



**INSTITUTO FEDERAL**

Goiano

Campus Rio Verde

**BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**EFEITO DE CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM SOBRE A DIVERSIDADE DE  
HIMENÓPTEROS PARASITÓIDES NO SUDOESTE GOIANO**

**Ana Carolina Veloso Oliveira**

**Rio Verde, GO**

**2024**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –  
CAMPUS RIO VERDE  
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**EFEITO DE CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM SOBRE A DIVERSIDADE DE  
HIMENÓPTEROS PARASITOIDES NO SUDOESTE GOIANO**

**ANA CAROLINA VELOSO OLIVEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto Federal Goiano –  
Campus Rio Verde, como requisito parcial  
para obtenção do Grau de Bacharel em  
Ciências Biológicas.

Orientador: Fernando Henrique Antonioli Farache

Coorientador: Werther Pereira Ramalho

Rio Verde – GO

Abril, 2024

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

OOL48e Oliveira, Ana Carolina Veloso  
EFEITO DE CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM SOBRE A  
DIVERSIDADE DE HIMENÓPTEROS PARASITÓIDES NO SUDOESTE  
GOIANO / Ana Carolina Veloso Oliveira; orientador  
Fernando Henrique Antonioli Farache; co-orientador  
Werther Pereira Ramalho. -- Rio Verde, 2024.  
22 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Ciências  
Biológicas) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio  
Verde, 2024.

1. Hymenoptera. 2. Diversidade. 3. Fragmentação.  
4. Cerrado. I. Farache, Fernando Henrique  
Antonioli, orient. II. Ramalho, Werther Pereira, co-  
orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica (assinale com X)**

- Tese  
 Dissertação  
 Monografia – Especialização  
 Artigo - Especialização  
 TCC - Graduação  
 Artigo Científico  
 Capítulo de Livro  
 Livro  
 Trabalho Apresentado em Evento  
 Produção técnica. Qual: \_\_\_\_\_

Nome Completo do Autor: Ana Carolina Veloso Oliveira

Matrícula: 2021102230540344

Título do Trabalho: EFEITO DE CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM SOBRE A DIVERSIDADE DE HIMENÓPTEROS PARASITÓIDES NO SUDOESTE GOIANO

**Restrições de Acesso ao Documento [Preenchimento obrigatório]**

Documento      confidencial:       Não       Sim,      justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 01/04/2025

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

1. O documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. Obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. Cumprir quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 1 de abril de 2024

**Ana Carolina Veloso Oliveira**

*Assinado eletronicamente pelo o Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais*

Ciente e de acordo:

**Fernando Henrique Antonioli Farache**

*Assinatura eletrônica do(a) orientador(a)*

Documento assinado eletronicamente por:

- Ana Carolina Veloso Oliveira, 2021102230540344 - Discente, em 01/04/2024 17:14:17.
- Fernando Henrique Antonioli Farache, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/04/2024 16:54:41.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 01/04/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 588542  
Código de Autenticação: f58949ba35



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

Regulamento de Trabalho de Curso (TC) – IF Goiano - Campus Rio Verde

ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao primeiro dia do mês de abril de dois mil e vinte e quatro, às 14 horas, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof. Fernando Henrique Antonioli Farache (orientador), Prof. Alessandro Ribeiro de Moraes, (IF Goiano, membro interno) e Ms. Marco Antônio Guimarães Silva (Instituto Oswaldo Cruz - IOC membro externo), para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado "EFEITO DE CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM SOBRE A DIVERSIDADE DE HIMENÓPTEROS PARASITOIDES NO SUDOESTE GOIANO" de Ana Carolina Veloso Oliveira, estudante do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas do IF Goiano – Campus Rio Verde, sob Matrícula nº 2021102230540344. A palavra foi concedida ao(à) estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros internos da Banca Examinadora em nome dos demais membros.

Rio Verde, 1 de abril de 2024.

Fernando Henrique Antonioli Farache  
Orientador(a)

Alessandro Ribeiro de Moraes  
Membro da Banca Examinadora

Marco Antônio Guimarães Silva  
Membro da Banca Examinadora  
(assinado pelos membros internos)

Documento assinado eletronicamente por:

- Alessandro Ribeiro de Moraes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/04/2024 16:43:56.
- Fernando Henrique Antonioli Farache, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/04/2024 16:02:58.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 01/04/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 588518  
Código de Autenticação: fb67f44053



## AGRADECIMENTOS

Agradeço, principalmente, aos meus pais. Pelo apoio que me foi dado ao longo dos anos, por sempre apoiarem e acreditarem no meu potencial. Ao meu pai Grenio e às minhas mães Débora e Valdeci, meu muito obrigada!

À minha família, pelo amor incondicional e compreensão nos momentos de dedicação extrema. Não foram poucos os momentos em que a saudade apertou.

Agradeço ao meu professor e orientador Fernando H. A. Farache, pelos ensinamentos, respeito e paciência durante esse processo. Sua orientação e apoio foram fundamentais para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

Agradeço também ao meu coorientador Dr. Werther Pereira Ramalho pela amizade e paciência ao me fazer compreender a ecologia de paisagem.

Agradeço ao PELD – EBMN pela parceria no desenvolvimento desse projeto. Em especial aos meus colegas de campo: Dr. Tainã Lucas Andreani, Me. Marco Antônio Guimarães e Me. Hércules Dantas Lima.

Agradeço às amigas que construí ao longo dos anos e que aqui foram minha família: Bias (Fermino e Senra), Cirley, Taíza, Gustavo, Gabs, Manel, Tainã, Leissa e Igor. Agradeço ao meu trio por dividirem comigo minha jornada acadêmica: Bernardi e Gabio. E também aos amigos e colegas do Laboratório de Ecotoxicologia e Sistemática Animal e Edifício Bertha Lutz (Bloco da Biologia) pelos momentos de respiro durante a execução desse trabalho. Este trabalho é dedicado a vocês, que tornaram esta experiência tão significativa e enriquecedora para mim.

Agradeço ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde por promover a excelência educacional. Aos meus professores, pela orientação e sabedoria compartilhada. Este trabalho é fruto não apenas do meu esforço, mas também da colaboração e apoio de cada um de vocês.

