PERMANOVA foi utilizado para comparar a composição entre as áreas, sendo aplicado o PERMDISP anteriormente por meio do pacote “vegan” (OKSANEN *et al.*, 2025). A comparação par a par foi efetuada por meio do pacote “pairwiseAdonis” (ARBIZU, 2017).

RESULTADOS

Foram registradas 41 espécies de abelhas considerando as quatro áreas de monitoramento. A área 01, por se constituído em um campo aberto, apresentou menor riqueza específica de espécies de abelhas com total de 16 ($S = 16$) por ser caracterizada por menor riqueza de espécies vegetais e maior predominância de gramíneas. No caso da área 02, por se tratar de uma área de preservação permanente com mais de 70 anos de existência, esta apresentou maior riqueza ($S = 36$), incluindo também o efeito de borda uma vez que as coletas foram realizadas em transecto partindo da borda até 1km adentrando o fragmento. A área 3, caracterizada por estar na parte baixa do fragmento florestal de preservação permanente e área de pastagem e presença de núcleos de vegetação em estágio inicial, apresentou riqueza de espécies intermediária ($S = 28$). A área 04, por sua vez, por corresponder a um mosaico misto de paisagens, com a presença de área de pastagem e pequenos núcleos de vegetação nativa em estágio inicial apresentou a segunda menor riqueza ($S = 18$), sendo esta área caracteriza por ser um fragmento florestal em estágio secundário de evolução (Tabela 2).

Tabela 2: Espécies de abelhas identificadas por área amostrada na fazenda experimental José Henrique Bruschi da Embrapa Gado de Leite, localizada no município de Coronel Pacheco, Minas Gerais, Sudeste do Brasil (21°35' S, 43°15' W), coletadas no período de junho de 2024 a junho de 2025.

Família	Tribo	Espécie	A1 Campo aberto	A2 Frag. florestal	A3 Regen. inicial	A4 Mosaico misto
Andrenidae	Oxaeini	1 <i>Oxaea flavescens</i> Klug, 1807		X		X
	Apini	2 <i>Apis mellifera</i> (abelha africanizada exótica)	X	X	X	X
	Bombini	3 <i>Bombus</i> (<i>Fervidobombus</i>) <i>morio</i> (Swederus, 1787)	X	X	X	
		4 <i>Eufriesea violacea</i> (Blanchard, 1840)		X	X	
		5 <i>Euglossa</i> (<i>Euglossa</i>) <i>hansonii</i> Moure, 1965		X	X	X
		6 <i>Euglossa</i> (<i>Euglossa</i>) <i>townsendi</i> Cockerell, 1904		X	X	X
		7 <i>Euglossa</i> (<i>Euglossa</i>) <i>modestior</i> Dressler, 1982		X	X	X
		8 <i>Euglossa</i> (<i>Glossura</i>) <i>annectans</i> Dressler, 1982		X	X	X
	Euglossini	9 <i>Euglossa</i> (<i>Glossurella</i>) <i>crassipunctata</i> Moure, 1968		X	X	X
		10 <i>Eulaema</i> (<i>Apeulaema</i>) <i>cingulata</i> (Fabricius, 1804)		X	X	X
		11 <i>Eulaema</i> (<i>Apeulaema</i>) <i>nigrita</i> Lepeletier, 1841		X	X	X
		12 <i>Exaerete</i> (<i>Hybomelissa</i>) <i>smaragdina</i> (Guérin, 1844)		X		X
	Emphorini	13 <i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius, 1804)		X		X
		14 <i>Melissoptila</i> sp.			X	
	Eucerini	15 <i>Thygater</i> (<i>Thygater</i>) <i>anae</i> Urban, 1999		X		
		16 <i>Thygater</i> (<i>Thygater</i>) <i>analisis</i> (Lepeletier, 1841)		X		X
		17 <i>Thygater</i> (<i>Thygater</i>) <i>palliventris</i> (Friese, 1908)		X		X
		18 <i>Trichocerapis mirabilis</i> (Smith, 1865)		X		
	Exomalopsini	19 <i>Exomalopsis</i> sp.			X	
		20 <i>Melipona</i> (<i>Melipona</i>) <i>quadrifasciata</i> <i>quadrifasciata</i> Lepeletier, 1836				X
		21 <i>Oxytrigona cagafogo</i> (Müller, 1874)	X	X	X	X
	Meliponini	22 <i>Partamona</i> (<i>Partamona</i>) <i>criptica</i> Pedro & Camargo, 2003		X		X
		23 <i>Partamona</i> (<i>Partamona</i>) sp.	X	X	X	
		24 <i>Plebeia</i> (<i>Plebeia</i>) <i>droryana</i> (Friese, 1900)	X	X	X	X
		25 <i>Scaptotrigona</i> (<i>Scaptotrigona</i>) <i>xanthotricha</i> Moure, 1950		X		
		26 <i>Schwarziana</i> (<i>Schwarziana</i>) <i>quadripunctata</i> (Lepeletier, 1836)		X		X

Apidae	Meliponini	27	<i>Trigona (Trigona) spinipes</i> (Fabricius, 1793)		X	X	X
		28	<i>Tetragona (Tetragona) clavipes</i> (Fabricius, 1804)	X	X		X
		29	<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)	X	X	X	X
		30	<i>Arhysoceble</i> sp.		X		
	Tapinotaspidini	31	<i>Paratetrapedia</i> sp.		X		
		32	<i>Tapinotaspoides</i> sp.		X	X	
		33	<i>Tetrapedia diversipes</i> Klug, 1810	X	X	X	X
		34	<i>Ptiloglossa</i> sp.		X		
Colletidae	Hylaeini	35	<i>Hylaeus (Hylaeopsis)</i> sp.			X	X
		36	<i>Augochloropsis</i> sp.		X		
Halictidae	Augochlorini	37	<i>Augochlora</i> sp.		X		
		38	<i>Megalopta amoena</i> (Spinola, 1853)		X		
		39	<i>Megalopta</i> aff. <i>guimaraesi</i> Santos & Silveira, 2009			X	X
Megachilidae	Anthidiini	40	<i>Megalopta</i> sp.				X
		41	<i>Anthidium latum</i> Schrottky, 1902				X

Fonte: Levantamento realizado no presente trabalho (dados originais).

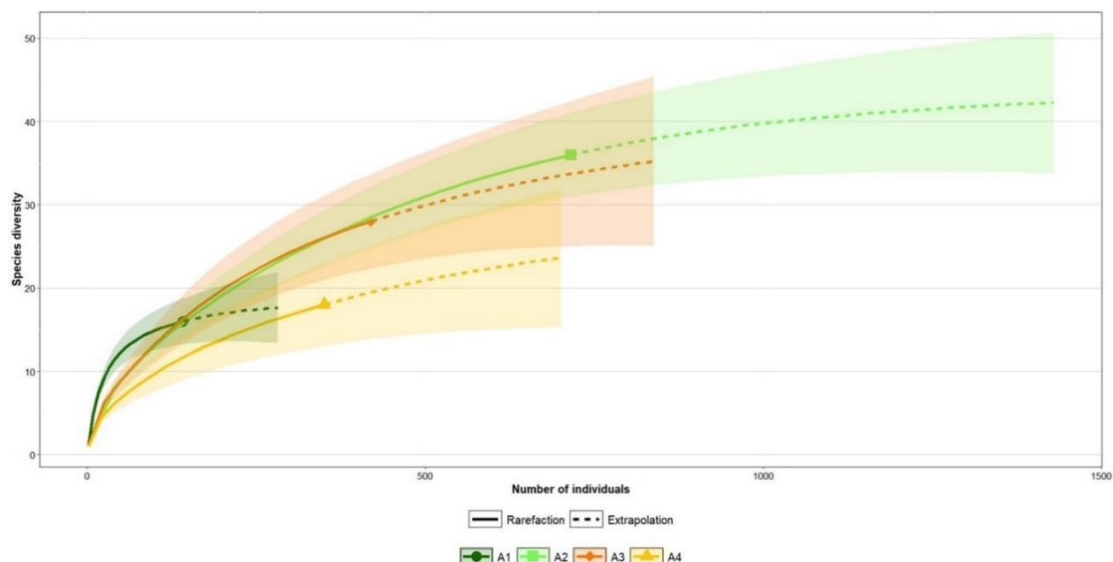
A área 2 apresentou maiores valores para ambas as métricas ecológicas, riqueza e abundância, seguida pela área 3 e área 4 (Tabela 3).

