

MATEUS XAVIER DE ALENCAR

**EFEITOS NA DIVERSIDADE DA ENTOMOFAUNA PELO USO DE FIPRONIL NO
CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS EM PLANTIOS DE EUCALIPTO**

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

Orientador: Ângelo Pallini Filho

Coorientadora: Madelaine Venzon

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

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

T

A368e
2024 Alencar, Mateus Xavier de, 1997-
Efeitos na diversidade da entomofauna pelo uso de fipronil
no controle de formigas cortadeiras em plantios de eucalipto /
Mateus Xavier de Alencar. – Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (45 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Ângelo Pallini Filho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Entomologia, 2024.

Referências bibliográficas: f. 36-43.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.567>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. *Atta sexdens*. 2. *Eucalyptus urophylla*.
3. Formiga-cortadeira - Controle. 4. Biodiversidade.
5. Inseticidas. 6. Insetos florestais. 7. Indicadores ambientais.
I. Pallini Filho, Ângelo, 1965-. II. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Entomologia. Programa de
Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal. III. Título.

CDD 22. ed. 595.796


MATEUS XAVIER DE ALENCAR

**EFEITOS NA DIVERSIDADE DA ENTOMOFAUNA PELO USO DE FIPRONIL NO
CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS EM PLANTIOS DE EUCALIPTO**


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

APROVADA: 28 de junho de 2024.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 **MATEUS XAVIER DE ALENCAR**
Data: 18/09/2024 08:11:20-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Mateus Xavier de Alencar
Autor

Documento assinado digitalmente
 **ANGELO PALLINI FILHO**
Data: 18/09/2024 08:04:07-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Ângelo Pallini Filho
Orientador

Aos meus pais e irmãos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, expresso minha profunda gratidão a Deus, que ilumina meus caminhos e me dá força em todos os momentos.

Aos meus queridos pais, João Batista de Alencar e Luzinete Maria Xavier de Alencar, estendo meu sincero agradecimento por seus incansáveis incentivos e esforços dedicados à continuidade dos meus estudos, fornecendo-me não só apoio material, mas também emocional.

Aos meus irmãos, Jeferson Xavier de Alencar, Igor Xavier de Alencar e Maria Flavia Alencar, agradeço imensamente por todo o suporte, companheirismo e afeto que me proporcionaram, sendo pilares de apoio em minha jornada.

Um agradecimento especial a Flavia Galvan Tedesco, cuja inspiração, incentivo e paciência foram fundamentais, especialmente nos momentos mais desafiadores. Sua presença e apoio foram essenciais para a minha perseverança e sucesso.

Ao meu orientador, Dr. Angelo Pallini, expresso minha profunda gratidão por sua orientação precisa e contribuições significativas ao estudo. Sua expertise e dedicação foram cruciais para a realização e qualidade deste trabalho.

Estendo meus agradecimentos a toda Equipe de Tecnologia Florestal da Eldorado Brasil, especialmente a Luciano Flavio Neves Ramos, Idegrades Nunes Fernandes e Gabriel Banos Rodrigues pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”.

(Josué 1:9)

RESUMO

ALENCAR, Mateus Xavier de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2024. **Efeitos na diversidade da entomofauna pelo uso de fipronil no controle de formigas cortadeiras em plantios de eucalipto.** Orientador: Ângelo Pallini Filho. Coorientadora: Madelaine Venzon.

