

DAVID LOPES TEIXEIRA

**RELAÇÕES ENTRE GRUPOS FUNCIONAIS E ESPÉCIES DE INSETOS EM
PLANTAS DE *Terminalia argentea* (COMBRETACEAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: José Cola Zanuncio

Coorientadores: Germano Leão D. Leite
José Eduardo Serrão

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2023**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

T266r
2023
Teixeira, David Lopes, 1991-
Relações entre grupos funcionais e espécies de insetos em plantas
de *Terminalia argentea* (*Combretaceae*) / David Lopes Teixeira. - Viçosa,
MG, 2023.
1 dissertação eletrônica (39 f.): il.

Orientador: José Cola Zanuncio.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Entomologia, 2023.
Referências bibliográficas: f. 32-39.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.405>
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Relação inseto-planta. 2. Recuperação ecológica. 3. *Terminalia argentea*. I. Zanuncio, José Cola, 1950-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Entomologia. Mestrado em Entomologia. III. Título.

CDD 22. ed. 576.875

Bibliotecário(a) responsável: Euzébio Luiz Pinto CRB-6/3317


DAVID LOPES TEIXEIRA

RELAÇÕES ENTRE GRUPOS FUNCIONAIS E ESPÉCIES DE INSETOS EM
PLANTAS DE *Terminalia argentea* (COMBRETACEAE)

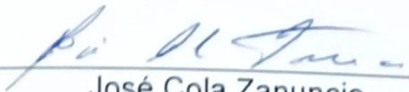
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 25 de março de 2023.

Assentimento:



David Lopes Teixeira
Autor



José Cola Zanuncio
Orientador

Aos meus pais e irmãos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a força criadora que move o universo e proporciona a existência por seus feitos. Através dela agradeço por minha família e amigos, principalmente aos meus pais Vitor H. Teixeira e Maria D.A.L. Teixeira pela educação, exemplo e por me ajudarem a alcançar meus objetivos. Às minhas irmãs Isadora A. Teixeira e Vitória A. Teixeira que são minhas companheiras de educação. Dos amigos faço um agradecimento especial a Mayra S. Costa pelo companheirismo, conselhos e ajuda com as decisões técnicas.

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos. Agradeço, também, ao Prof. José C. Zanuncio, pela orientação e ao Profs. Germano L.D. Leite e José E. Serrão pela coorientação. Além disso, agradeço ao segundo pela estrutura do projeto e por meio de quem também agradeço a Universidade Federal de Minas Gerais. Agradeço às Profa. Angelica Plata e à Dra. Bárbara M.C. Castro pelas contribuições no aprendizado de escrita científica, juntamente, com o Prof. Zanuncio. Agradeço ao Prof. Pedro G. Lemes por seus conselhos e disponibilidade para resolução de dúvidas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, pelas agências brasileiras “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)”, “Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG)” e “Programa Cooperativo de Proteção Florestal (PROTEF) do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF)”. Agradecemos aos taxonomistas Dr. Antônio Domingos Brescovit (Instituto Butantan, São Paulo, Brasil) (Arachnida), Dr. Ayr de Moura Bello (Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil) (Coleoptera), Dr. Carlos Matrangolo (UNIMONTES, Minas Gerais, Brasil) (Formicidae), Dr. Ivan Cardoso Nascimento (EMBRAPA-ILHÉUS, Bahia, Brasil) (Formicidae), Dra. Luci Boa Nova Coelho (Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil) (Cicadellidae) e Dr. Paulo Sérgio Fiuza Ferreira (Hemiptera) (Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil). Os números dos comprovantes dos insetos identificados são IBSP 36921–36924 (Instituto Butantan,

São Paulo, Brasil) para insetos e 1595/02 e 1597/02 (CDZOO, Universidade Federal do Paraná, Paraná, Brasil).

Enfim, agradeço a todos que, de alguma maneira, contribuíram com mais essa conquista.

Procure estar sempre cercado por pessoas que tenham seus mesmos interesses, e tente estar cercado pelas melhores.

(Jorge Zafra)

RESUMO

TEIXEIRA, David Lopes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2023. **Relações entre grupos funcionais e espécies de insetos em plantas de *Terminalia argentea* (Combretaceae).** Orientador: José Cola Zanuncio. Coorientadores: Germano Leão Demolin Leite e José Eduardo Serrão.

Terminalia argentea Mart. (Combretaceae), árvore nativa do Brasil, é utilizada na recuperação de áreas degradadas e a massa foliar dessa planta pode afetar as relações entre grupos funcionais de espécies de insetos associados à mesma. Índices ecológicos e interações de artrópodes foram utilizados em programa de dois anos para avaliar as relações entre insetos com a massa foliar de plantas de *T. argentea*. A abundância, riqueza e diversidade de hemípteros sugadores de seiva, formigas cuidadoras e predadores de hemípteros aumentaram com o número de folhas de *T. argentea*. As abundância e riqueza de formigas cuidadoras e predadores de hemípteros correlacionaram-se, positivamente, com as de hemípteros sugadores de seiva. A abundância e riqueza de predadores de hemípteros diminuíram com a abundância e riqueza de formigas cuidadoras e de hemípteros sugadores de seiva. As correlações positivas entre as variáveis analisadas, para os grupos de insetos com a massa foliar, são um exemplo clássico da relação ecológica bottom-up, caracterizada pelo efeito dos níveis tróficos inferiores sobre os superiores. A massa foliar de *T. argentea*, planta hospedeira de artrópodes, usada em programas de recuperação de áreas degradadas contribui com as relações ecológicas entre os organismos presentes na mesma.

Palavras-chave: Conservação. Predação. Protocooperação. Recuperação. Savana.

ABSTRACT

TEIXEIRA, David Lopes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March 2023. **Relationships between functional groups and insect species in *Terminalia argentea* (Combretaceae) plants.** Adviser: José Cola Zanuncio. Co-advisers: Germano Leão Demolin Leite and José Eduardo Serrão.

Terminalia argentea Mart. (Combretaceae), a native tree species to Brazil, is used in the recovery of degraded areas and its leaf mass can affect the relationships between functional groups of insect species associated to this plant. Ecological indices and arthropod interactions were used to evaluate the effect of leaf mass in *T. argentea* plants in a two-year program on these insects. The abundance, richness and diversity of sap-sucking Hemiptera, tending ants and Sternorrhyncha predators increased with the number of *T. argentea* leaves. Abundance and richness of tending ants and predatory Sternorrhyncha were positively correlated with those of sap-sucking Hemiptera. The abundance and richness of Sternorrhyncha predators decreased with those of tending ants and sap-sucking hemipterans. The positive correlations between the variables analyzed for the groups of insects and the leaf mass are a classic example of the bottom-up ecological relationship, characterized by the lower trophic levels affecting higher ones. *Terminalia argentea*, host plant of many arthropods, is promising for recovery programs of degraded areas, including soil and vegetation and the ecological relationships between organisms.

Keywords: Conservation. Predation. Protocooperation. Recovery. Savannah.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Biplot das relações entre as variáveis hemípteros sugadores de seiva, predadores de hemípteros e formigas onívoras (A) e entre a abundância da família/espécies coletadas (B) e a massa foliar de árvores de *Terminalia argentea* (Combretaceae).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de componentes principais (PCA) das correlações entre hemípteros sugadores de seiva, predadores de hemípteros e formigas onívoras e a massa foliar de plantas de *Terminalia argentea* 29

Tabela 2 – Análise da correlação entre a massa foliar de *Terminalia argentea* (Combretaceae) (D1) e a abundância de famílias/espécies (D2) coletadas em *T. argentea* (dois componentes ou dimensões principais- PCA) 29

Tabela 3. Abundância, riqueza e diversidade dos grupos funcionais de insetos Hemiptera fitófagos (HF), predadores de Hemiptera (PH) e formigas cuidadoras (FC); a abundância média e a acumulada (Ab. Acum.) de famílias/espécies de insetos e a massa foliar média (MFM) e acumulada (MFA) de plantas de *T. argentea* durante 48 meses de coletas nestas plantas 30

SUMÁRIO

<u>1. INTRODUÇÃO</u>	12
<u>2. REVISÃO DE LITERATURA</u>	14
<u>3. MATERIAIS E MÉTODOS</u>	20
<u>3.1 Área de estudo</u>	20
<u>3.2 Desenho experimental</u>	20
<u>3.3 Coleta de artrópodes</u>	20
<u>3.4 Análise de dados</u>	21
<u>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	22
<u>4.1 Relação entre a abundância, diversidade e riqueza de hemípteros sugadores de seiva, formigas cuidadoras e predadores de Hemiptera com a massa foliar de <i>T. argentea</i></u>	22
<u>4.2 Relação da abundância, diversidade e riqueza de predadores com as de formigas cuidadoras e hemípteros sugadores de seiva em <i>T. argentea</i></u>	23
<u>4.3 Relações entre abundância, diversidade e riqueza de família/espécies de formigas cuidadoras e predadoras Sternorrhyncha com a abundância de hemípteros sugadores de seiva e a massa foliar de <i>T. argentea</i></u>	24
<u>5.1. Informações a respeito dos dados coletados</u>	27
<u>5.1.1. Dados</u>	27
<u>5. CONCLUSÕES</u>	31
<u>REFERÊNCIAS</u>	32

1. INTRODUÇÃO

As Estudos sobre interações entre a fauna em *Terminalia argentea* Mart. (Combretaceae) são necessárias porque esta planta nativa, amplamente, distribuída no Brasil, é adaptada a solos pobres e secos e utilizada para recuperação de áreas de Cerrado stricto sensu (Lorenzi 2002). Insetos são importantes na ciclagem de nutrientes, alimento para pássaros e outros animais e na dinâmica da floresta (Manhães et al. 2013). Hemípteros sugadores de seiva, insetos comuns em florestas tropicais, são presas de predadores (Leite et al. 2016), hospedeiros de parasitóides (Moura & Carvalho 2021), e a melada de sua secreção é recurso alimentar para abelhas, formigas e vespas (Baronio et al. 2012). Por isso a presença, desses organismos, pode contribuir com efeito trófico de baixo para cima, impactando populações de outros insetos (McCary et al. 2020). A abundância desses insetos pode indicar plantas hospedeiras férteis e aumentar o número de predadores e parasitóides (Caballero-López et al. 2016), mas essas relações são pouco estudadas em plantas individuais em programas de recuperação de áreas degradadas (Silva et al. 2023). A escolha das relações, a serem estudadas, depende do conhecimento das interações entre a fauna de insetos (Silva et al. 2023).