Agradeço à professora Dra. Maria Andreia Correa Mendonça pelos valiosos ensinamentos e sábios conselhos, fossem eles relacionados à vida acadêmica ou não.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à banca avaliadora. Suas contribuições foram fundamentais para o aprimoramento deste projeto. Muito obrigado pelo apoio e pela oportunidade de aprendizado que proporcionaram.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>10</b>
<b>1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos .....	13
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
3.1 Área de Estudo.....	14
3.2 Metodologia de Coleta, Preparação de Espécimes e Identificação.....	14
3.3 Medidas de Diversidade e Características da Paisagem .....	15
3.4 Análise de Dados .....	15
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>16</b>
4.1 Diversidade da Comunidade de Himenópteros Parasitoides .....	16
4.2 Efeito da Paisagem na Riqueza e Abundância de Himenópteros Parasitoides .....	17
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>22</b>



## RESUMO

OLIVEIRA, ANA CAROLINA VELOSO. **Efeito de características da paisagem sobre a diversidade de himenópteros parasitoides no sudoeste goiano.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Bacharelado em Ciências Biológicas. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Goiás. Rio Verde, Goiás, 2024.

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, abrange todas as regiões brasileiras, representando cerca de 23,3% do território nacional. É o principal centro de expansão da produção agropecuária no Brasil, porém, apenas 48,6% do bioma ainda está coberto por sua vegetação natural. Isso ameaça a biodiversidade do Cerrado, levando à redução das populações de espécies nativas e à extinção de algumas. Certos grupos de insetos, como os himenópteros (vespas, abelhas e formigas), são sensíveis às mudanças ambientais e são importantes bioindicadores. O objetivo desse trabalho é descrever a diversidade de himenópteros parasitoides não-aculeados e verificar o efeito das características da paisagem sobre a diversidade do grupo na região do sudoeste goiano. A área estudada foi dividida em 30 localidades amostrais e, para cada uma, foram instaladas armadilhas tipo Malaise. Os espécimes foram armazenados em álcool 96% e identificados a nível de família a partir de literatura específica. A partir de cada ponto de coleta, foram calculadas as métricas de paisagem a partir de dados do Mapbiomas em uma escala de *buffer* de 3 km de diâmetro para cada ponto amostral. Foram consideradas riqueza e abundância como variáveis respostas e os dados ambientais como variáveis preditoras. Como resultado, encontramos 7 superfamílias, sendo Chalcidoidea a que apresentou o maior número famílias, e 20 famílias, sendo Ichneumonidae a que apresentou a maior abundância de indivíduos. Observamos uma relação positiva entre as variáveis da paisagem e a riqueza e abundância, mas não é significativa, entretanto, há uma relação positiva e significativa entre a riqueza e a diversidade da composição da paisagem. Nossos resultados destacam a importância da diversidade do hábitat para a riqueza parasitoides, sendo que hábitats mais heterogêneos podem sustentar uma comunidade mais diversa de parasitoides que podem atuar no equilíbrio ecológico e como inimigos naturais de pragas agrícolas.

**Palavras-chave:** Hymenoptera; Diversidade; Fragmentação; Cerrado.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, ANA CAROLINA VELOSO. **Effect of landscape characteristics on the diversity of hymenoptera parasitoids in southwest Goiás.** 2024. Undergraduate Thesis - Bachelor degree Biological Sciences. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Goiás. Rio Verde, Goiás, 2024.

The Cerrado is the second largest biome in South America, covering all Brazilian regions, representing around 23.3% of the national territory. It is the main center for the expansion of agricultural production in Brazil, however, only 48.6% of the biome is still covered by natural vegetation. This threatens the biodiversity of the Cerrado, leading to a reduction in populations of native species and the extinction of some. Certain groups of insects, such as Hymenoptera (wasps, bees and ants), are sensitive to environmental changes and are important bioindicators. Here we describe the diversity of non-aculate parasitoid hymenoptera and test the effect of landscape characteristics on the diversity of the group in the southwest of Goiás. The studied area was divided into 30 sampling locations, and, for each location, Malaise traps were installed. The specimens were identified at family level based on specific literature. From each collection point, landscape metrics were calculated from Mapbiomas data at a *buffer* scale of 3 km diameter for each sampling point. Richness and abundance were considered as response variables and environmental data as predictor variables. As a result, we found 7 non-aculeate parasitoid superfamilies, with Chalcidoidea showing the largest number of families. Twenty families were sampled, and Ichneumonidae as the most abundant and species-rich. there was no significative relationship between percentage of habitat and number of patches with species richness and abundance. However, there is a positive and significant relationship between richness and diversity of landscape composition (SHDI). Our results highlight the importance of habitat diversity for parasitoid richness, with more heterogeneous habitats capable of supporting a more diverse community of parasitoids that can contribute to ecological balance and act as natural enemies of agricultural pests.

**Key-words:** Hymenoptera; Diversity; Fragmentation; Cerrado.

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Cerrado é segundo maior bioma da América do Sul, presente em todas as regiões brasileiras ocupa uma área de 1.983.017km<sup>2</sup>, cerca de 23,3% do território nacional (IBGE, 2019). Atualmente, o Cerrado representa o principal centro de expansão da produção agropecuária no Brasil (IBGE, 2019), aproximadamente apenas 48,6% do bioma ainda está coberto por sua vegetação natural (Brasil, 2020). Como resultado, a biodiversidade do Cerrado está ameaçada, com redução das populações de espécies nativas, perda de diversidade genética e até mesmo a extinção de algumas espécies (Colli *et al.* 2020). Alguns grupos de insetos são sensíveis às modificações no ambiente, o que os torna bons bioindicadores de modificações, o que reforça a importância da realização de levantamentos da entomofauna para conhecer os grupos presentes em determinados ambientes (Marques; Claro, 2010; Sánchez-Bayo; Wyckhuys, 2019).