Tabela 3: Riqueza e abundância de espécies por área amostrada na fazenda experimental José Henrique Bruschi da Embrapa Gado de Leite, localizada no município de Coronel Pacheco, Minas Gerais, Sudeste do Brasil (21°35' S, 43°15' W), coletadas no período de junho de 2024 a junho de 2025.

	A 1	A 2	A 3	A 4
Riqueza (S)	16	36	28	18
Abundância	141	715	419	350

Fonte: Levantamento realizado no presente trabalho (dados originais).

Figura 2: Esforço amostral por área amostrada na fazenda experimental José Henrique Bruschi da Embrapa Gado de Leite, localizada no município de Coronel Pacheco, Minas Gerais, Sudeste do Brasil (21°35' S, 43°15' W), coletadas no período de junho de 2024 a junho de 2025.



Fonte: Imagem desenvolvida através de dados coletados durante a amostragem pelo programa R

A análise de rarefação demonstrou que o esforço amostral adotado nas áreas avaliadas foi menor do que o necessário para alcançar a estabilidade das comunidades de espécies identificadas, embora apresente valores próximos (Figura 2). Isso significa que novas amostragens na área poderão aumentar os índices de diversidade locais.

A composição entre as áreas foi distinta, conforme demonstrado pelo PEMANOVA ($F=14,471$; $p=0,001$). Quando analisamos a comparação par a par podemos verificar que apenas as áreas 2 e 3 não foram diferentes entre si (Tabela 2).

Tabela 5: Comparação da composição da comunidade entre as áreas avaliadas na fazenda experimental José Henrique Bruschi da Embrapa Gado de Leite, localizada no município de Coronel Pacheco, Minas Gerais, Sudeste do Brasil ($21^{\circ}35' S$, $43^{\circ}15' W$), coletadas no período de junho de 2024 a junho de 2025.

	F	p
A1 X A2	18,5369	0,018
A1 X A3	13,8922	0,030
A1 X A4	24,1567	0,024
A2 X A3	4,1232	0,078
A2 X A4	9,2503	0,018
A3 X A4	4,7479	0,012

Fonte: Desenvolvida pela própria autora.

DISCUSSÃO

Os dados analisados entre a composição, riqueza e esforço amostral das espécies de abelhas identificadas na pesquisa, apontam a importância da manutenção de fragmentos florestais em diferentes estágios sucessionais para a conservação de abelhas em fragmentos florestais da Zona da Mata de Minas Gerais. A similaridade entre a área de regeneração inicial (A3) e o fragmento florestal com maior estágio de regeneração (A2) apresenta a importância para projetos de restauração, mostrando que a fauna de polinizadores pode responder rapidamente à recuperação do habitat, garantindo serviços ecossistêmicos essenciais para a produtividade agrícola e a manutenção da flora nativa.

Como apresentado, espécies de abelhas possuem características fisiológicas distintas, bem como níveis de sociabilidade. O que influencia no desempenho de forrageamento, bem como na execução de serviços ecossistêmicos essenciais como a polinização realizada pela grande diversidade de abelhas presentes na fauna brasileira. Visto que, como mostrado as necessidades de nidificação e recursos, cerca de 48% das espécies brasileiras utilizam o subsolo, tornando-as vulneráveis a desflorestamento e fragmentação florestal. Do total de espécies nativas do Brasil, 1114 (54,1%) pertencem à família Apidae, 350 (16,9%) à Megachilidae, 347 (16,8%) à Halictidae, 133 (6,4%) à Colletidae e 122 (5,9%) à Andrenidae (CORDEIRO *et.al*, 2026).

A maioria das espécies de abelhas no Brasil (1.752 espécies, 85%) não é eussocial, enquanto as eussociais representam 15% (309 espécies) do total. Dentro da categoria não eussocial, a maioria das espécies é solitária (55,5%) ou exibe algum nível de socialidade (comunal ou semissocial, 30,9%). Por outro lado, as espécies solitárias, que representam uma parcela significativa das famílias Megachilidae (52%) e Apidae (47%), exibem uma dependência maior da nidificação subterrânea. Cerca de 48% das espécies brasileiras utilizam o subsolo, tornando-as vulneráveis a desflorestamento e fragmentação florestal.

Nas áreas amostrais a diversidade de famílias de abelhas teve como percentual de Apidae 78,1% (32 espécies), Megachilidae 2,4% (1 espécie), Halictidae 12,2% (5 espécies), Colletidae 4,9% (2 espécies) e Andrenidae 2,4% (1 espécie). No qual a diversidade de famílias dentro dessas tribos, possuem grande variabilidade de comportamentos de nidificação. O que apresenta a necessidade de preservação de espécies de abelhas distintas. Um fator fundamental para a regeneração de áreas em diferentes estágios de regeneração, bem como a sua contribuição para o funcionamento do ecossistema (WILLIAMS *et al.* 2010), que poderá aprimorar a previsão dos serviços de polinização e apoiar o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis.

IMPLICAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO

Os resultados destacam a importância de recuperação de áreas degradadas, bem como manter a conectividade entre fragmentos florestais e áreas adjacentes para a conservação de abelhas nativas, que atuam como polinizadoras. A sazonalidade climática e a estrutura da diversidade vegetal devem ser consideradas em planos de manejo, especialmente em regiões sujeitas a secas prolongadas. Estudos futuros poderiam investigar a relação entre a complexidade estrutural da vegetação e a abundância de recursos, além de monitorar a dinâmica populacional em escalas temporais mais amplas para avaliar os efeitos de mudanças climáticas.

A valorização de habitats em regeneração demonstra que os resultados que mesmo fragmentos florestais em estágio intermediário de sucessão (secundários) são capazes de sustentar uma comunidade diversificada de vespas sociais. Isso reforça a importância crítica de conservar e restaurar áreas degradadas, e não apenas florestas primárias, pois elas funcionam como refúgios e corredores ecológicos para a fauna.

Visto que, o manejo da paisagem para conectividade demonstra a maior riqueza encontrada na área de borda de um fragmento mais maduro (Área 02) evidencia a importância da heterogeneidade da paisagem. Estratégias de conservação devem priorizar a conectividade entre fragmentos e a criação de matas ciliares e corredores biodiversos, que permitam o fluxo de espécies entre habitats. Isso é vital para manter a diversidade genética e a resiliência das populações.

O uso de abelhas como ferramenta de monitoramento como dessa comunidade, particularmente a presença e abundância espécies de diferentes tribos, pode ser usada como um indicador biológico de baixo custo e eficaz para monitorar o progresso de projetos de restauração ecológica. Um aumento na riqueza e diversidade dessas abelhas pode sinalizar uma recuperação bem-sucedida do ecossistema.

A promoção de Serviços ecossistêmicos como a conservação das abelhas é diretamente benéfica para o ser humano. Os polinizadores, com destaque para as abelhas (Hymenoptera: Apoidea), desempenham um papel fundamental na provisão de Serviços Ecossistêmicos, atuando como vetores críticos para a manutenção da biodiversidade e do funcionamento dos ecossistemas.

PESQUISAS FUTURAS

O uso da investigação de micro-habitats e recursos tem como função estudos mais detalhados são necessários para entender exatamente quais recursos vegetais específicos (espécies de plantas que fornecem néctar, presas ou locais para nidificação) são mais importantes para a comunidade de abelhas. Isso permitiria o plantio direcionado em projetos de restauração.