Formigas cortadeiras, particularmente do gênero *Atta*, constituem um desafio significativo em plantações de eucalipto, afetando adversamente a produção florestal no Brasil. Para o controle dessas pragas, os agricultores frequentemente recorrem ao uso do fipronil, um inseticida cuja eficácia é reconhecida, mas que suscita preocupações quanto aos seus efeitos em organismos não-alvo e no meio ambiente. Este estudo focou na eficácia do fipronil contra *Atta sexdens* e em seus impactos sobre a entomofauna associada ao *Eucalyptus urophylla*. Em talhões tratados e não tratados, verificou-se que o fipronil, aplicado a 40 g de i.a/ha, controlou de forma eficaz *A. sexdens*, reduzindo sua presença em até 95% após 130 dias de tratamento. Avaliações faunísticas prévias à intervenção indicaram que não houve diferenças significativas nos índices de abundância, riqueza e diversidade da entomofauna entre a área tratada com o inseticida e a área testemunha, sugerindo níveis semelhantes desses parâmetros faunísticos nos estratos arbóreo e do solo. No estrato arbóreo, a aplicação do inseticida não impactou negativamente os índices faunísticos. Quando avaliado a abundância de abelhas e parasitoides presentes no estrato arbóreo de forma isolada durante o período de avaliação, ambos também não sofreram influência negativa do inseticida pulverizado ao solo e se manteve estável. Contudo, aos 288 dias, observou-se uma variação populacional, provavelmente devido a um surto de *Carpophilus* sp. (Coleoptera: Nitidulidae), com 1.222 e 458 indivíduos coletados nas áreas tratada e controle, respectivamente. Este evento afetou a diversidade, refletida no índice Shannon, que foi significativamente menor ($f=7,81$; $p = 0,039$) na área tratada (0,95) em comparação com a controle (1,71), no final do período de avaliação. No estrato do solo, foi registrada uma redução temporária e significativa na abundância aos 97 dias ($f=14,19$; $p = 0,002$) e 188 dias ($f=8,08$; $p = 0,033$), a riqueza na área tratada também sofreu uma redução significativa aos 97 dias ($f= 28,69$; $p = 0,002$) e aos 188 dias ($f= 7,56$; $p = 0,004$). Esta redução foi atribuída principalmente aos táxons da família Formicidae, não sendo observado de forma significativa em outras famílias presentes no solo. Após 288 dias, os índices entre a área tratada e a

testemunha voltaram a apresentar semelhança devido a recuperação da entomofauna no estrato do solo. As variações da abundância e riqueza no estrato do solo não refletiu em uma redução significativa no índice de diversidade para a área tratada em relação a testemunha, porém é possível observar a queda dos valores médios durante o momento de influência do inseticida. Portanto, a conclusão integrada aponta para uma clara distinção no impacto do fipronil entre os dois estratos estudados. Enquanto o estrato arbóreo permaneceu praticamente inalterado, sugerindo uma influência mínima do tratamento direcionado ao solo na fauna arbórea, incluindo parasitoides e abelhas, que não apresentaram variações significativas em suas populações, no estrato do solo, o impacto do fipronil manifestou-se de maneira mais evidente e prolongada. Este efeito começou aos 97 dias e se estendeu até 188 dias, sendo particularmente significativo na abundância e diversidade da família Formicidae, embora essas mudanças não tenham sido permanentes.

Palavras-chave: *Atta sexdens*. *Eucalyptus urophylla*. Biodiversidade. Inseticida. Insetos florestais. Indicadores ecológicos.

ABSTRACT

ALENCAR, Mateus Xavier de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2024. **Effects on entomofauna diversity by using fipronil to control leaf-cutting ants in eucalyptus plantations.** Adviser: Angelo Pallini Filho. Co-adviser: Madelaine Venzon.

Leaf-cutting ants, particularly of the genus *Atta*, pose a significant challenge in eucalyptus plantations, adversely affecting forest production in Brazil. To control these pests, farmers often resort to using fipronil, an insecticide known for its efficacy but raising concerns about its effects on non-target organisms and the environment. This study focused on the efficacy of fipronil against *Atta sexdens* and its impacts on the entomofauna associated with *Eucalyptus urophylla*. In treated and untreated plots, fipronil, applied at 40 g a.i./ha, effectively controlled *A. sexdens*, reducing its presence by up to 95% after 130 days of treatment. Faunistic assessments prior to intervention indicated no significant differences in abundance, richness, and diversity indices of the entomofauna between the insecticide-treated area and the control area, suggesting similar levels of these faunistic parameters in the arboreal and soil strata. In the arboreal stratum, the insecticide application did not negatively impact faunistic indices. When evaluating the abundance of bees and parasitoids present in the arboreal stratum in isolation during the assessment period, both were also unaffected by the soil-applied insecticide and remained stable. However, at 288 days, a population variation was observed, likely due to an outbreak of *Carpophilus sp.* (Coleoptera: Nitidulidae), with 1,222 and 458 individuals collected in the treated and control areas, respectively. This event affected diversity, reflected in the Shannon index, which was significantly lower ($f=7.81$; $p=0.039$) in the treated area (0.95) compared to the control (1.71) at the end of the evaluation period. In the soil stratum, a temporary and significant reduction in abundance was recorded at 97 days ($f=14.19$; $p=0.002$) and 188 days ($f=8.08$; $p=0.033$), and richness in the treated area also significantly decreased at 97 days ($f=28.69$; $p=0.002$) and 188 days ($f=7.56$; $p=0.004$). This reduction was mainly attributed to taxa of the Formicidae family, not being significantly observed in other families present in the soil. After 288 days, the indices between the treated and control areas returned to similarity due to the recovery of the soil entomofauna. The variations in abundance and richness in the soil stratum did not result in a significant reduction in the diversity index for the treated area compared to the control, although a decrease in mean values during the period of insecticide