A massa foliar é o incremento do número de folhas durante o desenvolvimento de plantas ao longo do tempo com relação direta com o fornecimento de recursos para insetos (Silva et al. 2021). Esses recursos podem ser uma melhor nutrição das plantas, o que pode atrair grupos de insetos como Hemiptera (McCary et al. 2020). Essa atração pode resultar em efeito de baixo para cima afetando o comportamento de formigas cuidadoras de Hemiptera e dos predadores desses insetos (McCary et al. 2020). Formigas necessitam de recursos fornecidos por esses Hemiptera e, portanto, tendem a protegê-los, reduzindo a diversidade, riqueza e abundância de seus predadores (Baronio et al. 2012). Por outro lado, predadores mais adaptados podem burlar esse mecanismo de defesa das formigas cuidadoras e, por isso, aumentando suas populações (Bächtold & Del-Claro 2013). O aumento da massa foliar pode, também, reduzir a disputa por recursos, fornecer abrigo e local para forrageamento favorecendo a diversidade, riqueza e abundância dos insetos (Silva et al., 2014).

Relações entre insetos tendem a serem mais diversas em plantas com arquitetura vegetal mais complexa (Silva et al., 2014), por suportar uma comunidade

mais ampla de insetos com interações entre os mesmos (Pezzini et al. 2019). O patrulhamento por formigas cuidadoras de Hemiptera, por exemplo, pode beneficiar outros Hemiptera não cuidado por elas, aumentando a diversidade, riqueza e abundância desses herbívoros (Velasco et al. 2010). Isso foi observado em formigas se alimentando de seiva vegetal, após a retirada do aparelho bucal por percevejos Pentatomidae (Scaccini & Pozzebon 2021). Essas relações são específicas, localmente, e dependem de cada planta, aumentando a necessidade de se identificar os grupos de insetos e suas relações (Silva et al. 2023).

Terminalia argentea é, amplamente, utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas, mas a relação entre insetos com sua massa foliar é pouco conhecida. Por isso, índices ecológicos de diversidade, riqueza e abundância de insetos com a massa foliar dessa planta precisam ser mais bem estudados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

As O efeito de distúrbios em florestas no mundo varia com a frequência, intensidade, proporção e tipo dos mesmos (Costina-Segarra et al. 2021). Esses distúrbios podem ser naturais ou de origem antrópica (Hampe et al. 2020) com cerca de 60% das florestas tropicais do planeta degradadas devido à exploração humana (Chazdon 2003) e que precisam ser recuperadas (Hernández 2019). A recuperação deve considerar a fragilidade e estabilidade destes ambientes, pois a maioria das florestas sofreu algum nível de perturbação (Chazdon 2003). A estabilidade determina a forma e o objetivo de programas de recuperação florestal, com a maioria focando na estrutura florestal ou ganhos econômicos, em detrimento da estabilização, propriamente, dita (Cortina et al. 2021).

Mudança na estrutura da copa, dinâmica do solo, estoque de carbono, densidade, riqueza e diversidade de espécies vegetais são usadas na avaliação da recuperação ecossistêmicas e florestal (Chazdon 2003, Brandão et al. 2017). Fatores estruturais, como altura da árvore, biomassa acima do solo, área basal e densidade do caule são, mais, afetadas e fáceis de serem avaliadas (Chazdon 2003, Lima et al. 2018). O estoque de carbono e nutrientes permite se avaliar a dinâmica do solo e a ciclagem de nutrientes para o desenvolvimento arbóreo (Cazdon 2003, Hampe et al. 2020). A passagem de luz através da copa das árvores é utilizada na avaliação da recuperação florestal por sua relação com a densidade de plantas (Chazdon 2003). A densidade, diversidade e riqueza de espécies afetam a dinâmica dos animais e, em alguns casos, as finalidades econômicas como extrativismo e produtos madeireiros e, por isso, são variáveis chave em programas de recuperação de áreas degradadas (Chazdon 2003, Cortina et al. 2021). Outras variáveis, como insetos, com relação direta com plantas, são, também, importantes.

Insetos são o grupo mais diversificado de animais no planeta desde antes do surgimento da espécie humana (Eggleton 2020, Saunders et al. 2020). O período evolutivo contribui para esses organismos desenvolverem funções indispensáveis a vida na terra e a sociedade (Dangles & Casas 2019). No entanto, fatores antrópicos, devido ao crescimento da população humana, reduzem as funções desses organismos (Eggleton 2020, Morimoto 2020, Wagner 2020). Isto torna necessário medidas de conservação das espécies de insetos, especialmente, para manter o

papel exercido pelos mesmos. Insetos podem reduzir a produção e causarem problemas econômicos relacionados com a fome e a saúde e, por isso, considerados, inicialmente, como problemas (Dangles & Casas 2019). No entanto, esses organismos participam em processos, como o controle biológico, ciclagem de matéria orgânica, polinização, filtragem de água, dispersão de sementes e sequestro de carbono nos solos (Dangles & Casas 2019) com ganhos econômicos em torno de \$57 bilhões anuais (Dangles & Casas 2019). A produção massal e a distribuição de vespas parasitoides aumentam o uso do controle biológico (Dangles & Casas 2019). Insetos têm sido pesquisados para a alimentação humana com o desenvolvimento de políticas e tecnologias para produção em escala industrial visando aumentar a segurança alimentar e melhorar as economias e mercados locais (Dangles & Casas 2019). Na área tecnológica, a bioinspiração, soluções tecnológicas baseadas em insetos e outros invertebrados, têm sido buscadas como a síntese de biocombustíveis utilizando besouros (Morimoto 2020), a redução das emissões de CO² relacionadas ao transporte de alimentos por comunidades de agricultores e a produção de sistemas modulares de cultivo doméstico aeropônico inspirados em favos de mel das abelhas (Dangles & Casas 2019). Esse interesse, no uso dos insetos, se deve a fatores como a expansão da agricultura causando a perda de habitat devido às invasões, mudanças climáticas, poluição e uso de pesticidas e do declínio de populações de insetos aumentando perdas em seus serviços (Eggleton 2020). Insetos polinizadores são indispensáveis para cerca de um terço da produção das culturas no mundo e o declínio de suas populações pode levar a um colapso econômico (Morimoto 2020). A preservação de insetos e de seus serviços depende de medidas adequadas de manejo de seus habitats (Saunders et al. 2020) e da identificação das relações e de suas interações em ambientes preservados ou em recuperação (Saunders et al. 2020). O entendimento dos padrões permite se elaborar sistemas de manejo favorecendo insetos (Saunders et al. 2020). Ganhos econômicos, como preservação de insetos para alimentação, bioinspiração e controle biológico, podem ser obtidos além daqueles ecológicos decorrentes da preservação (Morimoto 2020) e do uso desses organismos como indicadores da recuperação de ambientes degradados.

A importância de insetos, como indicadores no monitoramento e estabilização de áreas em distúrbio ou em recuperação, tem sido demonstrada (Moretti & Legg 2009). Pequenos artrópodes, que se alimentam de madeira morta

foram associados à baixa frequência de incêndios e insetos polinizadores e herbívoros associados a incêndios em áreas de florestas de castanheiras no Sul da Suíça, refletindo as adaptações de cada grupo (Moretti & Legg 2009). Insetos nativos polinizadores tendem a ser mais frequentes em locais restaurados e herbívoros a diminuir em pastagens costeiras da Califórnia (Luong et al. 2019). A riqueza e abundância de comunidades de borboletas demonstraram serem esses insetos indicadores para se avaliar a regeneração florestal (Sáfián et al. 2011). A abundância de *Dendroctonus pseudotsugae* Erickson (Coleoptera: Curculionidae) e de *Coloradia pandora* Blake (Lepidoptera: Saturniidae) foi usada para se avaliar a resiliência desses insetos em florestas de *Pinus ponderosa* (Dougl.) Lawson (Pinaceae) após distúrbios (Bryant et al. 2019).