A ordem Hymenoptera, que inclui vespas, abelhas e formigas, apresenta mais de 150 mil espécies descritas (Aguiar *et al.* 2013). Os insetos dessa ordem evoluíram de uma ampla diversidade de histórias naturais, sendo eles parasitoides, predadores e polinizadores, com amplas transições evolutivas de hábitos fitófagos a parasitoides e modo de vida solitário e eussocial (Peters *et al.* 2017). Os parasitoides são organismos cujas larvas se desenvolvem no corpo de outro artrópode, usualmente um inseto, ou em uma massa única ou gregária de hospedeiros, como ootecas ou massas de larvas galhadoras, acarretando a morte do hospedeiro ao final do desenvolvimento (Godfray, 2004). Ao explorar uma ampla gama de grupos artrópodes como hospedeiros, sua diversidade está intimamente ligada à variedade global de artrópodes nos ecossistemas, sendo assim, os parasitoides são considerados organismos bioindicadores de biodiversidade (Anderson *et al.* 2013).

Parasitoides apresentam papel essencial para a estabilidade de ecossistemas (Tylianakis *et al.* 2006), com isso, a compreensão de interação entre parasitoides e seus hospedeiros é altamente importante para a manutenção de serviços ecossistêmicos (Fabian *et al.* 2013). O conhecimento taxonômico dos parasitoides ainda é, em certo ponto, limitado, principalmente devido ao seu tamanho reduzido e modo de vida críptico, no entanto, os padrões ecológicos encontrados em himenópteros parasitoides e seus hospedeiros levam a inferir que a grande diversidade críptica deste grupo torna Hymenoptera a ordem mais especiosa de animais (Forbes *et al.* 2018). Devido ao fato de serem organismos especializados e ocuparem níveis tróficos superiores, os parasitoides apresentam alta vulnerabilidade à extinção local e global, entretanto, apesar de sua importância, estratégias de conservação costumam negligenciar os grupos de himenópteros parasitoides (Shaw; Hochberg, 2001).

O Cerrado, pelo seu alto nível de endemismo e sua biodiversidade em conjunto com as altas taxas de desmatamento, é considerado um dos *hotspots* para a conservação da biodiversidade mundial (Myers *et al.* 2000). A antropização de áreas naturais resulta em mudanças na paisagem que ameaçam a biodiversidade e impactam de forma significativa a estrutura e estabilidade dos ecossistemas (Fahrig, 2003). Com o avanço da destruição da vegetação nativa do Cerrado observada nas últimas décadas faz – se necessário um conhecimento mais detalhado dos níveis de endemismo e dos padrões de distribuição geográfica das espécies dentro do bioma (Pinheiro *et al.* 2010). Tendo em vista os altos níveis de endemismo e biodiversidade do Cerrado, o bioma ameaçado devido à urbanização e mudança do uso da terra (Beuchle *et al.* 2015; Strassburg *et al.* 2017) e o pouco conhecimento das comunidades de himenópteros parasitoides no Cerrado, o objetivo deste estudo é analisar a diversidade da comunidade de himenópteros parasitoides em paisagens com diferentes níveis de fragmentação do sudoeste goiano.

Tendo em vista a importância ecológica do grupo, este trabalho descreveu a diversidade de vespas parasitoides em fragmentos florestais. Foi estudada a relação entre características da paisagem e a riqueza e abundância de parasitoides em regiões no Sudoeste Goiano. Hipotetizamos que características da paisagem devem influenciar na riqueza de espécies e abundância dessas vespas. Particularmente, acreditamos que ambientes mais diversos devem apresentar recursos para essas vespas, e conseqüentemente, uma maior riqueza e abundância desses insetos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Realizar levantamento da entomofauna em regiões fragmentadas do sudoeste goiano, verificando o efeito da composição da paisagem sobre a diversidade desse grupo de insetos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

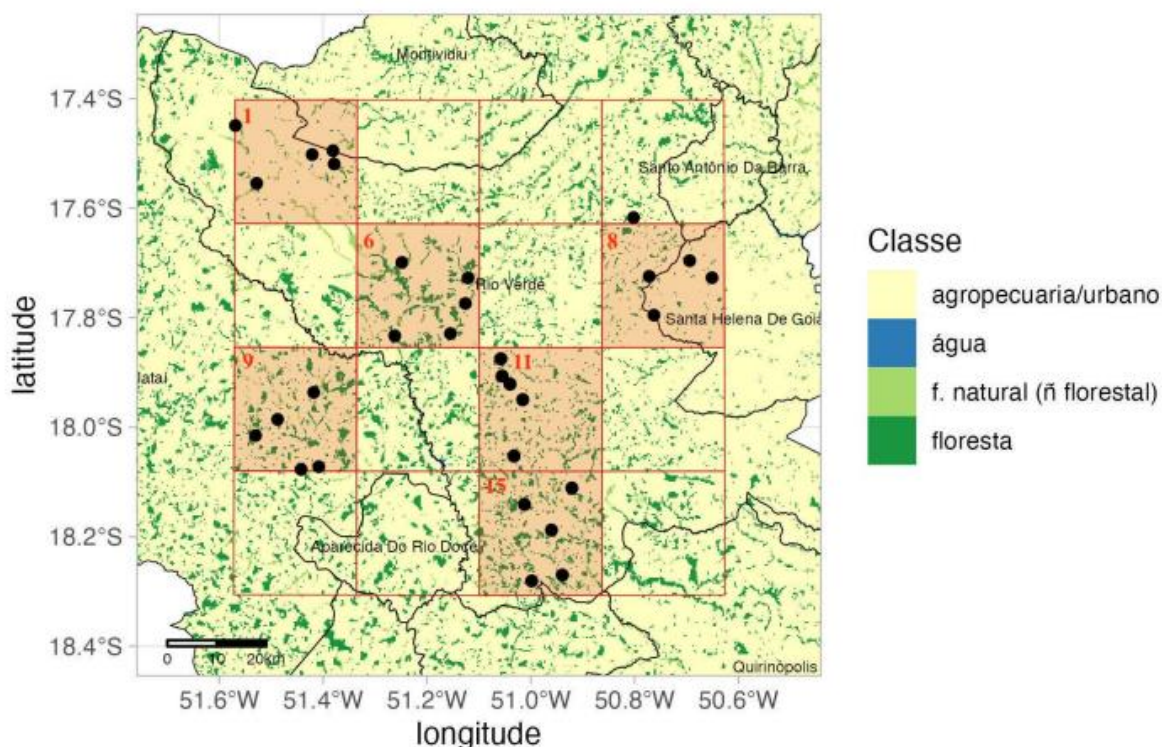
- Calcular a riqueza e abundância de parasitoides em fragmentos do sudoeste goiano;
- Comparar a diversidade entre diferentes paisagens com níveis diferentes de fragmentação;
- Testar o efeito das características da paisagem sobre a abundância e riqueza de himenópteros parasitoides.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de Estudo

A amostragem para o presente projeto foi realizada em áreas do sudoeste do Estado de Goiás, especificamente nos municípios de Rio Verde, Montividiu, Jataí e Santa Helena de Goiás. A região apresenta diversos tipos de vegetação nativa do Cerrado, entretanto possui um alto nível de interferência antrópica.