influence is observable. Therefore, the integrated conclusion indicates a clear distinction in the impact of fipronil between the two studied strata. While the arboreal stratum remained practically unchanged, suggesting minimal influence of soil treatment on arboreal fauna, including parasitoids and bees, which showed no significant variations in their populations, in the soil stratum, the impact of fipronil was more evident and prolonged. This effect began at 97 days and extended up to 188 days, being particularly significant in the abundance and diversity of the Formicidae family, although these changes were not permanent.

Keywords: *Atta sexdens*. *Eucalyptus urophylla*. Biodiversity. Insecticide. Forest insects. Ecological indicators.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Posicionamento dos tratamentos na área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e área controle, sem tratamento, em plantio de *Eucalyptus* spp. Selvíria - MS (2022) 54,28 hectares..... 19
- Figura 2** - Metodologia para pulverização de fipronil direcionado ao solo 19
- Figura 3** - Transectos para onde foram realizados o monitoramento de formigas cortadeiras em plantio de *Eucalyptus* spp. Selvíria - MS (2022)20
- Figura 4** - Metodologia de mensuração da área (m² de terra solta) durante o monitoramento de formigas cortadeiras em plantio de *Eucalyptus* spp.21
- Figura 5** - Posicionamento das repetições (R1, R2, R3 e R4) com estruturas de coleta (Armadilhas Adesivas, Mcphail, Pitfall e Coleta de Solo) na área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e na testemunha em plantio de *Eucalyptus* spp. Selvíria - MS (2022) ...22
- Figura 6** - Estrutura de coleta de artrópodes com armadilha adesivas (a), Pitfall (b), McPhail (c) e local para coleta (d) de solo em cada repetição em plantio de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022).....23
- Figura 7** - Cronograma de Coleta por Armadilha em cada período de coleta.....23
- Figura 8** - a) Bandeja de triagem; b) Classificação e codificação a nível de morfoespécie; c) Armadilhas adesivas com identificação dos indivíduos; d) Funil de Berlese para a extração de artrópodes do solo.....24
- Gráfico 1** - Infestação (m² Terra Solta / hectare) de *Atta sexdens* 30 dias antes e 130 dias após o controle para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e controle sem tratamento.26
- Gráfico 2** - Abundância dos artrópodes, coletados nos estratos arbóreo e solo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.44

Gráfico 3 - Riqueza dos artrópodes, coletados nos estratos arbóreo e solo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.....44

Gráfico 4 - Índice de Diversidade de Shannon-Wiener coletados nos estratos arbóreo e solo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.45

Gráfico 5 - Curva do coletor de morfoespécies coletados em armadilha adesivas, Pitfall, McPhail e coleta de solos em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.....45