Metodologias Complementares podem incorporar outras técnicas de amostragem para superar as limitações das armadilhas odoríferas, como:

Falar sobre o número de indivíduos capturados pelas armadilhas odoríferas (danos ambiental/impacto negativo). Busca ativa por ninhos para entender preferências de nidificação e estimar o tamanho real das colônias. Além de estudos com análises genéticas com objetivo de investigar o fluxo gênico entre populações em fragmentos isolados e avaliar a saúde genética das espécies.

A abordagem funcional tem grande significância por mostrar importância de ir além da taxonomia e investigar a diversidade funcional das abelhas. Como diferentes espécies (de diferentes tamanhos, hábitos de forrageamento) respondem à regeneração? Isso daria uma visão mais clara sobre a recuperação das funções do ecossistema, e não apenas da composição de espécies.

Em resumo, este trabalho não apenas fornece um importante levantamento base, mas também abre um leque de possibilidades para pesquisas futuras que podem aprofundar significativamente o nosso entendimento sobre a ecologia da restauração e o uso de insetos como ferramenta para a conservação e agricultura sustentável.

LIMITAÇÕES METODOLÓGICAS

A utilização de armadilhas Malaise, embora eficiente para captura de insetos alados, pode subestimar a diversidade de espécies com hábitos mais crípticos ou de voo baixo. Além disso, a identificação por morfoespécies, apesar de válida por comparação

com coleções de referência, pode não detectar variações genéticas incompreensíveis. A inclusão de métodos complementares, como amostragem ativa em ninhos, poderia enriquecer a análise.

CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo central comparar a diversidade de abelhas nativas em ambientes com diferentes estágios de regeneração na Mata Atlântica mineira, avaliando a sobre a dinâmica deste grupo. Os resultados obtidos confirmam a premissa inicial de que a diversidade entomológica é um indicador sensível e eficaz do estado de conservação e do estágio sucessional de um ecossistema.

O estudo demonstrou de forma clara que a riqueza e a composição da comunidade de abelhas nativas sociais variam significativamente entre os ambientes analisados. A área com características de fragmento florestal em estágio mais avançado de sucessão incluindo sua borda (Área 02) apresentou a maior riqueza de espécies ($S=36$), contrastando com a menor riqueza encontrada na área de pastagem com predominância de gramíneas (Área 01, $S=16$). Este gradiente de diversidade está intrinsecamente ligado à maior complexidade estrutural da vegetação, que fornece recursos críticos como locais para nidificação, maior disponibilidade de presas (artrópodes) e fontes de néctar, corroborando a literatura que destaca a heterogeneidade ambiental como um driver fundamental para a biodiversidade de insetos.

A sazonalidade também se mostrou um fator determinante, com maior abundância e diversidade de abelhas registradas no período chuvoso. Este padrão está alinhado com a dinâmica ecológica de climas tropicais, onde a estação chuvosa propicia uma explosão de recursos alimentares e condições microclimáticas ideais para a atividade de forrageamento e reprodução das colônias.

Em última análise, os resultados deste trabalho reforçam o papel das abelhas como bioindicadores valiosos da qualidade ambiental e do sucesso de processos de restauração ambiental. A presença de uma comunidade diversificada desses insetos sinaliza a recuperação de funções ecossistêmicas essenciais, notadamente o controle biológico natural de pragas e a polinização. Portanto, a conservação e a criação de habitats favoráveis para estes organismos não é apenas uma estratégia de preservação da

biodiversidade de abelhas em si, mas também um investimento em serviços ecossistêmicos que beneficiam diretamente a agricultura regional, apoiando a transição para sistemas agroecológicos mais sustentáveis e resilientes, beneficiando toda a fauna e flora relacionada.

A ampliação da escala temporal visa repetir o estudo ao longo de múltiplos anos para capturar a variação interanual e entender os efeitos de eventos climáticos extremos (ex.: secas prolongadas, chuvas intensas) sobre a dinâmica populacional das abelhas. Isso é crucial em um contexto de mudanças climáticas.

A adoção de metodologias complementares, como a amostragem direta de ninhos e análises genéticas, poderia aprofundar a compreensão sobre a estrutura populacional e o fluxo gênico entre fragmentos. Por fim, os dados gerados constituem uma linha de base fundamental para futuros programas de bioindicadores da qualidade ambiental na Zona da Mata mineira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE-GUTIÉRREZ J, Díaz S, Rifai SW, Corral-Rivas JJ, Nava-Miranda MG, González-M R, Malhi Y et al (2025a) As florestas tropicais nas Américas estão a mudar demasiado lentamente para acompanhar as alterações climáticas. *Ciência* 387:eadl5414.

AGUIRRE-GUTIÉRREZ J, Rifai SW, Deng X, Ter Steege H, Thomson E, Corral-Rivas JJ, Malhi Y et al (2025b) Variação da característica funcional do dossel nas florestas tropicais da Terra. *Natureza*.

ALMEIDA, S. S. P.; LOUZADA, J. N. C. Community structure of Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) in Brazilian savannah phytophysiognomies and its importance for conservation. *Neotropical Entomology*. v. 38, n. 1, p. 32- 43, 2009.

- ALI, H.; KHAN, E. What are heavy metals Long-standing controversy over the scientific use of the term ‘heavy metals’ – proposal of a comprehensive definition. *Toxicological & Environmental Chemistry*, v. 101, n. 1-2, p. 6–19, 2019.
- ALROY, J. Effects of habitat disturbance on tropical forest biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 114, n. 23, p. 6056–6061, 2017.
- ANDRADE, Daniel Caixeta; ROMEIRO, Ademar RIBEIRO. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. Texto para discussão. IE/UNICAMP, v. 155, p. 1-43, 2009.
- ASNER, P. G; RUDEL, K. T; AIDE, T. M; DE FRIES, R.; EMERSON, R. A contemporary assessment of change in humid tropical forests. *Conservation Biology*, 23: 1386-1395. 2009.4
- BARLOW, J. et al. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature*. v. 7, n. 535 (7610), p. 144-7, 2016.
- BIESMEIJER JC, Slaa EJ (2006) A estrutura das assembleias de abelhas eussociais no Brasil. *Apidologia* 37:240–258.
- BRASIL. Resolução CONAMA 10, de 3 de novembro de 1993. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: Acesso em: 1 Nov. 2018.
- BROWN JC, De Oliveira ML (2014) O impacto da colonização agrícola e do desmatamento na composição e riqueza de abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponini) em Rondônia, Brasil. *Apidologie* 45:172–188.
- BUCHHOLZ S, Egerer MH (2020) Ecologia funcional de abelhas selvagens em cidades: rumo a uma melhor compreensão das relações entre características e urbanização. *Biodivers Conserv* 29(9):2779–2801.
- CAITANO, Bianca et al. Edge effects on insects depend on life history traits: a global metaanalysis. *Journal of Insect Conservation*, v. 24, n. 2, p. 233-240, 2020.
- CAMPBELL AJ, Lichtenberg EM, Carnevali LG, Menezes C, Borges RC, Coelho BWT, Freitas MAB, Giannini TC, Leão KL, Oliveira FF, Silva TSF, Maués MM (2022) A alta diversidade funcional das abelhas protege os serviços de polinização de culturas contra o desmatamento da Amazônia. *Ecossistema Agrícola Ambiente* 326:107777.

COUTINHO JGE, Garibaldi LA, Viana BF (2018) A influência da escala local e da paisagem em características de resposta única em abelhas: uma meta-análise. *Agric Ecosyst Environ* 256:61–73.

CORDEIRO, GD, Giannini, TC, Consorte, PM *et al.* Diversidade funcional das abelhas brasileiras: revelando os padrões únicos dos Neotrópicos. *Oecologia* **208**, 5 (2026). <https://doi.org/10.1007/s00442-025-05828-8>

DA ROSA, Joatan MACHADO et al. Desaparecimento de abelhas polinizadoras nos sistemas naturais e agrícolas: Existe uma explicação? *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 18, n. 1, p. 154-162, 2019.