As coletas foram realizadas no âmbito do projeto PELD EBMN, no qual foi delimitada uma área de interesse de 100 km x 100 km que foi dividida em 16 quadrantes de 25 km x 25 km. Dentre os quadrantes, 6 foram selecionados para compor o projeto (Figura 1). As áreas apresentam diferentes graus de antropização, baseado em dados do MapBiomas (<https://mapbiomas.org/>) referentes ao ano de 2019.



**Figura 1:** Sítio PELD EBMN composto pelos 6 quadrantes (25km x 25km) que estão marcadas em vermelho e situadas na região sudoeste do Estado de Goiás, Brasil. Os quadrantes amostrados (1, 6, 8, 9, 11 e 15) estão identificados. Os pontos onde ocorreram as coletas de insetos estão indicados no mapa.

#### 3.2 Metodologia de Coleta, Preparação de Espécimes e Identificação

Em cada um dos quadrantes, foram selecionados 6 fragmentos florestais. Para cada um dos fragmentos florestais, foi instalada uma armadilha do tipo Malaise, nas dimensões 190 cm x 110 cm x 170 cm, e um frasco coletor contendo álcool 70%. As armadilhas ficaram em campo pelo período de 3 dias, após esse período elas foram recolhidas. Os materiais analisados neste

trabalho foram coletados entre os dias 28/10/2022 e 01/04/2023, totalizando 30 coletas nos 6 quadrantes.

Os materiais foram triados em estereomicroscópio, para separar os himenópteros parasitoides, e foram estocados em etanol 96%. Os espécimes foram identificados a nível de família utilizando as chaves de identificação disponíveis (Fernández; Sharkey, 2006; Gibson; Huber; Woolley, 1997; Goulet; Huber, 1993; Melo; Molin, 2024.).

Para este trabalho, foram selecionados somente grupos de linhagens de himenópteros da subordem Apocrita, e foram excluídos os grupos pertencentes à Infraordem Aculeata. Desta forma, foram incluídos somente os clados Proctotrupomorpha, e as superfamílias Ichneumonoidea, Stephanoidea, Evanioidea, Ceraphronoidea, Megalyroidea e Trigonaloidea (de acordo com a filogenia de Blaimer *et al.* 2023). Ressaltamos ainda que algumas linhagens parasitoides passaram por uma transição para o hábito galhador durante a evolução de Hymenoptera (Blaimer *et al.* 2023), e estão sendo avaliadas neste estudo.

### **3.3 Medidas de Diversidade e Características da Paisagem**

Para cada amostra, foram quantificadas a abundância de indivíduos e riqueza de famílias de himenópteros que apresentam hábito parasitoide, sendo as variáveis resposta analisadas no estudo.

A partir de cada ponto de coleta, foram calculadas as métricas de paisagem a partir de dados do Mapbiomas em uma escala de *buffer* de 3 km de diâmetro para cada ponto amostral, foram analisadas: porcentagem de cobertura (formação florestal), total de fragmentos florestais e heterogeneidade do habitat (SHDI), sendo essas métricas, as variáveis preditoras. As análises foram realizadas utilizando o ambiente estatístico R (R Core Team, 2023) e o pacote *landscapemetrics* (Hesselbarth, 2019).

### **3.4 Análise de Dados**

Foi realizada uma análise exploratória dos dados (Ellison, 2001), na qual foi comparada a riqueza e abundância total para as famílias total e morfo-espécies. Também foram analisadas as relações entre as características da paisagem (porcentagem de cobertura, número de fragmentos e SHDI) com a riqueza e abundância de espécies em cada amostra, utilizando gráficos de dispersão.

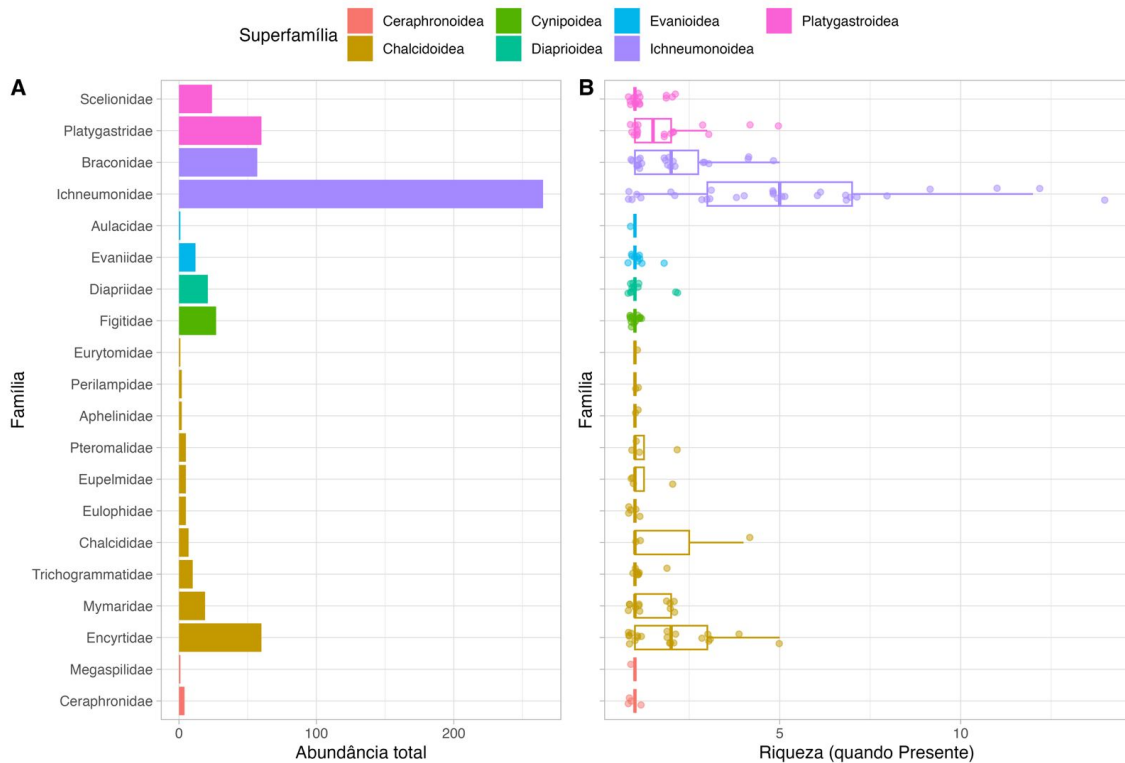
Para verificar a relação entre as características da paisagem (preditores) e a riqueza e abundância (variáveis resposta), foram construídos modelos lineares de regressão simples entre