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Abundância e riqueza dos artrópodes, coletados nos estratos arbóreo e no solo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e área controle.....31
- Tabela 2** - Abundância de *Carpophilus* sp. e outros artrópodes coletados no estratos arbóreo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e controle31
- Tabela 3** - Abundância e riqueza (97 e 188 DAT- Dias Após Tratamento) de formigas (Hymenoptera: Formicidae) e outros artrópodes, coletados no estrato solo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.....31
- Tabela 4** – Quantidade absoluta de indivíduos e representatividade dos táxons de parasitoides e polinizadores, coletados nos estratos arbóreo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.....32
- Tabela 5** - Abundância de polinizadores e parasitoides, coletados nos estratos arbóreo e solo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.33
- Tabela 6** - Índice de Diversidade de Shannon-Wiener coletados nos estratos arbóreo e solo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAIS E MÉTODOS	18
2.1. Caracterização da área e dos tratamentos	18
2.2. Monitoramento de formigas cortadeiras em plantios de eucalipto	19
2.3. Coleta de Insetos em Plantios de Eucalipto	21
2.4. Identificação e Quantificação dos insetos	23
2.5. Análise Faunística	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
3.1. Eficiência de controle do fipronil sobre <i>Atta Sexdens</i>	25
3.2. Abundância e riqueza de artrópodes no estrato arbóreo e estrato do solo	26
3.3. Índice de Shannon-Weaver no estrato arbóreo e estrato do solo	33
4. CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS.....	36
APÊNDICE A – Notas	44

1. INTRODUÇÃO

A área total de florestas plantadas no Brasil em 2022 totalizou 9,93 milhões de hectares, com predominância dos plantios de eucalipto com 7,53 milhões de hectares. O setor florestal brasileiro possui a maior produtividade mundial, quando considerado o volume de madeira por área ao ano, com 38,9 m³/ha em plantios de eucalipto (IBÁ, 2023). No entanto, essas espécies florestais no Brasil têm sofrido com o aumento de insetos-praga, tendo como principais problemas as pragas nativas como as formigas cortadeiras, os cupins, as lagartas desfolhadoras e o besouro amarelo (WILCKEN et al., 2003). As formigas cortadeiras são as pragas mais prejudiciais nas plantações florestais brasileiras, impactando severamente a produção (OLIVEIRA et al., 1993).

Devido ao seu comportamento de recortar a vegetação fresca, as formigas cortadeiras são percebidas como as pragas mais críticas de plantações florestais, especialmente as que envolvem espécies dos gêneros *Pinus*, *Eucalyptus* e *Acacia*. Esses insetos são capazes de desfolhar completamente tanto as mudas quanto as plantas adultas. No entanto, a idade das plantas pode determinar a vulnerabilidade e os danos provocados por essas formigas. Em geral, as plantas jovens sofrem danos mais graves, portanto, durante a etapa inicial de plantio, os prejuízos provocados por esses insetos podem ser irreversíveis dada a fragilidade das mudas (DELLA LUCIA, 2011).

Apesar dos danos provocados em plantas cultivadas, as saúvas do gênero *Atta*, conhecidas como formigas-cortadeiras, desempenham um papel crucial nos ecossistemas, influenciando a disponibilidade de recursos para diversas espécies. Elas contribuem significativamente para a ciclagem de nutrientes, especialmente em áreas com solos de menor fertilidade, impactando assim a dinâmica ecológica (COUTINHO, 1984; JONES et al., 1994).

As formigas-cortadeiras têm uma notável habilidade para cortar vegetação, impactando entre 12% e 17% da produção primária nas florestas tropicais. Seu crescimento descontrolado pode resultar em prejuízos significativos para florestas plantadas, pois estas podem consumir cerca de 15% da produção florestal (ANOS et al., 1998; CHERRETT, 1986; HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; DELLA LUCIA, 2011).

As espécies de formigas cortadeiras mais relevantes em florestas plantadas no Brasil, segundo Lima et al. (2001), são *Acromyrmex aspersus*, *Acromyrmex*

crassispinus, *Atta laevigata*, *Acromyrmex niger*, *Atta sexdens*, *Acromyrmex subterraneus* e *Acromyrmex disciger* (ZANUNCIO et al., 2016; COSTA et al., 2018).

O nível de dano econômico de formigas cortadeiras em plantações de eucalipto pode variar, com infestações de 13,4 a 39,2 m² de formigueiros por hectare, podendo causar uma redução de até 0,13 m³/ha ao sétimo ano para cada 1m² de infestação (SOUZA et al., 2011).

Devido ao grande potencial de dano, faz-se necessário um plano amostral frequente para monitoramento dos níveis de infestação e para a definição da necessidade de intervenção. Para otimização do monitoramento é possível a utilização de amostragens realizadas em transectos com uma distância entre eles de 96 m, sendo possível obter resultados semelhantes ao censo (ALMEIDA REIS et al., 2010). Através do plano amostral é possível obter informações como área total de formigueiro (m²/ha) e também a densidade de formigueiros (quantidade/ha), sendo essas as informações mais relevantes para a definição da necessidade de controle.