No estado do Mato Grosso, plantios de soja fragmentam habitats impactando populações de polinizadores e, conseqüentemente, de suas funções ecológicas em plantas dependentes dos mesmos (Ferreira et al. 2022). A fragmentação e transformações dos habitats reduzem a sobrevivência das espécies, afetam a dinâmica entre predadores e presas, dispersão de sementes, e pode causar isolamento genético e extinção local (Medici et al. 2022). Essa fragilidade ambiental deve ser considerada no planejamento e uso do solo para minimizar perdas na produção agrícola e danos ambientais (Cunha & Bravo 2022). Práticas culturais devem incluir espécies florestais adequadas para a preservação dos animais e de suas funções ambientais (Cunha & Bravo 2022), como *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae) com importância social e econômica nas regiões de ocorrência natural no Brasil (Souza et al., 2022). Essa planta depende da polinização cruzada por abelhas, moscas e vespas, para manter sua diversidade genética e evitar seu declínio no estado de Sergipe (Souza et al. 2022). A contribuição de plantas exóticas para a fauna nativa é, em geral, baixa e, por isso, é necessário se estudar cada espécie por bioma (Teixeira et al. 2022).

Relações entre insetos fitófagos, formigas, predadores e plantas se destacam entre as funções ecológicas com impacto no ecossistema (Bisseleua et al. 2017). A fragmentação de habitat pode afetar essas relações, incluindo padrões de diversidade e a taxa de extinção das espécies (Bolger et al. 2000). Além disso, pode diminuir o número de presas disponíveis para aves insetívoras, reduzindo as relações de top-down e suas populações (Bolger et al. 2000). A melada secretada por Hemiptera pode aumentar as relações de bottom-up, fornecendo açúcares para

lagartas, parasitoides, besouros e vespas (Evans et al. 2015). Efeitos em cascata trófica foram observados para Hemiptera como alimento para os anfíbios *Ololygon littorea* (Hylidae) e *Ololygon perpusilla* (Hylidae) em bromélias (Sabagh et al. 2021). No entanto, a importância de Hemiptera é, ainda, pouco estudada, principalmente, em florestas tropicais ameaçadas (Dellapé et al. 2017). Formigas são abundantes em florestas e suas relações com outros organismos inclui a dispersão de fungos, associação com Hemiptera em busca de secreção de açúcar secretada e proteção contra predadores moldando a estrutura dessas e de outros grupos de organismos (Bisseleua et al. 2017). Isto pode reduzir a riqueza e uniformizar comunidades devido à agressividade e proteção aos Hemiptera (Bisseleua et al. 2017). A dominância por determinada espécie de formiga pode ser usada no manejo de pragas (Bisseleua et al. 2017) e, em plantios de cacau, espécies invasoras reduziram a riqueza e abundância de espécies pragas (Bisseleua et al. 2017). Formigas podem também, causar impactos negativos ao dispersarem esporos de fungos causadores de doenças de plantas, como de cacau, incluindo aqueles de *Phitophthora* sp. (Bisseleua et al. 2017). No entanto, relações positivas entre formigas e Hemiptera podem facilitar o estabelecimento e aumentar populações de espécies exóticas impactando comunidades nativas (Gaigher et al. 2011). A agressividade contra predadores de Hemiptera por formigas pode, também, reduzir o controle biológico (Parrilli et al. 2021). Por exemplo, joaninhas predadoras de afídeos são, amplamente, utilizadas no controle biológico, mas formigas podem diminuir a eficiência desses inimigos naturais (Parrilli et al. 2021). Predadores, como aranhas, podem ser indicadores de ambientes perturbados, com sua abundância tendendo a aumentar em fragmentos antigos e pequenos devido à sua alimentação generalista (Bolger et al. 2000). De maneira semelhante, a abundância, riqueza e diversidade de artrópodes variam com as mudanças ambientais afetando suas relações (Bolger et al. 2000). Impactos da perda de habitat na fauna de insetos foram avaliados por índices ecológicos de riqueza, abundância e diversidade na Mata Atlântica (Dellapé et al. 2017). Relações mutualísticas de Hemiptera com formigas podem, também, variar em ambientes degradados reforçando o potencial desses insetos como indicadores (Silva et al. 2021). A planta hospedeira fornece abrigo, local de forrageamento, estruturas como nectários extraflorais, complementando a alimentação e afetando, também, as relações entre Hemiptera e formigas (Lapola et al. 2005). Plantas podem fornecer proteção química a herbívoros

afetando predadores como *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) que rejeitou *Icerya purchasi* (Hemiptera: Monophlebidae) alimentada com *Spartium* sp. (Fabaceae) (Hodek & Honek 2009). Danos por fitófagos foram maiores e mais constantes em ambientes homogêneos e com plantas menos nutridas, o que pode diminuir a produtividade das mesmas (Semeão et al. 2012). A aplicação de lodo de esgoto aumentou o crescimento e, conseqüentemente, os índices ecológicos de Hemiptera e formigas atendentes em plantas de *Acacia mangium* (Fabaceae) (Silva et al. 2021). Isto deve ser considerado em estudos de preservação e recuperação de áreas degradadas, principalmente, com emprego de árvores exóticas, muitas vezes visando, principalmente, suas características econômicas e de recuperação do solo (Gaigher et al. 2011).

Os efeitos em plantas e na comunidade de artrópodes, do lodo de esgoto, um resíduo de fácil aquisição e utilizado como fertilizante, foi estudado em área degradada em savanas do estado de Minas Gerais (Carvalho et al. 2020, Dourado et al. 2020, Gomes et al. 2023) em plantas de *Terminalia argentea* Mart. & Zucc (Combretaceae) (Carvalho et al. 2020), *Acacia mangium* Willd. (Fabales: Fabaceae) (Gomes et al. 2023) e *Acacia auriculiformis* (Fabaceae) (Dourado et al. 2020). *Terminalia argentea*, nativa do Sudoeste e Centro-Oeste do Brasil com crescimento secundário, é utilizada para a produção de madeira, carvão e recuperação de áreas degradadas (Carvalho et al. 2020). Aplicações de lodo de esgoto aumentaram o crescimento da copa dessa planta e a abundância, diversidade e riqueza de insetos fitófagos, predadores e polinizadores (Carvalho et al. 2020), com os principais grupos de insetos nessa planta e sua importância na conservação dos mesmos identificada (Carvalho et al. 2020). A distribuição espacial de artrópodes foi, também, estudada ao longo da altura e orientação horizontal de plantas de *A. mangium* e na superfície foliar de suas folhas (Silva et al. 2014), planta, também, utilizada em programas de recuperação. O aumento da dominância de *Aethalion reticulatum* (L.) (Hemiptera: Aethalionidae) e de *Trigona spinipes* Fabricius (Hymenoptera: Apidae) foi o principal problema identificado em danos a esta planta (Gomes et al. 2023). A aplicação de lodo de esgoto aumentou a cobertura do solo, abundância de insetos mastigadores, predadores e polinizadores em plantas de *A. mangium* (Silva et al. 2020), mas o aumento na abundância de insetos desfolhadores foi preocupante devido ao potencial, dos mesmos, como pragas (Silva et al. 2020). A maior produção de massa verde aumentou a

abundância de Hemiptera fitófagos e de formigas cuidadoras (Silva et al. 2021). Os maiores valores dos índices ecológicos nas plantas de *A. mangium* reforçam a teoria de biogeografia de ilha, com cada árvore individual contribuindo para aumentar a diversidade local e protegendo espécies mais vulneráveis (Silva et al. 2021). A aplicação de lodo de esgoto aumentou a cobertura do solo por *A. auriculiformis* com maior deposição de serapilheira por suas copas maiores (Dourado et al. 2020). A abundância, diversidade e riqueza de Hemiptera fitófagos e predadores de Sternorrhyncha foi maior em plantas adubadas com lodo de esgoto (Dourado et al. 2020). O número de indivíduos e picos das curvas de dominância e rarefação assíntota de artrópodes foram maiores na superfície foliar adaxial das plantas de *A. auriculiformis* (Silva et al. 2023). Esses padrões contribuem para o desenvolvimento de planos de amostragem e manejo de pragas para insetos fitófagos mais abundantes (Silva et al. 2023). No entanto, é necessário se identificar as correlações entre insetos e as espécies utilizadas na recuperação de áreas degradadas para se entender a importância dessas espécies nessas comunidades de artrópodes.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em área degradada, com perdas pronunciadas de solo, do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais em Montes Claros, Minas Gerais, Brasil (16°51' S × 44°55' W, 943 m a.s.l) de março de 2015 a fevereiro de 2017 (dois anos de coleta de insetos). O clima é tropical e seco, com precipitação anual de 1.000 a 1.300 mm, inverno seco e temperatura média anual ≥ 18 °C, segundo a classificação de Köppen (Alvares et al. 2013). O tipo de solo é Neossolo Litólico (Santana et al. 2006) com características químicas e físicas descritas (Silva et al. 2020).

3.2 Desenho experimental

Em setembro de 2014, uma muda de *T. argentea*, com 30 cm de altura, foi plantada por cova (40 × 40 × 40 cm), espaçada por dois metros, em seis linhas paralelas em terreno plano, com dois metros entre linhas e oito plantas totalizando 48 plantas das quais 24 foram adubadas com 20 L de lodo de esgoto desidratado/poço no tratamento 1 e 24 não adubadas no 2. As principais características químicas e biológicas desse lodo de esgoto desidratado foram descritas (Nogueira et al. 2007).