DE PALMA A, Kuhlmann M, Roberts SPM, Potts SG, Börger L, Hudson LN, Lysenko I, Newbold T, Purvis A (2015) Características ecológicas afetam a sensibilidade das abelhas às pressões do uso da terra em paisagens agrícolas europeias. *J Appl Ecol* 52:1567–1577.

ELIZALDE L, Arbetman M, Arnan X, Eggleton P, Leal IR, Lescano MN, Saez A, Werenkraut V, Pirk GI (2020) Os serviços ecossistêmicos prestados por insetos sociais: características, ferramentas de manejo e lacunas de conhecimento. *Biol Rev* 95:1418–1441.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Relatório aponta a importância da polinização para a agricultura brasileira, 2023.

GIRÃO, Luciana Coe; LOPES, Ariadna Valentina; TABARELLI, Marcelo, BRUNA, M. Emilio. Changes in Tree Reproductive Traits reduce Functional Diversity in a Fragmented Atlantic Forest Landscape. *Plos One*;2(9):e908, 2007.

GONZÁLEZ-CHAVES A, Borges RC, Andrino CO, Barbosa-Silva RG, Madureira Maia U, Giannini TC (2025) Características das árvores são um preditor mais forte de características das abelhas e riqueza de espécies do que a diversidade taxonômica. *Funct Ecol* 39:281–292.

GRAB, H.; POVEDA, K.; DANFORTH, B.; LOEB, G. Landscape context shifts the balance of costs and benefits from wildflower borders on multiple ecosystem services. *Proceedings of the Royal Society*, v. 285, p. 1-9, 2018.

GRÜTER C (2020) Abelhas sem ferrão: seu comportamento, ecologia e evolução. Springer, Suíça.

- GRÜTER C, Hayes L (2022) A sociabilidade é um fator chave na determinação das áreas de forrageamento em abelhas. *Curr Biol* 32:5390–5397.
- HADDAD, N. M. et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, v. 1, n. 2, p. 1-9, 2015.
- HARMON-THREATT A (2020) Influência das características de nidificação na saúde das comunidades de abelhas selvagens. *Annu Rev Entomol* 65:39–56.
- H. WICKHAM. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 2016.
- IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lúcia. Polinização: os desafios de um Brasil biodiverso para o uso dos serviços ambientais prestados pelas abelhas. *Segunda Semana dos polinizadores*, p. 49-59, 2010.
- KÖPPEN, W. *Climatologia com un estudio de los climas de la tierra*. México, DF: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.
- LAURANCE, W. F. Emerging Threats to Tropical Forests 1, 2. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, v. 100, n. 3, p. 159–169, 2015.
- LICHTENBERG EM, Mendenhall CD, Brosi B (2017) Características de forrageamento modulam a desestruturação da comunidade de abelhas sem ferrão sob perda florestal. *J Anim Ecol* 86:1404–1416.
- MCGILL BJ, Enquist BJ, Weiher E, Westoby M (2006) Reconstruindo a ecologia de comunidades a partir de características funcionais. *Trends Ecol Evol* 21:178–185.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. *Serviços Ecossistêmicos*.
- MARTELLO, F.; ANDRIOLLI, F.; SOUZA, T. B.; DODONOV, P.; RIBEIRO, M.C. Edge and land use effects on dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in Brazilian cerrado vegetation. *Journal of Insect Conservation*, v. 20, n. 6, p. 957-970, 2016.
- MEDEIROS, H. R. et al. Social wasps as biological control agents. *Journal of Applied Entomology*, v. 143, p. 1–10, 2019.
- MICHENER, Charles D. Comportamento social comparativo de abelhas. *Annual review of entomology* , v. 14, n. 1, p. 299-342, 1969.
- MICHENER, Charles D. Biogeography oh the bees. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 66: 277-347, 1979.

- MICHENER, Charles D. The Bees of the World. Baltimore, The Johns Hopkins, 2007.
- MORRONE JJ, Escalante T, Rodríguez-Tapia G, Carmona A, Arana M, Mercado-Gómez JD (2022) Regionalização biogeográfica da região Neotropical: novo mapa e shapefile. *An Acad Bras Cienc* 94:e20211167.
- MOURE, J, S. Revisão sistemática de abelhas. Editora: CRIA. FINEP. UFPR, 2022.
- MOURE JS, Urban D, Melo GAR (2023) Catálogo de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) na região Neotropical. <http://moure.cria.org.br> . Acessado em 11 de agosto de 2025.
- NEWBOLD, T. et al. Climate and land-use change homogenise terrestrial biodiversity, with consequences for ecosystem functioning and human well-being. *Emerging Topics in Life Sciences*, v. 3, n. 2, p. 207-219, 2019.
- OKSANEN J, et al. (2025). *_vegan: Community Ecology Package_*.doi:10.32614
- PALAZUELOS BALLIVIAN, José Manuel. Abelhas nativas sem ferrão - Mýg. São Leopoldo, Oikos, 2008.
- PREVEDELLO, J.A. et al. Rethinking edge effects: the unaccounted role of geometric constraints. *Ecography*, v. 36, n. 3, p. 287-299, 2013.
- PÜTTKER, T. et al. Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: A cross-taxa analysis of forest-dependent species. *Biological Conservation*, v. 241, p. 108368, 2020.
- RIES, L. et al. Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability explained. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 35, p. 491-522, 2004.
- ROCHA JUNIOR, P. R.; ANDRADE, F. V.; MENDONÇA, E. S.; DONAGEMMA, G. K.; FERNANDES, R. B. A.; BHATTARAI, R.; KALITA, P. K. (a) Soil, water, and nutrient losses from management alternatives for degraded pasture in Brazilian Atlantic Rainforest biome. *Science of The Total Environment*, v. 583, p. 53-63, 2017. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.12.187
- SÁNCHEZ-BAYO, Francisco; WYCKHUYS, Kris AG. Declínio mundial da entomofauna: Uma revisão de seus drivers. *Conservação biológica* , v. 232, p. 8-27, 2019.

SCHLEUNING M, Fründ J, García D (2015) Previsão de funções ecossistêmicas a partir da biodiversidade e redes mutualísticas: uma extensão de conceitos baseados em características para interações planta-animal. *Ecography* 38:380–392.

SILVEIRA, Fernando A.; MELO, Gabriel AR; ALMEIDA, Eduardo AB. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. Guilherme Carnevale Carmona, 2002.

SOUZA, M. M.; PREZOTO, F. Diversity of social wasps in Brazil. *Sociobiology*, v. 47, p. 135–147, 2006.

TSCHANZ P, Albrecht M, Keller T (2025) Além da polinização – a contribuição negligenciada das abelhas que nidificam no solo para as funções do solo. *Basic Appl Ecol* 84:92–100.

T. C. HSIEH, K. H. Ma and Anne Chao. 2025 iNEXT: iNterpolation and EXTrapolation for species diversity. R package version 3.0.2

TILMAN, David et al. Sustentabilidade agrícola e práticas de produção intensiva. *Nature*, v. 418, n. 6898, p. 671-677, 2002.

URBINI, A. et al. Social wasps as environmental indicators. *Ecological Indicators*, v. 6, p. 1–10, 2006.

VILLASEÑOR, N. R. et al. Urbanization impacts on mammals across urban-forest edges and a predictive model of edge effects. *PLoS One*, v. 9, n. 5, p. e97036, 2014.

WILLIAMS NM, Crone EE, T'ai HR, Minckley RL, Packer L, Potts SG (2010) Características ecológicas e do ciclo de vida predizem as respostas das espécies de abelhas a distúrbios ambientais. *Biol Conserv* 143:2280–2291.

WOLOWSKI, Marina; ASHMAN, Tia-Lynn; FREITAS, Leandro. Meta-análise de limitação polínica revela a importância da polinização generalista na Mata Atlântica.