cada preditor e cada variável-resposta. Os modelos foram elaborados no ambiente R (R Core Team, 2023), utilizando a interface gráfica *Rcmdr* (Fox; Bouchet-Valat, 2024).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Diversidade da Comunidade de Himenópteros Parasitoides

Foram triados 588 indivíduos distribuídos em 7 superfamílias, sendo Chalcidoidea a que apresentou o maior número de famílias. Foram observadas 20 famílias de himenópteros parasitoides não-aculeados, sendo Ichneumonidae a que apresentou maior abundância (46,06 % dos indivíduos encontrados) seguida por Encyrtidae e Platygasteridae (10,20% cada) e Braconidae (9,69%) (Figura 2A). Ichneumonidae também apresentou a maior riqueza de espécies por amostra (Figura 2B, Tabela 1).



**Figura 2:** Abundância e riqueza de parasitoides não-aculeados em fragmentos do sudoeste goiano: A Abundância total de cada uma das famílias; B Riqueza por amostra de cada família.

Apesar de Chalcidoidea ter o maior número de famílias, foi a superfamília Ichneumonoidea que apresentou maior frequência nas localidades amostradas, com Ichneumonidae tendo uma frequência de 100% e Braconidae de 73% (Tabela 1). Isso sugere uma predominância dessas famílias em termos de abundância nas áreas estudadas, mesmo que Chalcidoidea seja mais diversificada em termos de famílias. Metade das famílias encontradas foram relativamente mais raras, estando presentes em menos de 25% das amostras. As famílias Megaspilidae, Eurytomidae, e Aulacidae apresentaram apenas 1 indivíduo coletado cada



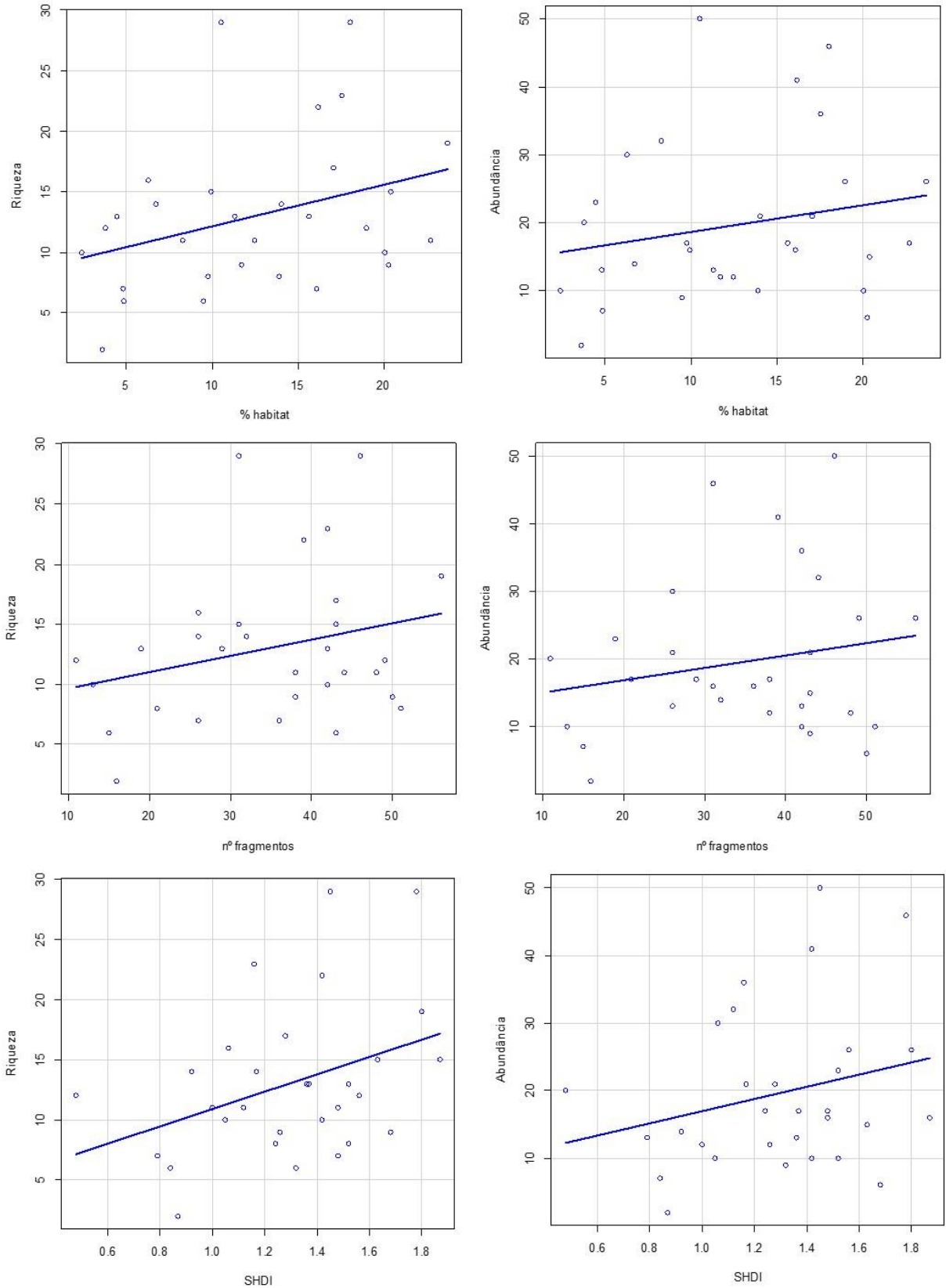
(Tabela 1). Diversas famílias foram relativamente pouco abundantes sendo que para 30% das famílias foram coletados menos de 5 indivíduos (Tabela 1).