O número de folhas por planta foi, mensalmente, contado em 48 árvores de *T. argentea*, por dois anos consecutivos, iniciando seis meses após o transplante das mesmas. A massa foliar por planta foi calculada como o número médio de folhas por planta nas 48 avaliações.

3.3 Coleta de artrópodes

O número de insetos foi contado a cada 15 dias, por dois anos consecutivos, nas 48 árvores de *T. argentea*, entre 7:00 e 11:00 da manhã (Leite et al. 2016). Essa contagem foi realizada nas faces adaxial e abaxial por folha, selecionadas aleatoriamente, nas seções superior, média e basal da copa nos quadrantes leste, norte, oeste e sul, totalizando 12 folhas por planta por avaliação (Carvalho et al. 2020). Os insetos não foram retirados das plantas durante as avaliações, exceto até

três indivíduos por espécie para identificação. Esses insetos foram capturados com aspirador, armazenados em frascos de vidro com etanol 70% ou montados, rotulados como morfoespécies e encaminhados a especialistas para identificação ou confirmação. Em seguida, eles foram divididos nos grupos funcionais Hemiptera sugadores de seiva, formigas cuidadoras de Hemiptera e predadores de Sternorrhyncha.

3.4 Análise de dados

A abundância, diversidade e riqueza de espécies foram calculadas por grupo funcional, família e espécie quando possível, usando o software BioDiversity Professional, versão 2 (SAEG 2017). A abundância e riqueza de insetos foram os números totais de indivíduos por grupo, respectivamente, por árvore nas 48 avaliações (Begon et al. 2009). O índice de diversidade foi calculado pela fórmula de Hill (1ª ordem): $N1 = \exp(H')$, onde H' é o índice de diversidade de Shannon-Weaver (Hill 1973).

As relações entre as variáveis massa foliar e abundância, diversidade e riqueza por grupo funcional de insetos e entre a massa foliar e a abundância de indivíduos por família/espécie foram obtidas por análise de componentes principais (PCA) ($p < 0,05$) do R, versão 4.13 do software e os pacotes factoMineR e factoextra (R Core Team 2022). Um gráfico 'biplot' foi produzido para mostrar a projeção dos eixos principais em um gráfico de dispersão. Os componentes são obtidos pela interpretação da magnitude e direção dos coeficientes das variáveis originais e, quanto maior o valor absoluto desse coeficiente, mais importante será a variável correspondente, sendo escolhidas aquelas que explicam mais de 10% as variáveis analisadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Relação entre a abundância, diversidade e riqueza de hemípteros sugadores de seiva, formigas cuidadoras e predadores de Hemiptera com a massa foliar de *T. argentea*

As correlações entre a abundância, diversidade e riqueza de hemípteros sugadores de seiva, predadores Sternorrhyncha, formigas cuidadoras e com a massa foliar de *T. argentea*, foram de 44,0, 14,9 e 12,3%, respectivamente, explicando um total de 71,2% da variação dos dados (Tab. 1). Os insetos analisados e seus índices ecológicos, por grupo, e a abundância por família/espécie foram registrados (Tabela 3). A abundância, diversidade e riqueza de grupos de insetos foram, positivamente, correlacionadas com a massa foliar de *T. argentea* (primeiro componente) com, principalmente, a riqueza de hemípteros sugadores de seiva, a abundância e riqueza de formigas cuidadoras e a abundância de predadores de Hemiptera (Fig. 1A; Tab. 1).

A correlação positiva entre abundância, diversidade e riqueza por grupo de insetos com a massa foliar de *T. argentea* pode ser explicada pela maior disponibilidade de recursos em plantas com maiores valores para esse parâmetro (Silva et al. 2021), confirmando a primeira hipótese. Um maior número de insetos sugadores de seiva, atrai mais indivíduos e espécies de formigas cuidadoras, aumentando a abundância e riqueza desses insetos e dos predadores (McCary et al. 2020), caracterizando uma relação de baixo para cima, com efeito de níveis tróficos inferiores sobre os superiores (McCary et al. 2020). O aumento da massa foliar, geralmente, se deve à melhor qualidade nutricional da planta, favorecendo a riqueza de diferentes grupos de insetos sugadores de seiva (Silva et al. 2021b). Isto foi comprovado com a aplicação de lodo de esgoto melhorando a qualidade nutricional das folhas de *Acacia mangium* Willd. (Fabaceae) em área degradada de Cerrado e recuperada e, conseqüentemente, a abundância de hemípteros sugadores de seiva cuidados por formigas e predadores de Hemiptera (Silva et al. 2021). A maior diversidade e abundância de hemípteros sugadores de seiva favoreceram o aumento de formigas que se alimentam das fezes açucaradas secretada por esses insetos (Kaneko 2018). No entanto, *Brachymyrmex* spp. (Hymenoptera: Formicidae), associado ao pulgão *Aphis spiraecola* Patch, 1914 (Hemiptera: Aphididae),

aumentou seu deslocamento para atacar outros artrópodes, como os predadores Sternorrhyncha, beneficiando, indiretamente, outras espécies predadoras de Hemiptera não cuidadas por eles em cafeeiros (Velasco et al. 2010) e em plantas de soja mais velhas e adequadas ao seu desenvolvimento (Pezzini et al. 2019). Alguns grupos de predadores Hemiptera predam insetos mais abundantes e com maior riqueza, mesmo que protegidos por formigas, afetando sua abundância e riqueza (Bächtold & Del-Claro 2013).

4.2 Relação da abundância, diversidade e riqueza de predadores com as de formigas cuidadoras e hemípteros sugadores de seiva em *T. argentea*

A relação entre a abundância e riqueza de predadores hemípteros sugadores de seiva foi positiva e negativa, respectivamente. A abundância e riqueza de predadores foram, inversamente, correlacionadas com a abundância, diversidade e riqueza de formigas cuidadoras (Fig. 1A; Tab. 1). A correlação entre a diversidade de hemípteros sugadores de seiva e predadores no terceiro componente foi positiva (Fig. 1A; Tab. 1).

A correlação positiva entre a diversidade de hemípteros sugadores de seiva e predadores se deve ao aumento populacional dos primeiros, presas dos segundos, confirmando a segunda hipótese (Bächtold & Del-Claro 2013). Além disso, predadores mais adaptados, como *Pseudodoros clavatus* (Fabricius, 1794) (Diptera: Syrphidae), superam, por camuflagem química, a defesa de colônias de Hemiptera cuidadas por formigas, aumentando a diversidade de outros predadores (Bächtold e Del-Claro 2013), justificando a correlação encontrada. A relação inversa entre a abundância e riqueza de predadores com a diversidade de hemípteros sugadores de seiva, mas não de sua abundância, se deve ao fato de os primeiros poderem reduzir ou eliminar espécies herbívoras menos adaptadas, afetando sua riqueza, confirmando a segunda hipótese (Bächtold & Del-Claro 2013). Por outro lado, a maior disponibilidade de alimentos aumenta as populações de herbívoros (Velasco et al. 2010, Bächtold & Del-Claro 2013). No entanto, populações de predadores são, geralmente, menores e, portanto, podem não reduzir as de suas presas (Inayat et al. 2011).

A confirmação da terceira hipótese pela relação inversa entre a abundância e riqueza de predadores com a abundância, diversidade e riqueza de formigas se

deve ao mutualismo entre essas formigas e os Hemiptera cuidados por elas (Velasco et al. 2010). A agressividade de formigas cuidadoras afasta predadores, reduzindo o aumento populacional dos mesmos (Velasco et al. 2010). Esta correlação positiva entre formigas e Hemiptera confirma a interação entre esses insetos, aumentando a sobrevivência e reprodução de ambos os grupos de organismos os protegendo contra predadores (Bächtold & Del-Claro 2013), o que pode ser um problema devido ao seu potencial como praga.

4.3 Relações entre abundância, diversidade e riqueza de família/espécies de formigas cuidadoras e predadoras *Sternorrhyncha* com a abundância de hemípteros sugadores de seiva e a massa foliar de *T. argentea*

Os autovalores das duas primeiras componentes principais da análise foram de 24,9 e 12,7%, respectivamente, explicando 37,6% da variação dos dados e, por isso, foram selecionados. Espécies de hemípteros sugadores de seiva, predadores de Hemiptera e formigas onívoras, correlacionaram-se, positivamente, com a massa foliar de *T. argentea*, no primeiro componente, exceto a abundância, riqueza e diversidade de aleirodídeos e a abundância de pentatomídeos sugadores de seiva. A abundância, riqueza e diversidade de dolicopodídeos, entre os predadores e das espécies de formigas, também, se destacaram (Fig. 1B; Tab. 2). A correlação entre a abundância dos predadores dolicopodídeos e de sirfídeos com a dos sugadores, principalmente afídeos, foi positiva, 70% para este grupo, no segundo componente, reduzindo a da cigarra *Quesada gigas* Olivier, 1790 (Hemiptera: Cicadidae) (Fig. 1B; Tab. 2).