CAPITULO II: LEVANTAMENTO EXPLORATÓRIO DE VESPAS SOCIAIS EM ÁREAS COM DIFERENTES CARACTERÍSTICAS VEGETACIONAIS AO LONGO DE UM CICLO ANUAL

RESUMO

Considerando as alterações antrópicas nos ecossistemas e a necessidade de monitorar processos de regeneração ambiental, torna-se fundamental compreender a dinâmica da entomofauna, especialmente de grupos bioindicadores como as vespas sociais. Objetiva-se comparar a diversidade de insetos em áreas com diferentes estágios de regeneração, com ênfase na composição de vespas sociais na Zona da Mata mineira. Para tanto, procede-se à amostragem em quatro áreas com distintas fitofisionomias, utilizando armadilhas do tipo Malaise e coletas ativas com rede entomológica, seguidas de identificação taxonômica e análise de riqueza, abundância e diversidade. Para testar diferenças na composição entre as áreas, foi realizada uma PERMANOVA baseada na dissimilaridade de Bray-Curtis, o estimador Jackknife 1 foi calculado em planilha eletrônica no Microsoft Excel, a partir da matriz de presença e ausência das espécies por coleta, além da avaliação da influência de variáveis ambientais por meio de correlação de Spearman. A composição de vespas sociais foi avaliada por meio de Análise de Coordenadas Principais (PCoA), utilizando a dissimilaridade de Bray-Curtis. Desse modo, observa-se que a diversidade de vespas sociais foi maior em ambientes com maior complexidade estrutural e estágio sucessional intermediário, com predominância de espécies acessórias e acidentais e ausência de correlação significativa com variáveis climáticas. O que permite concluir que fatores locais, como a estrutura da vegetação e a disponibilidade de recursos, exercem influência sobre essas comunidades, reforçando o potencial das vespas sociais como bioindicadores em áreas em regeneração.

Palavras-chave: Estrutura da vegetação, efeito de borda, monitoramento ambiental.

INTRODUÇÃO

Os insetos desempenham papel fundamental na manutenção dos ecossistemas, atuando em processos como polinização, decomposição e regulação de populações de outros organismos. Entretanto, evidências recentes indicam um declínio global desses organismos, com cerca de 40% das espécies ameaçadas de extinção, principalmente em decorrência de alterações antrópicas, como perda e fragmentação de habitats (SÁNCHEZ-BAYO; WYCKHUYS, 2019; NORONHA *et al.*, 2021). Nesse contexto, compreender a dinâmica das comunidades de insetos em ambientes modificados torna-se essencial para a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

Dentre os insetos, a ordem Hymenoptera apresenta ampla diversidade de hábitos e níveis de organização social (GULLAN; CRANSTON, 2017). As vespas sociais (Vespidae), especialmente aquelas pertencentes à subfamília Polistinae, destacam-se por sua diversidade na região Neotropical, com elevado número de espécies registradas no Brasil (CARPENTER; MARQUES, 2001). Esses organismos exercem importantes funções ecológicas, atuando como polinizadores (BERGAMO *et al.*, 2021), bioindicadores ambientais (URBINI *et al.*, 2006) e predadores de insetos fitófagos, contribuindo para a regulação de populações e para o controle biológico natural em sistemas agrícolas (PREZOTO *et al.*, 2008; MEDEIROS *et al.*, 2019). De acordo com Prezoto *et al.* (2009), a atividade predatória das vespas sociais está fortemente associada à captura de lagartas, o que reforça seu papel na redução de danos causados por Lepidoptera em cultivos.

As intensas mudanças no uso e ocupação do solo, especialmente a expansão de monoculturas e áreas urbanas, têm provocado a simplificação estrutural dos ecossistemas, reduzindo a disponibilidade de recursos e afetando diretamente a diversidade de insetos

(ELLIS *et al.*, 2021; KALNAY; CAI, 2003). Além disso, a introdução de poluentes, como pesticidas e metais pesados, pode desencadear processos de bioacumulação e biomagnificação, impactando negativamente organismos em diferentes níveis tróficos (ALI; KHAN, 2019; SANTORUFO *et al.*, 2021). Tais alterações, associadas às mudanças climáticas, influenciam a fenologia, distribuição e abundância das espécies, podendo comprometer a estabilidade dos ecossistemas (IPCC, 2021; TRYJANOWSKI *et al.*, 2010).

Nesse cenário, a restauração ecológica emerge como estratégia essencial para reverter processos de degradação ambiental, promovendo não apenas o restabelecimento da cobertura vegetal, mas também a recuperação das interações ecológicas e da biodiversidade associada (SER, 2019; CHAZDON, 2016). A regeneração de ecossistemas, seja por meio de processos naturais ou assistidos, depende da intensidade dos distúrbios e das práticas de manejo adotadas, podendo favorecer o retorno gradual de comunidades biológicas e a reestruturação funcional dos ambientes (GOSS-SOUZA *et al.*, 2020). Em áreas em regeneração, a heterogeneidade ambiental tende a aumentar ao longo do tempo, ampliando a disponibilidade de nichos ecológicos e favorecendo o estabelecimento de diferentes grupos de organismos, incluindo a entomofauna.

Os insetos, devido à sua elevada sensibilidade às alterações ambientais, têm sido amplamente utilizados como bioindicadores da qualidade ecológica (CAIRNS; DICKSON, 1971; HILTY; MERENLENDER, 2000). Características como alta diversidade, abundância, relativa facilidade de amostragem e respostas rápidas a distúrbios tornam esses organismos particularmente adequados para o monitoramento de processos de regeneração (AZEVEDO *et al.*, 2011; CROUZEILLES *et al.*, 2016). No caso das vespas sociais, sua presença, abundância e diversidade estão diretamente relacionadas à estrutura da vegetação, à disponibilidade de recursos alimentares e às condições microclimáticas (SOUZA; PREZOTO, 2006; AUAD *et al.*, 2010).

Sistemas agroflorestais e silvipastoris têm sido apontados como alternativas promissoras para a recuperação de áreas degradadas, uma vez que promovem maior complexidade estrutural e funcional em comparação a sistemas convencionais (BARROS *et al.*, 2013). Esses sistemas favorecem a diversidade biológica ao integrar componentes arbóreos, herbáceos e animais, criando condições mais adequadas para o estabelecimento de comunidades de insetos e para a manutenção de serviços ecossistêmicos, como o controle biológico (PREZOTO *et al.*, 2008). Em particular, ambientes em processo de regeneração inseridos nesses sistemas podem funcionar como importantes refúgios e

áreas de recolonização para espécies sensíveis às perturbações.

Apesar da reconhecida importância das vespas sociais, ainda são escassos estudos que avaliem a composição, riqueza e diversidade dessas comunidades em áreas em regeneração, especialmente em sistemas produtivos que buscam conciliar conservação ambiental e uso sustentável do solo. Assim como destacado por Auad et al. (2010) para sistemas silvipastoris, o levantamento da fauna de vespas sociais constitui etapa fundamental para a compreensão da dinâmica ecológica desses ambientes e para a avaliação de seu potencial na manutenção da biodiversidade.

OBJETIVO

Avaliar a diversidade, abundância e composição de vespas sociais em área em processo de regeneração.

MATERIAL & MÉTODOS

Área de estudo e desenho amostral

O estudo foi conduzido em fragmentos florestais e áreas de pastagem localizados na Fazenda Experimental da Embrapa Gado de Leite, no município de Coronel Pacheco, Minas Gerais, Sudeste do Brasil (21°35' S, 43°15' W). De acordo com a classificação climática de Köppen (1948), o clima é do tipo Cwa mesotérmico, caracterizado por verões quentes e chuvosos e invernos secos. A temperatura média mensal varia entre 18,1 °C (junho) e 24,9 °C (janeiro), com precipitação média anual de 82,3 mm e altitude média de 414 m.