A estratégia de combate a essas formigas envolve o emprego de substâncias químicas aliado ao monitoramento constante das áreas plantadas (ZANETTI et al., 2003). O principal método de controle utilizado são as iscas formicidas, que são espalhados de maneira sistemática ou localizada, tanto antes quanto depois do plantio. O método sistemático envolve a dispersão de iscas formicidas em pontos equidistantes um do outro, com o objetivo de abranger toda a área a ser tratada. Por outro lado, a abordagem localizada consiste na distribuição das iscas apenas nas áreas onde se detectam ninhos ou plantas sob ataque (FILHO et al., 2015).

Entretando, como resultado da aplicação dessas técnicas de manejo em vastas áreas de plantio de eucalipto, as iscas formicidas destinadas ao controle das formigas dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* também podem impactar outras espécies de formigas, inclusive as predadoras, afetando a biodiversidade local (RAMOS et al., 2003).

Inicialmente, para o controle com iscas formicidas no setor florestal se utilizava como ingrediente produtos químicos à base dodecacloro, ingrediente esse que foi substituído por sulfluramida devido a proibição do primeiro no Brasil em 1992 (ZANUNCIO et al., 1992; ZANUNCIO et al., 1993; LARANJEIRO & ZANUNCIO, 1995). Com a inclusão da sulfluramida no controle de formigas cortadeiras via iscas formicidas, o método foi considerado como um dos mais eficazes contra formigas cortadeiras. No entanto, é crucial que os inseticidas utilizados sejam efetivos em

concentrações baixas para otimizar a segurança e a eficiência do controle (BOARETTO & FORTI, 1997; BRITTO et al., 2016).

Nos últimos anos, o setor florestal tem explorado outras opções para o controle de formigas cortadeiras. Uma dessas alternativas é o uso de fipronil, que tem sido aplicado tanto em iscas formicidas quanto por meio de pulverização diretamente no solo. O fipronil atua diretamente no sistema nervoso central dos insetos, bloqueando os receptores de GABA, essenciais para a regulação da atividade neural. Ao invés de prevenir a superestimulação dos nervos, ele bloqueia o canal de íons cloreto associado ao receptor GABA, resultando em hiperexcitação dos nervos. Essa hiperexcitação neural leva à desregulação do sistema nervoso e, eventualmente, à morte do inseto (COUTINHO, 2005). Apesar dos resultados positivos no controle de formigas cortadeiras, o fipronil é conhecido por seu amplo espectro de ação, atingindo um grande número de insetos, inclusive a fauna não-alvo. Essas espécies podem incluir importantes polinizadores, como as abelhas, e predadores e parasitoides de pragas, que desempenham um papel crítico no equilíbrio dos ecossistemas. No entanto, é importante enfatizar que a quantidade de fipronil presente no meio ambiente e o grau de exposição variam significativamente das práticas e concentrações adotadas, e que as medidas adequadas de gerenciamento e uso correto podem minimizar esses impactos (SANCHEZ-BAYO & GOKA, 2014). A utilização de indicadores biológicos são ferramentas úteis no gerenciamento de áreas cultivadas, oferecendo meios para avaliar a qualidade ambiental ou determinar a influência de agentes de interferência sobre organismos vivos (LOUZADA et al., 2000).

Os artrópodes correspondem a 75% dos animais sobre a terra, onde a grande maioria são insetos, com uma representatividade de 89% (BUZZI & MIYAZAKI, 1993; CROZIER, 1997). Por sua grande relevância em termos populacionais, os artrópodes possuem uma grande importância na dinâmica do ecossistema pois atuam como predadores, polinizadores, fitófagos, saprófagos e parasitas, sendo adequados para avaliação nos estudos de impactos ambientais (ROSENBERG et al., 1986; SCHOEREDER, 1997). Para essa avaliação, é necessário o uso de diferentes técnicas amostrais para que se possa coletar eficientemente os representantes dos diversos grupos de artrópodes.