A seleção dos dois primeiros componentes se deve ao fato de serem aqueles que explicam os maiores valores de variação dos dados, e aceitos como padrão para esse tipo de análise, ou seja, os superiores à 10%. A correlação positiva entre a massa foliar de *T. argentea* com a maioria das variáveis analisadas mostra a importância das características vegetais na restauração das relações ecológicas em projetos de recuperação de áreas de Cerrado. Isso confirma a necessidade de se considerar as relações ecológicas dos insetos no monitoramento dessas áreas e na escolha das espécies vegetais utilizadas (Pires & Del-Claro 2014). Além disso, a correlação entre a abundância de Hemiptera sugadores de seiva com o número de folhas de *T. argentea* pode ser importante para formigas *Brachymyrmex* sp. e

Ectatomma sp. (Hymenoptera: Formicidae), atraídos pela seiva da planta liberada após a alimentação desses herbívoros (Scaccini & Pozzebon 2021). O fluxo de seiva permanece, temporariamente, após espécies sugadoras de Pentatomidae removerem seus estiletes dos tecidos vegetais, atraindo formigas cuidadoras devido à disponibilidade de açúcar nesse alimento (Scaccini & Pozzebon 2021). Esta relação foi relatada para *Halyomorpha halys* Stål, 1855 (Hemiptera: Pentatomidae) em troncos de *Fraxinus ornus* L. (Oleaceae) facilitando a alimentação de formigas (Scaccini & Pozzebon 2021). A mirmecofilia por Heteroptera, como entre *Q. gigas* e formigas cuidadoras, pode ser semelhante à de Pentatomidae sugadores de seiva e formigas cuidadoras (Scaccini & Pozzebon 2021) e precisa ser estudada para se entender seus mecanismos e importância ecológica (Silva & Fernandes 2016). A massa foliar de *T. argentea* pode ter favorecido, indiretamente, a abundância, diversidade e riqueza de Dolichopodidae devido ao aumento do número de suas presas e locais de acasalamento (Silva et al. 2014).

A correlação positiva entre a abundância de predadores Dolichopodidae e *Syrphus* sp. com o dos sugadores, principalmente *Aphis* sp. (segundo componente) deve-se ao aumento do número destes últimos estar relacionado à disponibilidade de seiva para suas colônias (Silva et al. 2014), impactando esses predadores (Hernandez 2008). Isso destaca a importância do comportamento mutualístico entre as formigas *Brachymyrmex* sp. protegendo colônias do pulgão *A. spiraecola* contra predadores e aumentando sua abundância em 6% das plantas com esses insetos no Cerrado (Bächtold & Del-Claro 2013). Essa relação é importante para o pulgão *A. spiraecola* porque suas defesas são reduzidas (Akyürek et al. 2016) sendo exposto a predadores na ausência de formigas (Akyürek et al. 2016). A importância desse comportamento aumenta a necessidade de estudos sobre a ocorrência de mutualismo entre essas espécies (Akyürek et al. 2016). A correlação positiva entre o número de indivíduos de Dolichopodidae com o pulgão *A. spiraecola* e o de folhas de *T. argentea* se deve aos mesmos mecanismos mencionados (Hernandez 2008). Isso, também, explica a correlação negativa entre Dolichopodidae, Hemiptera e *Camponotus* sp. e *Ectatomma* sp. (Hymenoptera: Formicidae), semelhante ao relatado para *Camponotus* sp. protegendo a cigarrinha *Aethalion reticulatum* (L., 1758) (Hemiptera: Aethalionidae) contra inimigos naturais em plantas de *Euterpe oleracea* Mart. (Arecaceae) (Santos & Silva 2021). A correlação positiva entre os números de indivíduos de *Syrphus* sp. com a abundância de Hemiptera, também, se

deve à maior disponibilidade de presas para esses predadores (Bächtold & Del-Claro 2013) e à camuflagem química desse inimigo natural mimetizando pulgões como relatado para *Syrphus ribesii* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Syrphidae) (Bächtold e Del Claro 2013). A seleção dos dois primeiros componentes se deve ao fato de serem aqueles que explicam os maiores valores de variação dos dados, e aceitos como padrão para esse tipo de análise, ou seja, os superiores à 10%. A correlação positiva entre a massa foliar de *T. argentea* com a maioria das variáveis analisadas mostra a importância das características vegetais na restauração das relações ecológicas em projetos de recuperação de áreas de Cerrado. Isso confirma a necessidade de se considerar as relações ecológicas dos insetos no monitoramento dessas áreas e na escolha das espécies vegetais utilizadas (Pires & Del-Claro 2014). Além disso, a correlação entre a abundância de Hemiptera sugadores de seiva com o número de folhas de *T. argentea* pode ser importante para formigas *Brachymyrmex* sp. e *Ectatomma* sp. (Hymenoptera: Formicidae), atraídos pela seiva da planta liberada após a alimentação desses herbívoros (Scaccini & Pozzebon 2021). O fluxo de seiva permanece, temporariamente, após espécies sugadoras de Pentatomidae removerem seus estiletes dos tecidos vegetais, atraindo formigas cuidadoras devido à disponibilidade de açúcar nesse alimento (Scaccini & Pozzebon 2021). Esta relação foi relatada para *Halyomorpha halys* Stål, 1855 (Hemiptera: Pentatomidae) em troncos de *Fraxinus ornus* L. (Oleaceae) facilitando a alimentação de formigas (Scaccini & Pozzebon 2021). A mirmecofilia por Heteroptera, como entre *Q. gigas* e formigas cuidadoras, pode ser semelhante à de Pentatomidae sugadores de seiva e formigas cuidadoras (Scaccini & Pozzebon 2021) e precisa ser estudada para se entender seus mecanismos e importância ecológica (Silva & Fernandes 2016). A massa foliar de *T. argentea* pode ter favorecido, indiretamente, a abundância, diversidade e riqueza de Dolichopodidae devido ao aumento do número de suas presas e locais de acasalamento (Silva et al. 2014).

A correlação positiva entre a abundância de predadores Dolichopodidae e *Syrphus* sp. com o dos sugadores, principalmente *Aphis* sp. (segundo componente) deve-se ao aumento do número destes últimos estar relacionado à disponibilidade de seiva para suas colônias (Silva et al. 2014), impactando esses predadores (Hernandez 2008). Isso destaca a importância do comportamento mutualístico entre as formigas *Brachymyrmex* sp. protegendo colônias do pulgão *A. spiraecola* contra predadores e aumentando sua abundância em 6% das plantas com esses insetos no

Cerrado (Bächtold & Del-Claro 2013). Essa relação é importante para o pulgão *A. spiraecola* porque suas defesas são reduzidas (Akyürek et al. 2016) sendo exposto a predadores na ausência de formigas (Akyürek et al. 2016). A importância desse comportamento aumenta a necessidade de estudos sobre a ocorrência de mutualismo entre essas espécies (Akyürek et al. 2016). A correlação positiva entre o número de indivíduos de Dolichopodidae com o pulgão *A. spiraecola* e o de folhas de *T. argentea* se deve aos mesmos mecanismos mencionados (Hernandez 2008). Isso, também, explica a correlação negativa entre Dolichopodidae, Hemiptera e *Camponotus* sp. e *Ectatomma* sp. (Hymenoptera: Formicidae), semelhante ao relatado para *Camponotus* sp. protegendo a cigarrinha *Aethalion reticulatum* (L., 1758) (Hemiptera: Aethalionidae) contra inimigos naturais em plantas de *Euterpe oleracea* Mart. (Arecaceae) (Santos & Silva 2021). A correlação positiva entre os números de indivíduos de *Syrphus* sp. com a abundância de Hemiptera, também, se deve à maior disponibilidade de presas para esses predadores (Bächtold & Del-Claro 2013) e à camuflagem química desse inimigo natural mimetizando pulgões como relatado para *Syrphus ribesii* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Syrphidae) (Bächtold e Del Claro 2013).

5.1. Informações a respeito dos dados coletados

5.1.1. Dados

Figura 1 – Biplot das relações entre as variáveis hemípteros sugadores de seiva, predadores de hemípteros e formigas onívoras (A) e entre a abundância da família/espécies coletadas (B) e a massa foliar de árvores de *Terminalia argentea* (Combretaceae).