A vegetação predominante é composta por pastagens associadas a fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual em estágio intermediário de sucessão, caracterizados como vegetação secundária em regeneração, resultante de processos naturais após supressão parcial ou total da vegetação primária (IBGE, 2012). Esses ambientes refletem diferentes níveis de regeneração ecológica, cuja heterogeneidade estrutural pode influenciar diretamente a composição e a dinâmica da entomofauna.

O estudo foi realizado em quatro áreas que foram amostradas sequencialmente ao longo de um ciclo anual, sendo cada área avaliada quizenalmente durante três meses consecutivos. A Área 1, amostrada entre julho e setembro de 2024 e denominada Campo aberto, caracteriza-se por fitofisionomia campestre, dominada por gramíneas, com baixa

cobertura arbórea e reduzida estratificação vertical. A Área 2, entre outubro e dezembro de 2024 e denominada Floresta semidecidual intermediária, corresponde a um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em estágio intermediário de sucessão, apresentando dossel parcialmente fechado, maior diversidade de espécies arbóreas e sub-bosque desenvolvido, sob influência de efeito de borda. A Área 3, entre janeiro de 2024 e março de 2025 e denominada Floresta em regeneração inicial, apresenta fitofisionomia florestal em estágio inicial de regeneração, com predominância de espécies pioneiras, baixa densidade arbórea e estrutura vertical simplificada. Já a Área 4, foi amostrada entre abril e junho de 2025 e denominada Mosaico de transição em regeneração, configura um ambiente de transição, com vegetação secundária em regeneração associada a áreas abertas, exibindo heterogeneidade estrutural intermediária.

Dessa forma, o delineamento amostral foi composto por blocos área-período, uma vez que cada área foi amostrada em uma janela temporal distinta. Essa característica foi considerada na interpretação dos resultados, pois impede a separação completa entre efeitos espaciais, associados às áreas, e efeitos temporais ou sazonais, associados ao período de coleta.

AMOSTRAGEM E IDENTIFICAÇÃO DAS VESPAS SOCIAIS

As vespas sociais foram amostradas por meio de armadilhas do tipo Malaise e coletas ativas com rede entomológica. Os indivíduos coletados foram acondicionados, triados e posteriormente identificados no laboratório. Quando a identificação ao nível específico não foi possível, os exemplares foram mantidos como morfoespécies ou táxons operacionais, como no caso de alguns registros de *Polybia* sp.

Para cada evento de coleta, foi registrada a abundância de cada táxon de vespa social. Assim, a matriz de dados foi organizada com os eventos de coleta nas linhas e os táxons nas colunas. As células da matriz corresponderam ao número de indivíduos de cada táxon registrado em cada coleta. Quando determinado táxon não foi registrado em uma coleta, foi atribuído o valor zero. Organização e análise dos dados

A matriz bruta incluiu as 24 coletas realizadas nas quatro áreas, incluindo os eventos sem registro de vespas sociais. Essa matriz foi utilizada para as análises descritivas de abundância total, riqueza de espécies e frequência de coletas com ou sem ocorrência de vespas.

O estimador Jackknife 1 foi calculado em planilha eletrônica no Microsoft Excel,

a partir da matriz de presença e ausência das espécies por coleta. Para cada área, foi utilizada a fórmula Jackknife 1 = $Sobs + Q1 \times [(n - 1)/n]$, em que Sobs é a riqueza observada, Q1 é o número de espécies registradas em apenas uma coleta e n é o número de coletas realizadas na área.

Para avaliar a relação entre as variáveis climáticas e os registros de vespas sociais, os dados biológicos foram organizados por mês de amostragem, considerando a riqueza e a abundância total registradas em cada período. As variáveis climáticas foram obtidas a partir dos dados históricos da estação automática do INMET de Coronel Pacheco, MG, para o período de junho de 2024 a maio de 2025. Para cada mês, foram calculadas a temperatura média, a umidade relativa média e a precipitação acumulada mensal. A relação entre riqueza, abundância e variáveis climáticas foi avaliada por correlação de Spearman.

Para as análises de composição, foram excluídas as coletas sem registro de indivíduos, uma vez que amostras totalmente zeradas não apresentam composição de espécies passível de comparação e podem influenciar análises baseadas em dissimilaridade. Assim, as análises multivariadas consideraram apenas as coletas com pelo menos um indivíduo registrado.

A composição de vespas sociais foi avaliada por meio de Análise de Coordenadas Principais (PCoA), utilizando a dissimilaridade de Bray-Curtis. A análise foi empregada como ferramenta exploratória para visualizar padrões de similaridade e dissimilaridade na composição de táxons entre os eventos de coleta. Cada ponto no gráfico representou uma coleta, identificada conforme sua área de origem.

Para testar diferenças na composição entre as áreas, foi realizada uma PERMANOVA baseada na dissimilaridade de Bray-Curtis. A área de coleta foi utilizada como fator de agrupamento, com quatro níveis: A1, A2, A3 e A4. A significância estatística foi avaliada por meio de 9.999 permutações, adotando-se nível de significância de 5%.

Todas as análises foram interpretadas de forma exploratória devido à limitação do delineamento amostral sequencial. Como cada área foi amostrada em um período distinto do ano, as diferenças observadas entre áreas foram tratadas como variações entre blocos área-período, e não como evidência conclusiva do efeito isolado da estrutura da vegetação ou do estágio de regeneração. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software PAST, versão 4.17.

RESULTADOS

Foram registradas 28 vespas sociais distribuídas em nove morfoespécies e quatro gêneros ao longo de 24 coletas (Tabela 4). Do total de coletas, 12 não apresentaram registro de vespas sociais.

A área de Floresta semidecidual intermediária, amostrada entre setembro e novembro, apresentou os maiores valores descritivos de abundância e riqueza, com nove indivíduos de sete morfoespécies. A área de Floresta em regeneração inicial, amostrada entre dezembro e fevereiro, apresentou sete indivíduos distribuídos em quatro morfoespécies, enquanto a Área de Mosaico de transição em regeneração, amostrada entre março e maio, apresentou sete indivíduos de cinco morfoespécies. A Área de Campo aberto, amostrada entre junho e agosto, apresentou cinco indivíduos de cinco morfoespécies.

A precipitação acumulada mensal apresentou correlação positiva com a riqueza de morfoespécies ($r_s = 0,672$; $p = 0,0166$) e com a abundância total de indivíduos ($r_s = 0,670$; $p = 0,0172$). A temperatura média mensal e a umidade relativa média não apresentaram correlação significativa com riqueza ou abundância.

A PCoA baseada na dissimilaridade de Bray-Curtis explicou 56,25% da variação nos dois primeiros eixos, sendo 34,55% no primeiro eixo e 21,70% no segundo (Figura 1). A PERMANOVA não indicou diferença significativa na composição de morfoespécies entre as áreas ($F = 0,7167$; $p = 0,7131$).

A riqueza estimada pelo Jackknife 1 foi superior à riqueza observada em todas as áreas, indicando baixa suficiência amostral (Tabela 5). As estimativas foram de 9,17 espécies para o Campo aberto, 12 para a Floresta semidecidual intermediária, 5,67 para a Floresta em regeneração inicial e 7,5 para o Mosaico de transição em regeneração.

DISCUSSÃO

A baixa abundância registrada indica ocorrência pontual de vespas sociais nas áreas avaliadas. A presença de coletas sem indivíduos e a maior riqueza estimada pelo Jackknife 1 indicam que a fauna de vespas sociais pode estar subamostrada. Assim, os resultados representam uma base inicial relevante para o conhecimento do grupo nas áreas avaliadas, mas coletas adicionais seriam importantes para ampliar a representatividade da amostragem e fortalecer inferências sobre composição e uso dos ambientes.