**Tabela 1:** Abundância, riqueza (excluindo ausências) e frequência das famílias de himenópteros parasitoides não aculeados amostrados em 30 localidades do sudoeste goiano. A riqueza é representada pela média  $\pm$  Desvio Padrão por amostra.

Superfamília	Família	Abundância	Riqueza (quando presente)	Frequência
Ceraphronoidea	Ceraphronidae	4	1 $\pm$ 0	0.13
	Megaspilidae	1	1	0.03
Chalcidoidea	Aphelinidae	2	1 $\pm$ 0	0.07
	Chalcididae	7	2 $\pm$ 1.73	0.10
	Encyrtidae	60	2 $\pm$ 1.14	0.63
	Eulophidae	5	1 $\pm$ 0	0.17
	Eupelmidae	5	1.25 $\pm$ 0.5	0.13
	Eurytomidae	1	1	0.03
	Mymaridae	19	1.42 $\pm$ 0.51	0.40
	Perilampidae	2	1 $\pm$ 0	0.07
	Pteromalidae	5	1.25 $\pm$ 0.5	0.13
	Trichogrammatidae	10	1.12 $\pm$ 0.35	0.27
Cynipoidea	Figitidae	27	1 $\pm$ 0	0.43
Diaprioidea	Diapriidae	21	1.17 $\pm$ 0.39	0.37
Evanioidea	Aulacidae	1	1	0.03
	Evaniidae	12	1.1 $\pm$ 0.32	0.33
Ichneumonoidea	Braconidae	57	2.05 $\pm$ 1.17	0.73
	Ichneumonidae	265	5.1 $\pm$ 3.35	1.00
Platyastroidea	Platygastridae	60	1.89 $\pm$ 1.18	0.60
	Scelionidae	24	1.24 $\pm$ 0.44	0.57

#### 4.2 Efeito da Paisagem na Riqueza e Abundância de Himenópteros Parasitoides

Ao se analisar os gráficos, observamos uma tendência positiva entre as variáveis da paisagem e a riqueza e abundância (Figura 3), entretanto esta relação não é significativa (Tabela 2) na maioria dos casos. A abundância de espécies parece não estar correlacionada com as características da paisagem analisadas (Tabela 2). Entretanto, para a riqueza, observamos ausência de relação com a porcentagem de cobertura e número de fragmentos, entretanto há uma relação positiva e significativa entre a riqueza e a diversidade da composição da paisagem, embora pareça não seja uma relação forte ( $R^2 = 0,13$ ; Tabela 2, Figura 3).



**Figura 3:** Gráficos de dispersão relacionando as variáveis-resposta (riqueza e abundância) com as variáveis predictoras da paisagem (porcentagem de cobertura, número de fragmentos e complexidade da paisagem - SHDI). A linha de tendência mostra o ajuste da regressão linear.

**Tabela 2:** Resultados do modelo linear (regressão simples) entre abundância e riqueza (variáveis resposta) e características da paisagem (variáveis preditoras). Incl.: inclinação (b); EP: Erro Padrão da média; \*  $P < 0,05$ .

Resposta	Riqueza			Abundância		
	Incl. $\pm$ EP	Valor-p	R <sup>2</sup>	Incl. $\pm$ EP	Valor-p	R <sup>2</sup>
<b>% habitat</b>	0,13 $\pm$ 0,09	0,15	0,11	0,39 $\pm$ 0,35	0,27	0,04
<b>Nº fragmentos</b>	0,34 $\pm$ 0,18	0,06	0,07	0,18 $\pm$ 0,17	0,30	0,03
<b>SHDI</b>	7,22 $\pm$ 3,34	<b>0,04*</b>	0,13	8,9 $\pm$ 6,6	0,18	0,06

## 5. DISCUSSÃO

Ichneumonoidea é uma das 15 superfamílias de himenópteros parasitoides. Com aproximadamente 2.600 gêneros (Huber, 2017), esse grupo possui interesse econômico uma vez que fornecem controle biológico natural contra diferentes pragas agrícolas (Kula *et al.* 2010; Hiroyoshi *et al.* 2017). A família Ichneumonidae é a maior da ordem Hymenoptera, com 44 subfamílias (Yu *et al.* 2016). Acredita-se que existam mais de 100.000 espécies distribuídas pelo mundo (Gauld *et al.* 2002), dessas 4.419 são descritas na região Neotropical e 955 destas espécies no Brasil (Yu *et al.* 2016). Os resultados encontrados neste estudo corroboram a riqueza e abundância desta superfamília, particularmente no sudoeste goiano.

A superfamília Chalcidoidea é uma das mais ricas em espécies descritas, aproximadamente 22.000 em todo o mundo, possui 19 famílias sendo Eulophidae, Encyrtidae e Pteromalidae as mais numerosas. O tamanho reduzido (em média 1,5 mm) e modo de vida críptico, os torna difíceis de coletar e estudar, no entanto, o grupo apresenta importância econômica sendo bastante utilizados em programas de controle biológico (Noyes, 2023).

A riqueza e abundância de insetos pode ser afetada pela composição da paisagem, tamanho dos fragmentos e a conectividade entre os habitats, sendo influenciadas negativamente pela homogeneidade das paisagens (Rosch *et al.* 2013; Aranda; Graciolli, 2015; Siqueira; Lacerda; Saito, 2015; De Sousa *et al.* 2022). Resultados de Simplício *et al.* (2022) indicam que a presença de vegetação nativa próxima a áreas de plantio aumenta a heterogeneidade dos recursos, ressaltando a importância dos sistemas integrados de produção e da conservação de áreas com diferentes usos do solo para promover a biodiversidade e estabilidade em comunidades de insetos. A análise revela que a abundância de espécies não parece estar correlacionada com as características da paisagem estudadas. Isso indica que, mesmo que haja variações na porcentagem de cobertura ou no número de fragmentos, isso não afeta significativamente a abundância dos parasitoides não aculeados. No entanto, há uma relação positiva e significativa entre a riqueza de espécies e a diversidade da composição da paisagem. Isso indica que a variedade de tipos de habitat ou elementos da paisagem pode ter um papel

mais importante na determinação da riqueza de espécies do que simplesmente a quantidade de habitat disponível ou o número de fragmentos.