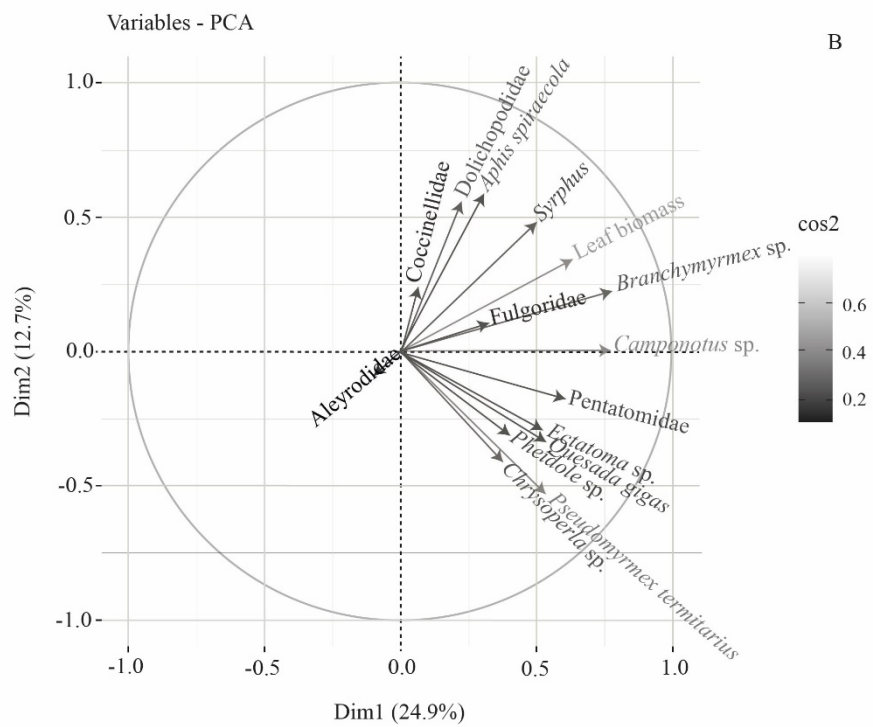
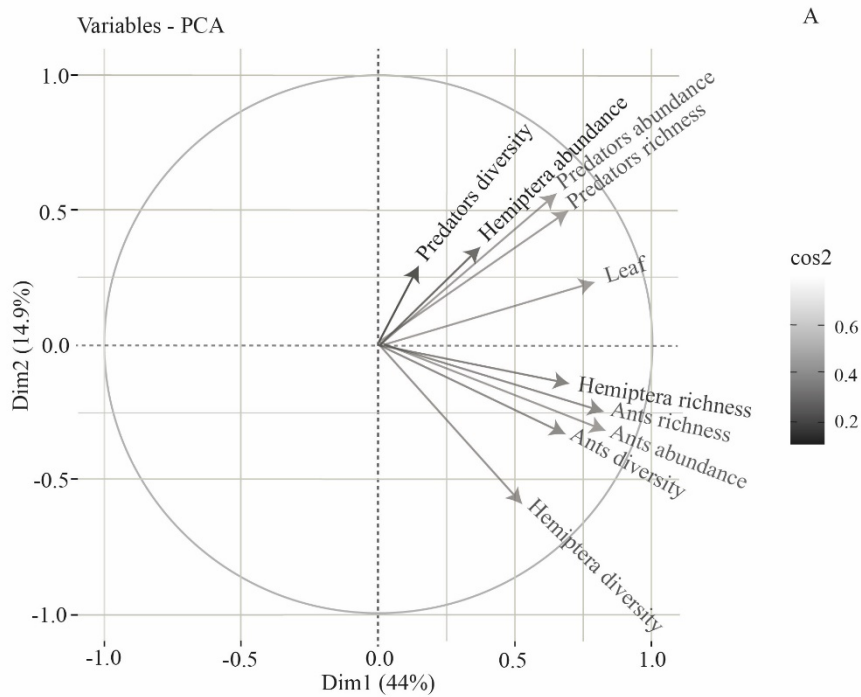


Tabela 1 – Análise de componentes principais (PCA) das correlações entre hemípteros sugadores de seiva, predadores de hemípteros e formigas onívoras e a massa foliar de plantas de *Terminalia argentea*

Variáveis	D1 (44%)*	D2 (14.9%)	D3 (12.3%)
Massa foliar	0.804	0.240	-0.219
Abundância de Hemiptera	0.378	0.366	-0.094
Diversidade de Hemiptera	0.530	-0.585	0.543
Riqueza de Hemiptera	0.705	-0.145	0.348
Abundância de predadores	0.668	0.568	0.052
Diversidade de predadores	0.147	0.292	0.759
Riqueza de predadores	0.706	0.508	0.030
Abundância de formigas	0.835	-0.319	-0.050
Diversidade de formigas	0.687	-0.328	-0.314
Riqueza de formigas	0.834	-0.249	-0.277

*Valores entre parênteses representam o percentual de explicação da variação de dados por grupo de insetos (dimensões).

Tabela 2 – Análise da correlação entre a massa foliar de *Terminalia argentea* (Combretaceae) (D1) e a abundância de famílias/espécies (D2) coletadas em *T. argentea* (dois componentes ou dimensões principais- PCA)

Variáveis	D1 (24.9%)*	D2 (12.7%)
Massa foliar	0.7847	0.2304
Pentatomidae	0.6090	-0.1712
<i>Quesada gigas</i>	0.4005	-0.3028
Aleyrodidae	-0.1006	-0.0857
<i>Aphis spiraecola</i>	0.3078	0.5874
Fulgoridae	0.3284	0.1106
<i>Chrysoperla</i> sp.	0.3797	-0.3971
Coccinellidae	0.0642	0.2438
<i>Syrphus</i> sp.	0.2283	0.5634
Dolichopodidae	0.5011	0.4781
<i>Brachymyrmex</i> sp.	0.6362	0.3449
<i>Camponotus</i> sp.	0.7786	0.0030
<i>Pheidole</i> sp.	0.5430	-0.3303
<i>Pseudomyrmex termitarius</i>	0.5395	-0.5262
<i>Ectatoma</i> sp.	0.5721	-0.3017

*valores entre parênteses são a porcentagem de explicação da variação dos dados por correlação (D).

Tabela 3. Abundância, riqueza e diversidade dos grupos funcionais de insetos Hemiptera fitófagos (HF), predadores de Hemiptera (PH) e formigas cuidadoras (FC); a abundância média e a acumulada (Ab. Acum.) de famílias/espécies de insetos e a massa foliar média (MFM) e acumulada (MFA) de plantas de *T. argentea* durante 48 meses de coletas nestas plantas

Classe	Variável			
	Grupos funcionais	Abundância	Riqueza	Diversidade
Hemiptera fitófagos (HF)		11,92	1,21	1044,36
Formigas cuidadoras (PH)		16,88	3,02	5,224
Predadores de Hemiptera (FC)		1,65	0,83	470,16
Família/Espécie	Abundância média	Ab. Acum.		
Pentatomidae (HF)	0,31	15		
<i>Quesada gigas</i> (HF)	0,08	4		
Aleyrodidae (HF)	1,23	59		
<i>Aphis spiraecola</i> (HF)	8,42	404		
Fulgoridae (HF)	1,33	64		
<i>Chrysoperla</i> sp. (PH)	0,10	5		
Coccinellidae (PH)	0,10	5		
<i>Syrphus</i> sp. (PH)	0,10	5		
Dolichopodidae (PH)	1,33	64		
<i>Brachymyrmex</i> sp. (FC)	2,83	136		
<i>Camponotus</i> sp. (FC)	6,90	307		
<i>Pheidole</i> sp. (FC)	3,81	183		
<i>Pseudomyrmex termitarius</i>	2,60	125		
<i>Ectatoma</i> sp. (FC)	1,21	58		
Massa foliar	MFM	MFA		
<i>Terminalia argentea</i>	158,67	476		

5. CONCLUSÕES

Parâmetros ecológicos de abundância, diversidade e riqueza de insetos e massa de folhas de *T. argentea* e suas interações foram obtidos por dois anos consecutivos em programa de restauração de área degradada no bioma Cerrado. A abundância, diversidade e riqueza de hemípteros sugadores de seiva, formigas cuidadoras e predadores de Hemiptera estão, diretamente, relacionados com a massa foliar de *T. argentea*, confirmando a primeira hipótese. O aumento na abundância e riqueza de predadores reduziu a diversidade de hemípteros sugadores de seiva, confirmando a segunda hipótese, e reduziu a abundância, diversidade e riqueza de formigas cuidadoras, confirmando a terceira hipótese. Esses resultados demonstram a importância de *T. argentea* na recuperação de áreas degradadas, com potencial de restabelecimento de relações ecológicas entre insetos presentes nessa planta.

REFERÊNCIAS

- Akyürek, B., U. Zeybekoglu, G. Gorur and M. Karavin. 2016. Reported aphid (Hemiptera: Aphidoidea) and ant (Hymenoptera: Formicidae) species associations from Samsun Province. *J Entomol Res Soc* 18: 97–106.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.D.M. and Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z* 22: 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Bächtold, A. and K. Del-Claro. 2013. Predatory behavior of *Pseudodorus* (Diptera, Syrphidae) on aphids tended by ants. *Rev Bras Entomol* 57: 436–439.
- Baronio, G., Pires, A. and Aoki, C., 2014. *Trigona branneri* (Hymenoptera: Apidae) as a collector of honeydew from *Aethalion reticulatum* (Hemiptera: Aethalionidae) on *Bauhinia forficata* (Fabaceae: Caesalpinoideae) in a Brazilian savanna. *Sociobiology* 59: 407–414. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v59i2.603>
- Begon, M., Townsend, C.R. and Harper, J.L., 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. 4th ed. Porto Alegre: Artmed
- Bisseleua, D.H.B., Begoude, D., Tonnang, H. and Vidal, S., 2017. Ant-mediated ecosystem services and disservices on marketable yield in cocoa agroforestry systems. *Agr Ecosyst Environ* 247: 409–417. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.07.004>
- Bolger, D.T., Suarez, A.V., Crooks, K.R., Morrison, S.A. and Case T.J., 2000. Artropods in urban habitat fragments in southern California: area, age, and edge effects. *Ecol Appl* 10: 1230–1248. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1230:AIUHFI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1230:AIUHFI]2.0.CO;2)
- Bommarco, R., Miranda, F., Bylund, H. and Björkman, R., 2011. Insecticides suppress natural enemies and increase pest damage in cabbage. *J Econ Entomol* 104: 782–791.
- Brandão, J.F.C., Martins, S.V., Brandão, I.J. and Lopes, W.P., 2017. Ecological restoration in area dominated by *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn in Caparaó National Park, MG. *Revista Árvore* 41: e410104. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882017000100004>
- Bryant, T., Waring, K., Meador, A.S. and Bradford, J.B., 2019. A framework for quantifying resilience to forest disturbance. *Frontiers in Forests and Global Change* 2: 56. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00056>