A área de Floresta semidecidual intermediária (A2) apresentou os maiores valores descritivos de riqueza e abundância. Esse resultado pode estar relacionado à maior complexidade estrutural da vegetação, que tende a oferecer maior disponibilidade de substratos de nidificação, recursos alimentares e heterogeneidade microambiental. No entanto, essa área foi amostrada entre setembro e novembro, período de transição entre a estação seca e a estação chuvosa na região. Durante esse intervalo, houve aumento expressivo da precipitação, especialmente em outubro e novembro. Assim, o maior número de registros nessa área pode refletir uma combinação entre características fitofisionômicas e maior atividade ou detectabilidade das vespas sociais no início do período chuvoso.

Essa interpretação é reforçada pela correlação positiva entre precipitação acumulada mensal e riqueza e abundância de vespas sociais. A precipitação foi a única variável climática significativamente associada aos registros do grupo, enquanto temperatura e umidade não apresentaram correlação significativa. Esse resultado sugere maior atividade ou maior probabilidade de captura em meses mais chuvosos, possivelmente pela maior disponibilidade de presas e recursos florais. Contudo, essa relação deve ser tratada como exploratória, pois as áreas foram amostradas em períodos distintos do ano, impossibilitando separar completamente os efeitos de área, sazonalidade e precipitação.

A ausência de diferença significativa na composição entre as áreas indica que, apesar da variação descritiva em riqueza e abundância, os dados não sustentam diferenciação composicional entre os ambientes avaliados. No entanto, características estruturais dos ambientes podem favorecer diferentes grupos de vespas sociais conforme suas exigências ecológicas, comportamento de forrageamento e formas de uso da paisagem. Ambientes com maior complexidade vegetal, como áreas florestais ou em regeneração mais avançada, tendem a oferecer maior disponibilidade de substratos para nidificação, abrigo, recursos alimentares e condições microclimáticas mais estáveis, podendo favorecer espécies mais dependentes de estrutura arbórea ou de maior heterogeneidade ambiental. Por outro lado, áreas mais abertas e estruturalmente simples também podem ser utilizadas por espécies com maior plasticidade ecológica, especialmente durante atividades de forrageamento, deslocamento entre manchas de vegetação ou exploração de recursos pontuais. Assim, a ocorrência de vespas sociais em ambientes com diferentes níveis de complexidade sugere que essas espécies podem responder de formas distintas à estrutura da vegetação, embora os dados não permitam

inferir preferência de habitat ou nidificação local.

A baixa abundância registrada neste estudo contrasta com os resultados de Auad *et al.* (2010), que amostraram vespas sociais em um sistema silvipastoril também na estação experimental da Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco, entre julho de 2006 e junho de 2008. Esses autores registraram 205 indivíduos, distribuídos em 13 morfoespécies e quatro gêneros, valor superior ao observado no presente estudo. Essa diferença pode estar relacionada ao maior esforço temporal de Auad *et al.* (2010), que realizaram dois anos de amostragem contínua, enquanto no presente estudo cada área foi amostrada por apenas três meses. No entanto, a baixa abundância registrada também deve ser considerada um sinal de alerta para a necessidade de monitoramento das populações de vespas sociais na região.

Esse ponto é particularmente relevante diante da baixa representatividade de *Agelaia*, gênero frequentemente abundante em levantamentos de vespas sociais devido ao grande tamanho populacional de suas colônias e à intensa atividade de forrageamento. No presente estudo, foram registrados apenas seis indivíduos de *Agelaia*, valor reduzido para um gênero geralmente frequente em inventários com armadilhas. Embora esse resultado não permita inferir declínio populacional, a discrepância em relação a levantamentos anteriores na mesma região reforça a importância de levantamentos locais, mesmo preliminares, para construir séries comparativas e identificar possíveis mudanças temporais na ocorrência e abundância desses organismos.

A redução das populações de vespas sociais pode gerar impactos ecológicos e econômicos relevantes. Esses insetos atuam como predadores generalistas de outros artrópodes, incluindo larvas de Lepidoptera e outros herbívoros associados a plantas nativas e cultivadas, contribuindo para a regulação natural de populações de insetos. Assim, a diminuição de sua abundância pode comprometer interações tróficas e reduzir serviços ecossistêmicos associados ao controle biológico natural. Em ambientes agrícolas, essa perda pode favorecer o aumento de pragas e ampliar a dependência de inseticidas, elevando custos de produção e riscos ambientais. Além disso, algumas espécies também interagem com flores, frutos e recursos vegetais, participando de redes ecológicas como visitantes florais, consumidores de néctar e exploradores de recursos açucarados. Portanto, alterações nas comunidades de vespas sociais podem afetar não apenas a estrutura das comunidades de insetos, mas também processos ecológicos ligados à estabilidade dos agroecossistemas e à manutenção da biodiversidade.

CONCLUSÃO

Assim, apesar do caráter preliminar dos dados e das limitações metodológicas do presente estudo, os resultados reforçam a importância de monitorar comunidades de vespas sociais em paisagens compostas por diferentes formações fitofisionômicas. A baixa abundância observada, somada à escassez de levantamentos recentes e padronizados na região, deve ser vista como um sinal de alerta. Em um cenário de crescente preocupação com a redução de insetos e perda de serviços ecossistêmicos, levantamentos como este são importantes para ampliar a base de dados regional, orientar comparações futuras e subsidiar estudos mais robustos sobre os efeitos da regeneração ambiental e da sazonalidade na estruturação das comunidades de vespas sociais.

Tabela 6: Estimativa Jackknife 1. A1 = Campo aberto; A2 = Floresta semidecidual intermediária; A3 = Floresta em regeneração inicial; A4 = Mosaico de transição em regeneração. Os valores nas colunas indicam abundância absoluta. O Jackknife 1 foi calculado separadamente para cada área com base na matriz de presença e ausência dos táxons por coleta.

Figura 3: Análise de Coordenadas Principais (PCoA) baseada na dissimilaridade de Bray-Curtis para a composição de morfoespécies de vespas sociais nas coletas com registro de indivíduos. Cada ponto representa uma coleta, e os símbolos indicam as áreas amostradas. Os dois primeiros eixos explicaram 56,25% da variação total dos dados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa Gado de Leite pelo acesso às áreas de estudo e pelo suporte logístico, bem como ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza pelo apoio institucional à realização deste trabalho.

Tabela 6: Distribuição de morfoespécies de vespas sociais registradas nas áreas amostradas em Coronel Pacheco, Minas Gerais, com riqueza observada.

Tabela 6: Distribuição de espécies de vespas identificadas por área

ESPÉCIES	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	TOTAL
<i>Agelaia vicina</i> (de Saussure, 1854)	1	1	2	0	4

<i>Agelaia multipicta</i> Haliday, 1836	1	1	0	0	2
<i>Mischocyttarus drewseni</i> Saussure, 1857	1	0	0	0	1
<i>Mischocyttarus rotundicollis</i> (Cameron, 1912)	0	1	1	1	3
<i>Polybia</i> sp.	0	3	2	2	7
<i>Polybia</i> cf. <i>occidentalis</i>	0	1	0	1	2
<i>Polybia</i> cf. <i>platycephala</i>	1	1	1	1	4
<i>Protonectarina sylveirae</i> (de Saussure, 1854)	1	0	0	0	1
TOTAL 09 ESPÉCIES					
TOTAL POR ÁREA	5	9	6	5	