A atuação humana tem o potencial de criar paisagens homogêneas onde as oportunidades de partição de nicho são perdidas. Nesse sentido, a heterogeneidade é importante para a manutenção da biodiversidade em ambientes modificados (Yang *et al.* 2015). A heterogeneidade ambiental pode influenciar a diversidade de grupos taxonômicos, principalmente em grupos que são capazes de explorar recursos fragmentados e transitórios (Tscharrntke *et al.* 2012). A heterogeneidade ambiental particularmente influencia positivamente espécies com alta capacidade de locomoção, como abelhas e vespas solitárias (Montagnana *et al.* 2021). De fato, apesar de seu pequeno tamanho e capacidade de se dispersar eficientemente em movimentos locais, parasitoides podem se dispersar pelo vento a longas distâncias (Strickland; Kristensen; Miller, 2017), o que os torna aptos a explorar paisagens heterogêneas com variada disponibilidade de hospedeiros.

Insetos parasitoides são altamente diversos, certas linhagens podem representar o grupo animal mais diversos do planeta (Forbes *et al.* 2018). Além disso, eles estabelecem redes tróficas complexas com seus hospedeiros. Desta forma, os efeitos da fragmentação sobre as comunidades de parasitoides podem se dar devido a efeitos em diferentes níveis tróficos (Fenoglio *et al.* 2012), sendo assim, a complexidade biológica do sistema deve ser levada em consideração ao se analisar efeitos na escala da paisagem.

Esses dados destacam a importância de considerar não apenas a diversidade taxonômica, mas também a abundância relativa das famílias dentro das superfamílias de insetos parasitoides não-aculeados ao avaliar ecossistemas e comunidades biológicas. Essas informações podem ser fundamentais para compreender melhor as interações ecológicas e os padrões de distribuição desses insetos em diferentes ambientes.

A relação entre a diversidade de espécies e a heterogeneidade do habitat é crucial ao desenvolver estratégias de conservação para esse grupo de insetos, pois eles desempenham funções importantes na regulação das populações de hospedeiros, o que contribui para a estabilidade dos ecossistemas. Adicionalmente, os resultados deste estudo podem respaldar a hipótese da diversidade-estabilidade (Elton, 1958), que indica que ambientes mais diversos tendem a ser mais estáveis do ponto de vista ecológico.

As armadilhas do tipo Malaise são efetivas para a amostragem de diversos grupos de insetos voadores, sendo interessantes para himenópteros polinizadores e alguns grupos parasitoides (Montgomery *et al.* 2021). Entretanto, para se ter uma amostragem mais abrangente da diversidade de insetos, é indicado a utilização de diversos métodos em

amostragens ao longo do ano. Até o uso de um grande número de armadilhas não garante uma amostragem de toda a diversidade de parasitoides em um fragmento, entretanto mesmo um pequeno número de armadilhas é capaz de fornecer informações importantes sobre comunidades de parasitoides (Fraser; Dytham; Mayhew, 2008). Neste trabalho, foi possível, além de descrever a comunidade de parasitoides em fragmentos florestais do sudoeste goiano, inferir sobre o efeito de características da paisagem sobre essas comunidades. Para aprimorar as análises futuras, sugerimos a realização de coletas em diferentes épocas do ano, a fim de avaliar variações sazonais na composição das espécies. Além disso, recomenda-se calcular as métricas da paisagem em escalas variadas para entender melhor como a estrutura do habitat influencia a diversidade e a abundância do grupo. Essas medidas podem contribuir para uma compreensão mais abrangente dos padrões ecológicos e auxiliar em estratégias de conservação mais eficazes.

## 6. REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. P. *et al.*, Z.-Q. (Ed.) Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness (Addenda 2013). **Zootaxa**, v. 3703, n. 1, p. 51, 30 ago. 2013.

ANDERSON, A. *et al.* The influence of conservation field margins in intensively managed grazing land on communities of five arthropod trophic groups. **Insect Conservation and Diversity**, v. 6, n. 3, p. 201–211, maio 2013.

ARANDA, R.; GRACIOLLI, G. Spatial–temporal distribution of the Hymenoptera in the Brazilian Savanna and the effects of habitat heterogeneity on these patterns. **Journal of Insect Conservation**, v. 19, n. 6, p. 1173–1187, dez. 2015.

BEUCHLE, R. *et al.* Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, v. 58, p. 116–127, mar. 2015.

BLAIMER, B. B. *et al.* Key innovations and the diversification of Hymenoptera. **Nature Communications**, v. 14, n. 1, p. 1212, 3 mar. 2023.

BRASIL. **TerraClass. Organização, Acesso e Transparência.** Disponível em: <https://www.terraclass.gov.br/>. Acesso em 06 de fevereiro de 2024.

COLLI, G. R.; VIEIRA, C. R.; DIANESE, J. C. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 5, p. 1465–1475, abr. 2020.

DE SOUSA, F. G. *et al.* Natural habitat cover and fragmentation per se influence orchid-bee species richness in agricultural landscapes in the Brazilian Cerrado. **Apidologie**, v. 53, n. 2, p. 20, maio 2022.

ELLISON, A. M. Exploratory data analysis and graphical display. Em: SCHEINER, S. M.; GUREVITCH, J. (Eds.). **Design and analysis of ecological experiments**. 2nd. ed. Oxford: Oxford University Press, 2001. p. 37–62.

ELTON, C.S. **The ecology of invasions by animals and plants**. Methuen, London, 1958.

FABIAN, Y. *et al.* The importance of landscape and spatial structure for hymenopteran-based food webs in an agro-ecosystem. **Journal of Animal Ecology**, v. 82, n. 6, p. 1203–1214, nov. 2013.

FAHRIG, L. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, n. 1, p. 487–515, nov. 2003.

FENOGLIO, M. S. *et al.* Forest fragmentation reduces parasitism via species loss at multiple trophic levels. **Ecology**, v. 93, n. 11, p. 2407–2420, nov. 2012.

FERNÁNDEZ, F.; SHARKEY, M. J. **Introducción a los Hymenoptera de la región neotropical**. Bogota: Sociedad Colombiana de Entomología : Universidad Nacional de Colombia, 2006.