- Caballero-López, B., Blanco-Moreno, J.M., Pujade-Villar, J., Ventura, D., Sánchez-Espigares A. and Sans, F.X., 2016. Herbivores, saprovores and natural enemies respond differently to within-field plant characteristics of wheat fields. *J Insect Conserv* 20: 467–476.
- Carvalho, J.C.N., Silva, F.W.S., Leite, G.L.D., Azevedo, A.M., Teixeira, G.L., Soares, M.A., Zanoncio, J.C. and Legaspi, J.C., 2020. Does fertilization with dehydrated sewage sludge affect *Terminalia argentea* (Combretaceae) and associated arthropods community in a degraded area? *Sci Rep* 10: 11811. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68747-z>
- Chazdon, R.L., 2003. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspect Plant Ecol* 6: 51–71. <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00042>
- Coelho, A.J.P., Matos, F.A.R., Villa, P.M., Heringer, G., Pontara, V., Almado, R.P. and Meira-Neto, J.A.A., 2022. Multiple drivers influence tree species diversity and above-ground carbon stock in second-growth Atlantic forests: implication for the passive restoration. *J Environ Manage* 318: 115588. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115588>
- Cortina-Segarra, J., García-Sánchez, I., Grace, M., Andrés, P., Baker, S., Bullock, C., Decler, K., Dicks, L.V., Fisher, J.L., Frouz, J., Klimkowska, A., Kyriazopoulos, A.P., Moreno-Mateos, D., Rodríguez-González, P.M., Sarkki, S. and Ventocilla, J.L., 2021. Barriers to ecological restoration in Europe: expert perspectives. *Restor Ecol* 29: e13346. <https://doi.org/10.1111/rec.13346>
- Cunha, J.E.F. and Bravo, J.V.M., 2022. Effects of environmental protection policies on fragile areas of watershed occupied by agriculture in the Brazilian Cerrado. *J Environ Manage* 319: 115695. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115695>
- Dangles, O. and Casas, J., 2019. Ecosystem services provided by insects for achieving sustainable development goals. *Ecosyst Serv* 35: 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.12.002>
- Deklerck, V., de Mil, T., Ilondea, B.A., Nsenga, L., de Caluwé, C., Van den Bulcke, J., Van Acker, J., Beeckman H. and Hubau, W., 2019. Rate of forest recovery fire exclusion on anthropogenic savannas in the Democratic Republic of Congo. *Biol Conserv* 233: 118–130.
- Dellapé, G., Colpo, K.D., Melo, M.C., Montemayor, I. and Dellapé, P.M., 2018. Biodiversity of Coreoidea and Pentatomidae (Heteroptera) from Atlantic forest protected areas. Insights into their conservation. *An Acad Bras Cienc* 90: 109–122. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160359>

- Dourado, L.R., Demolin-Leite, G.L., Soares, M.A., Teixeira, G.L., Silva, F.W.S., Sampaio, R.A., Zanuncio, J.C. and Legaspi, J.C., 2020. Ecological indices of phytophagous Hemiptera and their natural enemies on *Acacia auriculiformis* (Fabales: Fabaceae) plants with or without dehydrated sewage sludge application in a degraded area. PLoS One 15: e0237261. [https://doi.org/ 10. 1371/journal.pone.0237261](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237261)
- Eggleton, P., 2020. The state of the world's insects. Annu Rev Env Resour 45: 61–82. [https://doi.org/10.1146/ annurev-environ-012420-050035](https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012420-050035)
- Evans, A.E., Towns, D.R. and Beggs, J.R., 2015. Relative importance of sugar resources to endemic gecko populations in an isolated island ecosystem. New Zeal J Ecol 39: 262–272. [https://www.jstor.org/ stable/10.2307/26198719](https://www.jstor.org/stable/10.2307/26198719)
- Ferreira, J.V.A., Storck-Tonon, D., Ramos, A.W.P., Costa, H.C.M., Nogueira, D.S., Mahlmann, T., Oliveira, M.L., Pereira, M.J.B., Silva, D.J. and Peres, C.A., 2022. Critical role of native forest and savannah habitats in retaining neotropical pollinator diversity in highly mechanized agricultural landscapes. Agr Ecosyst Environ 338: 108084. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108084>
- Gaigher, R., Samways, M.J., Henwood, J. and Jolliffe, K., 2011. Impact of a mutualism between an invasive ant and honeydew-producing insects on a functionally important tree on a tropical island. Biol Invasions 13: 1717–1721. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9934-1>
- Gomes, G.N., Leite, G.L.D., Soares, M.A., Guanãbens, R.E.M., Lemes, P.G. and Zanuncio, J.C., 2023. Arthropod fauna on the abaxial and adaxial surfaces of *Acacia mangium* (Fabaceae) leaves. Braz J Biol 83: e245536. [https://doi.org/ 10.1590/1519-6984.245536](https://doi.org/10.1590/1519-6984.245536)
- González-Tokman, D., Cultid-Medina, C., Diaz, A., Escobar, F., Ocampo-Palacio, L. and Martinez-Garza, C., 2018. Success or failure: the role of ecological restoration on the recovery of dung beetle diversity and function in a tropical rainforest. Rev Mex Biodivers 89: 232–242.
- Haen, H. and Réquillart, V., 2014. Linkages between sustainable consumption and sustainable production: some suggestions for foresight work. Food Secur 6: 87–100.
- Hampe, A., Alfaro-Sánchez, R. and Martín-Forés, I., 2020. Establishment of second-growth forests in human landscapes: ecological mechanisms and genetic consequences. Ann Forest Sci 77: 87. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-00993-7>

- Hernandez, M.C., 2008. Biology of *Thrypticus truncatus* and *Thrypticus sagittatus* (Diptera: Dolichopodidae), petiole miners of water hyacinth, in Argentina, with morphological descriptions of larvae and pupae. *Ann Entomol Soc Am* 101: 1042–1049.
- Hernández, J.G.G.R., 2019. Aprender a restaurar, aprender a organizarnos el caso del colectivo ciudadano pro bosque pedagógico del agua. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*: 209–227. <https://doi.org/10.14295/remea.v0i0.9474>
- Hill, M.O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54: 427–432.
- Hodek, I. and Honěk, A., 2009. Scale insects, mealybugs, whiteflies and psyllids (Hemiptera, Sternorrhyncha) as prey of ladybirds. *Biol Control* 51: 232–243. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.05.018>
- Inayat, T.P., Rana, S.A., Rana, N., Ruby, T., Siddiqi, M.J.I. and Abbas, M.N., 2011. Predator-prey relationship among selected species in the croplands of Central Punjab, Pakistan. *Pak J Agri Sci* 48: 153–157.
- Kaneko, S., 2018. Larvae of the exotic predatory ladybird *Platynaspidius maculosus* (Coleoptera: Coccinellidae) on citrus tree: prey aphid species and behavioral interactions with aphid-attending ants in Japan. *Appl Entomol Zool* 53: 85–91.
- Kopittke, P.M. and Menzies, N.W., 2007. A review of the use of the basic cation saturation ratio and the “ideal” soil. *Soil Sc Soc Am J* 71: 259–265.
- Lapola, D.M., Bruna, E.M., Willink, C.G. and Vasconcelos, H.L., 2005. Ant-Tended Hemiptera in Amazonian Myrmecophytes: patterns of abundance and implications for mutualism function (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 46: 433–442. <http://periodicos.uefs.br/ojs/index.php/sociobiology/issue/archive>
- Leite, G.L.D., Veloso, R.V.D.S., Zanuncio, J.C., Alonso, J., Ferreira, P.S.F., Almeida, C.I.M., Fernandes, G.W. and Serrão, J.E., 2016. Diversity of Hemiptera (Arthropoda: Insecta) and their natural enemies on *Caryocar brasiliense* (Malpighiales: Caryocaraceae) trees in the Brazilian Cerrado. *Fla Entomol* 99: 239–247. <https://doi.org/10.1653/024.099.0213>
- Lima, R.B.A., Freire, F.J., Marangon, L.C., Feliciano, A.L.P., Silva, R.K.S., Freire, M.B.G.S. and Freire, C.S., 2018. Nutritional efficiency of plants as na indicator of forest species for the restoration of forests, Brazil. *Sci For* 46: 415–426. <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v46n119.09>