A biodiversidade do solo é essencial para a estabilidade e sustentabilidade ambiental, afetando uma ampla gama de funções e serviços ecossistêmicos. Especificamente em relação à fauna invertebrada do solo, a biodiversidade engloba a

diversidade e a variabilidade das espécies de organismos que habitam o solo, conforme destacado por BARETTA et al. (2011).

Para estudar esses organismos presentes no solo, a metodologia inclui a captura, identificação e contagem dos indivíduos presentes na comunidade (FREIRE et al. 2015). Várias técnicas são empregadas para assegurar a coleta da maior variedade de biodiversidade possível. Entre as técnicas mais comuns está o uso de armadilhas de solo tipo Pitfall (armadilha de queda), que são projetadas para capturar organismos que se movimentam pela superfície do solo, conhecidos como fauna edáfica (ARAÚJO et al. 2010; DERENGOSKI et al. 2019).

Para o monitoramento de artrópodes no estrato arbóreo de diversas culturas uma das técnicas utilizadas é a utilização de armadilhas adesivas coloridas e armadilhas do tipo Mcphail (MICHELOTTO e BUSOLI, 2003; TAHA et al. 2012; SCOZ, 2006). A eficiência das armadilhas adesivas coloridas está relacionada à capacidade dos insetos de detectar radiações que variam do ultravioleta ao infravermelho, tendo uma maior sensibilidade para comprimentos de onda mais curtos. Assim, diferentes cores podem atrair ou repelir insetos, o que torna essas armadilhas úteis para monitoramento ou controle desses organismos. Quanto as armadilhas do tipo Mcphail, são constituídas por um recipiente transparente de plástico com formato de sino, possuindo uma abertura na parte inferior que conduz a um reservatório com capacidade de inserir até 500 ml de atrativos (THOMAS et al., 2001)

As pesquisas faunísticas são conduzidas para aprofundar o entendimento sobre a diversidade entomológica de ecossistemas específicos e tem por objetivo caracterizar e definir as comunidades presentes, avaliar seu impacto ambiental na região, e identificar as espécies predominantes com base em índices faunísticos como abundância, riqueza e diversidade (MATSUMOTO et al. 2015).

Considerando o exposto, este trabalho teve como objetivos: 1) avaliar a eficiência de um inseticida à base de fipronil (800 g i.a/kg) (Tuit Florestal®) pulverizado em solo em sua menor concentração recomendada (50g/ha) para o controle sobre *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae) ("Saúva-limão") em plantio comercial de *Eucalyptus urophylla*; e 2) Avaliar os índices faunísticos como abundância, riqueza e diversidade de artrópode após a aplicação do fipronil nas áreas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área e dos tratamentos

O estudo foi conduzido em dois talhões de *E. urophylla*, ambos com três anos de idade, com espaçamento de 3,60 x 2,20 metros (3,6 metros entre linhas e 2,2 metros entre plantas). Os talhões estão situados na fazenda Pantano (20°11'56.8" S; e 51°37'01.5" W), no município de Selvíria – Mato Grosso do Sul (Figura 1). A região é dominada pelo clima tropical savana (Aw segundo a classificação de Köppen-Geiger), com estações secas e chuvosas bem marcadas. Durante o inverno, a estação seca apresenta precipitação reduzida e temperaturas médias em torno de 23°C, enquanto o verão, a estação chuvosa, traz chuvas abundantes e temperaturas frequentemente acima dos 30°C.

Para o experimento, foram selecionadas áreas de plantio que nunca foram submetidas à pulverização de inseticidas químicos e que estão localizadas a uma distância mínima de 2 km de reservas ou áreas de preservação ambiental. Essa precaução visa minimizar a influência de fatores externos sobre a avaliação da entomofauna, garantindo a integridade e a relevância dos dados coletados no estudo.