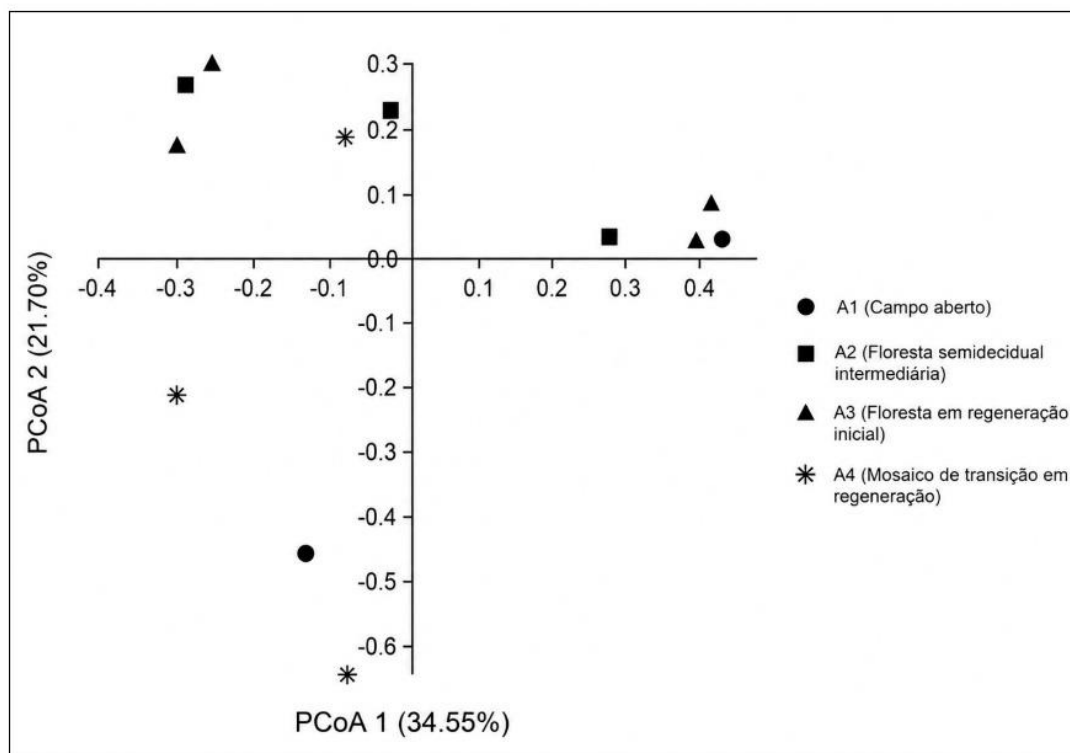
Fonte: elaborada pela autora (2026).

Tabela 7: Riqueza e abundância de espécies por área de monitoramento nas áreas amostradas em Coronel Pacheco, Minas Gerais, com riqueza observada.

Tabela 7: Riqueza e abundância de espécies de vespas sociais por área de monitoramento				
	A 1	A 2	A 3	A 4
Riqueza (S)	5	7	4	5
Abundância	5	9	7	7
Jackknif 1	9,2	12	5,7	7,5

Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Figura 3: Análise de Coordenadas Principais (PCoA) baseada na dissimilaridade de Bray-Curtis



Fonte: Elaborado através do programa PAST, versão 4.17.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa revelou os seguintes pontos fundamentais sobre a influência da Complexidade Ambiental. Onde a diversidade desses insetos está intrinsecamente ligada à heterogeneidade do habitat. Áreas em estágios mais avançados de regeneração florestal (como a Área 02) apresentam uma riqueza de espécies significativamente maior ($S=36$) em comparação com áreas de pastagem ($S=16$). Isso ocorre porque ambientes mais complexos oferecem recursos críticos, como locais para nidificação, fontes de néctar e maior disponibilidade de presas.

A sazonalidade é um determinante crucial na dinâmica dessas comunidades, com a estação chuvosa propiciando maiores fontes de recursos alimentares e condições microclimáticas que favorecem a abundância e a reprodução das colônias.

Visto que a presença de comunidades diversificadas sinaliza a recuperação de funções essenciais, como a polinização e o controle biológico natural de pragas, beneficiando a agricultura regional. No entanto, a baixa abundância de vespas sociais observada em certos cenários serve como um sinal de alerta para a perda de serviços ecossistêmicos e reforça a necessidade urgente de monitoramento e preservação desses habitats.

Em suma, os dados estabelecem uma linha de base fundamental para programas de monitoramento ambiental na Zona da Mata mineira, destacando que o investimento na criação de habitats favoráveis é essencial para a transição para sistemas agroecológicos e mais resilientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUAD, A. M. et al. Diversity of social wasps (Hymenoptera) in a silvipastoral system. *Sociobiology*, v. 55, n. 2, p. 627–636, 2010.

AZEVEDO, C. P. et al. Biodiversidade e regeneração natural em áreas degradadas. *Acta Amazonica*, v. 41, n. 2, p. 195–204, 2011.

BARROS, E. et al. Soil macrofauna and its contribution to soil quality in agroecosystems. *Applied Soil Ecology*, v. 64, p. 50–60, 2013.

BERGAMO, P. J. et al. Pollination ecology of social wasps. *Ecological Entomology*, v. 46, p. 1–10, 2021.

CAIRNS, J.; DICKSON, K. L. A simple method for the biological assessment of the effects of waste discharges on aquatic bottom-dwelling organisms. *Journal of Water Pollution Control Federation*, v. 43, p. 755–772, 1971.

CARPENTER, J. M.; MARQUES, O. M. Contribuição ao estudo dos vespídeos do Brasil (Insecta, Hymenoptera, Vespidae). Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2001.

CHAZDON, R. L. Renascimento das florestas: regeneração na era da degradação. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

CROUZEILLES, R. et al. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Science Advances*, v. 3, n. 11, p. e1701345, 2016.

ELPINO-CAMPOS, A. et al. Diversity of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in cerrado areas. *Neotropical Entomology*, v. 36, n. 1, p. 1–10, 2007.

ELLIS, E. C. et al. Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. *Science*, v. 331, p. 589–592, 2021.

GOSS-SOUZA, D. et al. Soil microbial community responses to restoration. *Restoration Ecology*, v. 28, p. 123–134, 2020.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. Os insetos: um resumo de entomologia. 4. ed. São Paulo: Roca, 2017.

HILTY, J.; MERENLENDER, A. Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. *Biological Conservation*, v. 92, p. 185–197, 2000.

HUNT, J. H. et al. Observations on neotropical swarm-founding wasps. *Annals of the Entomological Society of America*, v. 94, p. 555–562, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 272 p. (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598).

IPCC. Climate change 2021: the physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

KALNAY, E.; CAI, M. Impact of urbanization and land-use change. *Nature*, v. 423, p. 528–531, 2003.

MEDEIROS, H. R. et al. Social wasps as biological control agents. *Journal of Applied Entomology*, v. 143, p. 1–10, 2019.

MICHENER, Charles D. As abelhas do mundo. JHU Press, 2007.

NORONHA, R. C. et al. Declínio global de insetos e suas implicações. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 65, p. e2021001, 2021.

PREZOTO, F. et al. Vespas sociais e o controle biológico de pragas. In: VILELA, E. F. et al. (org.). Insetos sociais: da biologia à aplicação. Viçosa: UFV, 2008. p. 413–427.

PREZOTO, F. et al. Predatory behavior of social wasps. *Sociobiology*, v. 53, p. 1–10, 2009.

RIES, L. et al. Ecological responses to habitat edges. *Annual Review of Ecology*, v. 35, p. 491–522, 2004.

SANTORUFO, L. et al. Soil pollution and biodiversity. *Environmental Pollution*, v. 273, p. 116–125, 2021.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; WYCKHUYS, K. A. G. Worldwide decline of insects. *Biological Conservation*, v. 232, p. 8–27, 2019.

SER (Society for Ecological Restoration). International principles and standards for ecological restoration. Washington, 2019.

SOUZA, M. M.; PREZOTO, F. Diversity of social wasps in Brazil. *Sociobiology*, v. 47, p. 135–147, 2006.

SOUZA, M. M. et al. Social wasps in Atlantic Forest fragments. *Neotropical Entomology*, v. 43, p. 1–10, 2014.

TRYJANOWSKI, P. et al. Climate change effects on insects. *Journal of Insect Conservation*, v. 14, p. 123–130, 2010.

URBINI, A. et al. Social wasps as environmental indicators. *Ecological Indicators*, v. 6, p. 1–10, 2006.

ZUCCHI, R. et al. *Agelaia vicina* colony size. *Journal of the New York Entomological Society*, v. 103, p. 129–137, 1995.