- Lorenzi, H., 2008. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 2nd ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum.
- Luong, J.C., Turner, P.L., Phillipson, C.N. and Seltmann, K.C., 2019. Local grassland restoration affects insect communities. *Ecol Entomol* 44: 471–479. <https://doi.org/10.1111/een.12721>
- Macadam, C.R. and Stockan, J.A., 2015. More than just fish food: ecosystem services provided by freshwater insects. *Ecol Entomol* 40: 113–123. <https://doi.org/10.1111/een.12245>
- Manhães, C.M.C., Gama-Rodrigues, E.F., Silva Moço, M.K. and Gama-Rodrigues, A.C., 2013. Meso- and macrofauna in the soil and litter of leguminous trees in a degraded pasture in Brazil. *Agroforest Syst* 87: 993–1004. <https://doi.org/10.1007/s10457-013-9614-0>
- McCary, M.A., Philips, J.S., Ramiadantsoa, T., Nell, L.A., McCormick, A.R. and Botsch, J.C., 2020. Transient top-down and bottom-up effects of resources pulsed to multiple trophic levels. *Ecology* 102: e03197.
- Medici, E.P., Mexxini, S., Fleming, C.H., Calabrese, J.M. and Noonan, M.J., 2022. Movement ecology of vulnerable lowland tapirs between areas of varying human disturbance. *Movement Ecology* 10: 14. <https://doi.org/10.1186/s40462-022-00313-w>
- Moretti, M. and Legg, C., 2009. Combining plant and animal traits to assess community functional responses to disturbance. *Ecography* 32: 299–309. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2008.05524.x>
- Morimoto, J., 2020. Addressing global challenges with unconventional insect ecosystem services: why should humanity care about insect larvae? *People & Nature* 2: 582–595. <https://doi.org/10.1002/pan3.10115>
- Moura, R.R. and Carvalho, R.L., 2021. A novel trophobiotic interaction between a Neotropical stink bug and an ant species: Insights into potential benefits to the host plant. *Behav Process* 182: 104296. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2020.104296>
- Nogueira, T.A.R., Sampaio, R.A., Fonseca, I.M., Ferreira, C.S., Santos, S.E., Ferreira, L.C., Gomes, E. and Fernandes, L.A., 2007. Heavy metals and pathogens in maize – cowpea intercropping system fertilized with sewage sludge. *Rev Bras Eng Agr Amb* 11: 331–338.

- Nogueira, D.S., Calvão, L.B., Montag, L.F.A., Juen, L. and Marco Jr, P., 2016. Little effects of reduced-impact logging on insect communities on eastern Amazonia. *Environ Monit Assess* 188: 441. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5431-z>
- Noreika, N., Pärtel, M. and Öckinger, E., 2020. Community completeness as a measure of restoration success: multiple-study comparisons across ecosystems and ecological groups. *Biodivers Conserv* 29: 3807–3827. <https://doi.org/10.1007/s10531-020-02050-1>
- Oliveira, J.B.B.S., Faria, M.L., Borges, A.Z., Fagundes, M. and Araújo, W., 2020. Comparing the plant-herbivore network topology of diferente insect guilds in Neotropical savannas. *Ecol Entomol* 45: 406–415.
- Parrilli, M., Profeta, M., Casoli, L., Gambirasio, F., Masetti, A. and Brugio, G., 2021. Use of sugar dispensers to disrupt ant attendance and improve biological control of mealybugs invineyard. *Insects* 12: 330. <https://doi.org/10.3390/insects12040330>
- Pezzini, D.T., DiFonzo, C.D., Finke, D.L., Hunt, T.E., Knodel, J.J., Krupke, C.H., McCornack, B., Michel, A.P., Moon, R.D., Philips, C.R., Varenhorst, A.J., Wright, R.J. and Koch, R.L., 2019. Spatial patterns and sequential sampling plans for estimating densities of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in Soybean in the North Central Region of the United States. *J Econ Entomol* 112: 1732–1740.
- Pires, L.P. and Del-Claro, K., 2014. Variation in the outcomes of an ant-plant system: fire and leaf fungus infection reduce benefits to plants with extrafloral nectaries. *J Insect Sci* 14: 84. doi: 10.1093/jis/14.1.84
- R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available in: <<https://www.R-project.org>> (Accessed on June 9, 2022).
- Sabagh, L.T., Neutzling, A.S. and Rocha, C.F.D., 2021. Phytophagous consumption by frogs inhabiting bromeliads from Atlantic Forest. *Ethol Ecol Evol* 34: 165–179. <https://doi.org/10.1080/03949370.2021.1936652>
- SAEG, Sistema para Análises Estatísticas, versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV – Viçosa. Available at: <http://arquivo.ufv.br/saeg/>. Accessed on: 15 June 2017.
- Sáfián, S., Csontos, G. and Winkler, D., 2011. Butterfly community recovery in degraded rainforest habitats in the upper Guinean Forest zone (Kakum forest, Ghana). *J Insect Conserv* 15: 351–359. <https://doi.org/10.1007/s10841-010-9343-x>

- Santana, P.H.L., Frazão, L.A., Santos, L.D.T., Fernandes, L.A. and Sampaio, R.A., 2006. Soil attributes and production of *Eucalyptus* in monoculture and silvopastoral systems in the north of Minas Gerais, Brazil. *J Agr Sci Tech-Iran* 6: 361–370.
- Santos, R.S. and Silva, E.N., 2021. Association of ants and stingless bees with *Aetalion reticulatum* (L.) (Hemiptera: Aethalionidae) in açai tree clump planting. *Entomology Beginners* 2: e004.
- Saunders, M.E., Janes, J.K. and O’Hanlon, J.C., 2020. Moving on from the insect apocalypse narrative: engaging with evidence-based insect conservation. *BioScience* 70: 80–89. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz143>
- Scaccini, D. and Pozzebon, A., 2021. Invasive brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) facilitates feeding of European wasps and ants (Hymenoptera: Vespidae, Formicidae) on plant exudates. *Eur J Entomol* 118: 24–30.
- Semeão, A.A., Martins, J.C., Picanço, M.C., Bruckner, C.H., Bacci, L. and Rosado, J.F., 2012. Life tables for the guava psyllid *Triozoida limbata* in southeastern Brazil. *BioControl* 57: 779–788. <https://doi.org/10.1007/s10526-012-9458-y>
- Silva, F.W.S., Leite, G.L.D., Guanabens, R.E.M., Sampaio, R.A., Gusmão, C.A.G. and Zanuncio, J.C., 2014. Spatial distribution of arthropods on *Acacia mangium* (Fabales: Fabaceae) trees as windbreaks in the Cerrado. *Fla Entomol* 97: 631–638. <https://www.jstor.org/stable/24362551>
- Silva, D.P. and Fernandes, J.A.M., 2016. New evidences supporting trophobiosis between populations of *Edessa rufomarginata* (Heteroptera: Pentatomidae) and *Camponotus* (Hymenoptera: Formicidae) ants. *Rev Bras Entomol* 60: 166–170.
- Silva, J.L., Leite, G.L.D., Tavares, W.S., Silva, F.W.S., Sampaio, R.A., Azevedo, A.M., Serrão, J.E. and Zanuncio, J.C., 2020. Diversity of arthropods on *Acacia mangium* (Fabaceae) and production of this plant with dehydrated sewage sludge in degraded area. *Royal Society Open Science* 7: 191196. <https://doi.org/10.1098/rsos.191196>
- Silva, F.W.S., Leite, G.L.D., Guanabens, R.E.M., Sampaio, R.A., Gusmão, C.A.G. and Zanuncio, J.C., 2021a. Spatial distribution of arthropods on *Acacia mangium* (Fabales: Fabaceae) trees as windbreaks in the Cerrado. *Fla Entomol* 97: 631–638.
- Silva, J.L., Leite, G.L.D., Buanabens, R.E.M., Azevedo, A.M., Fernandes, G.W. and Zanuncio, J.C., 2021b. Fertilization with dehydrated sewage sludge affects the phytophagous

- Hemiptera, tending ants and Sternorrhyncha predators on *Acacia mangium* (Fabaceae). *Ann Appl Biol* 179: 345–353. <https://doi.org/10.1111/aab.12706>
- Silva, L.F., Silva, F.W.S., Leite, G.L.D., Soares, M.A., Lemes, P.G. and Zanuncio, J.C., 2023. Distribution pattern of arthropods on the leaf surfaces of *Acacia auriculiformis* saplings. *Braz J Biology* 83: e243651. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.243651>
- Souza, E.M.S., Álvares-Carvalho, S.V., Ferreir, R. and Silva-Mann, R., 2022. *Schinus terevinthifolia* Raddi: a comparative framework on population genetic structure in a restored area after 12 yrs. *Genet Resources Crop Ev* 69: 2459–2467. <https://doi.org/10.1007/s10722-022-01384-9>
- Teixeira, B.E., Nascimento, S.T., Mós, J.V.N., Oliveira, E.M., Santos, V.M., Maia, A.S.C., Fonsêca, V.F.C., Passos, B.M. and Murata, L.S., 2022. The potential of natural shade provided by Brazilian savanna trees for thermal comfort and carbon sink. *Sci Total Environ* 845: 157324. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157324>
- Velasco, Y.A.M., Roperro, C.G. and Armbrecht, I., 2010. Interactions between ants and insects in foliage of sun and shade coffee plantations, Cauca-Colombia. *Rev Colomb Entomol* 36: 116–126.
- Wagner, D.L., 2020. Insect declines in the anthropocene. *Annu Rev Entomology* 65: 457–580. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025151>
- Wolff, B.A., Duggan, S.B. and Clements, W.H., 2019. Resilience and regime shifts: do novel communities impede ecological recovery in a historically metal-contaminated stream? *J Appl Ecol* 56: 2698–2709. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13503>