FORBES, A. A. *et al.* Quantifying the unquantifiable: why Hymenoptera, not Coleoptera, is the most speciose animal order. **BMC Ecology**, v. 18, n. 1, p. 11, dez. 2018.

FOX, J.; BOUCHET-VALAT, M. Rcmdr: R Commander. R package version 2.9-2. 2024.

FRASER, S. E. M.; DYTHAM, C.; MAYHEW, P. J. The effectiveness and optimal use of Malaise traps for monitoring parasitoid wasps. **Insect Conservation and Diversity**, v. 1, n. 1, p. 22–31, fev. 2008.

GAULD, I.; SITHOLE, R.; GOMES, J. U.; ODOY, C. The Ichneumonidae of Costa Rica. **Memoirs of American Entomological Institute**, v. 66: p. 768, 2002.

GIBSON, G. A. P.; HUBER, J. T.; WOOLLEY, J. B. (EDS.). **Annotated keys to the genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera)**. Ottawa: NRC Research Press, 1997.

GODFRAY, H. C. J. Parasitoids. **Current Biology**, v. 14, n. 12, p. R456, jun. 2004.

GOULET, H.; HUBER, J. T. (EDS.). **Hymenoptera of the world: an identification guide to families**. Ottawa, Ontario: Centre for Land and Biological Resources Research, 1993.

HESSELBARTH, M. H. K. *et al.* **landscapemetrics**: an open-source R tool to calculate landscape metrics. **Ecography**, v. 42, n. 10, p. 1648–1657, out. 2019.

HIROYOSHI, S. *et al.* Potential Host Range of the Larval Endoparasitoid *Cotesia vestalis* (= *plutellae*) (Hymenoptera: Braconidae). **International Journal of Insect Science**, v. 9, p. 1–12, 1 jan. 2017.

HUBER, J. T. Biodiversity of Hymenoptera. Em: FOOTTIT, R. G.; ADLER, P. H. (Eds.). **Insect Biodiversity**. 1. ed. [s.l.] Wiley, 2017. p. 419–461.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (ED.). **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

KULA, R. R. *et al.* *Leluthia astigma* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae: Doryctinae) as a Parasitoid of *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae: Agrilinae), with an Assessment of Host Associations for Nearctic Species of *Leluthia* Cameron. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, v. 112, n. 2, p. 246–257, abr. 2010.

MARQUES, G. D. V.; DEL-CLARO, K. Sazonalidade, abundância e biomassa de insetos de solo em uma reserva de Cerrado. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 12, n. 2, p. 10, 2010.

MELO, G. A. R.; MOLIN, A. D. Capítulo 27: Hymenoptera Linnaeus, 1758. Em: CASARI, S. A. *et al.* (Eds.). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2. ed. [s.l.] Editora INPA, 2024. p. 484–545.

MONTAGNANA, P. C. *et al.* Landscape heterogeneity and forest cover shape cavity-nesting hymenopteran communities in a multi-scale perspective. **Basic and Applied Ecology**, v. 56, p. 239–249, nov. 2021.



MONTGOMERY, G. A. *et al.* Standards and Best Practices for Monitoring and Benchmarking Insects. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 8, p. 579193, 15 jan. 2021.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, fev. 2000.

NOYES. J. S. **Universal Database Chalcidoidea**. Natural History Museum, 2013. Disponível em: <https://www.nhm.ac.uk/our-science/data/chalcidoids/introduction.html>. Acesso em: 25 de março de 2024.

PETERS, R. S. *et al.* Evolutionary History of the Hymenoptera. **Current Biology**, v. 27, n. 7, p. 1013–1018, abr. 2017.

PINHEIRO, C.E.G. *et al.* Endemismos e conservação de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) no bioma Cerrado. In: DINIZ, I. R. *et al.* **Cerrado: Conhecimento científico quantitativo como subsídio para ações de conservação**. UNB, Brasília, p. 225–238, 2010.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>

RÖSCH, V. *et al.* Landscape composition, connectivity and fragment size drive effects of grassland fragmentation on insect communities. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, n. 2, p. 387–394, abr. 2013.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; WYCKHUYS, K. A. G. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. **Biological Conservation**, v. 232, p. 8–27, abr. 2019.

SHAW, M. R.; HOCHBERG, M. E. The Neglect of Parasitic Hymenoptera in Insect Conservation Strategies: The British Fauna as a Prime Example. **Journal of Insect Conservation**, v. 5, p. 253–263, 2001.

SIMPLÍCIO, V. D. S. *et al.* Natural Areas of Cerrado Foster Wasp (Hymenoptera) Diversity in Human Modified Landscapes. **Environmental Entomology**, v. 51, n. 2, p. 370–377, 22 abr. 2022.

SIQUEIRA, T.; LACERDA, C. G. T.; SAITO, V. S. How Does Landscape Modification Induce Biological Homogenization in Tropical Stream Metacommunities? **Biotropica**, v. 47, n. 4, p. 509–516, jul. 2015.

STRASSBURG, B. B. N. *et al.* Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 4, p. 0099, abr. 2017.

STRICKLAND, C.; KRISTENSEN, N. P.; MILLER, L. Inferring stratified parasitoid dispersal mechanisms and parameters from coarse data using mathematical and Bayesian methods. **Journal of The Royal Society Interface**, v. 14, n. 130, p. 20170005, maio 2017.

TSCHARNTKE, T. *et al.* Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. **Biological Reviews**, v. 87, n. 3, p. 661–685, ago. 2012.

TYLIANAKIS, J. M.; TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A.-M. Diversity, ecosystem function, and stability of parasitoid-host interactions across a tropical habitat gradient. **Ecology**, v. 87, n. 12, p. 3047–3057, dez. 2006.

YANG, Z. *et al.* The effect of environmental heterogeneity on species richness depends on community position along the environmental gradient. **Scientific Reports**, v. 5, n. 1, p. 15723, 28 out. 2015.

YU, D. S.; van ACHTERBERG, C.; HORSTMANN, K. 2016. **World Ichneumonoidea. Taxonomy, biology, morphology and distribution.** Vancouver. Disponível em: [www.taxapad.com](http://www.taxapad.com). Acesso em: 18 ago. 2023.