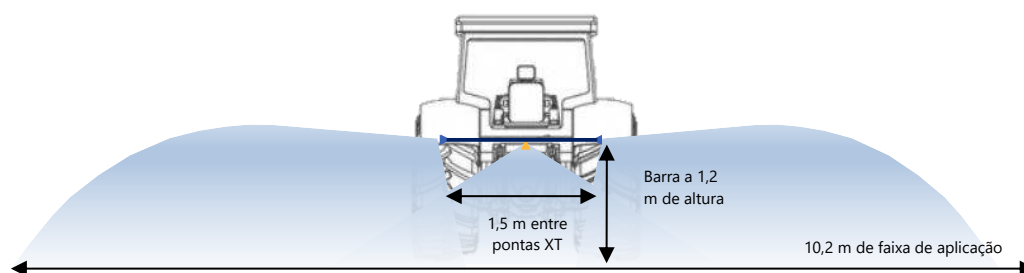
A aplicação do inseticida a base de Fipronil na área designada foi feita em 15/02/2022, utilizando o produto Tuit Florestal® com uma concentração de 800g/kg de fipronil com a formulação WG (Grânulos Dispersíveis em Água). A dosagem empregada foi de 50g por hectare, misturada em uma calda de 200 litros por hectare, visando garantir uma cobertura eficiente e uniforme. Esta aplicação foi realizada diretamente no solo, utilizando-se uma barra de pulverização de 1,5 metros de comprimento, equipada com bicos da marca Hypro. O arranjo dos bicos incluiu dois bicos XT20 nas extremidades e um bico HF140 no centro, proporcionando uma ampla faixa de aplicação de 10,20 metros (Figura 2). O procedimento de pulverização foi executado a uma altura de 1,2 metro acima do solo, mantendo uma velocidade constante de 4 km/h. Esta metodologia assegura uma distribuição homogênea do inseticida sobre o solo e minimiza a possibilidade de deriva do produto, garantindo que a aplicação seja eficaz e ambientalmente responsável.

Figura 1 - Posicionamento dos tratamentos na área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e área controle, sem tratamento, em plantio de *Eucalyptus* spp. Selvíria - MS (2022) 54,28 hectares.



Fonte: Alencar (2023).

Figura 2 - Metodologia para pulverização de fipronil direcionado ao solo



Fonte: Soares (2023).

2.2. Monitoramento de formigas cortadeiras em plantios de eucalipto

O monitoramento de formigas cortadeiras (*A. sexdens*) foi conduzido por meio de um delineamento amostral. Foram utilizados transectos de amostragem com 10,8 metros de largura (abrangendo três linhas de plantio), ao longo do comprimento total das linhas de eucalipto. Esses transectos foram dispostos paralelamente às linhas de plantio e espaçados regularmente a cada 96 metros ao longo da plantação (Figura 3). Esta metodologia permite uma representação abrangente de 11% da área total, garantindo uma amostragem robusta e representativa do nível de infestação e identificação da espécie predominante.

Figura 3 - Transectos para onde foram realizados o monitoramento de formigas cortadeiras em plantio de *Eucalyptus* spp. Selvíria - MS (2022)

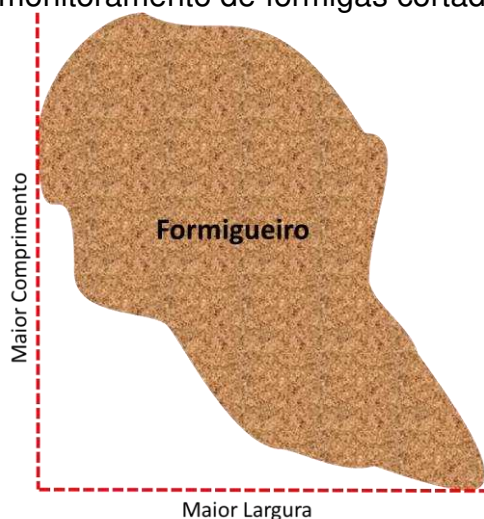


Fonte: Google Earth (2023).

Durante a delimitação dos transectos, realizou-se a quantificação das áreas de terra solta atribuídas aos formigueiros dentro da zona demarcada para amostragem. Essa medição foi realizada através da aferição da maior largura e do maior comprimento em metros de cada formigueiro identificado (Figura 4). Simultaneamente, procedeu-se à taxonomia das espécies de formigas associadas a cada formigueiro.

Posteriormente, calculou-se o nível de infestação da área, sendo estimado pela área monitorada no transecto e expresso em metros quadrados de terra solta por hectare. A densidade populacional de formigueiros foi quantificada como o número de colônias por hectare. Esses parâmetros são críticos para compreender o nível de infestação de formigas cortadeiras.

Figura 4 - Metodologia de mensuração da área (m² de terra solta) durante o monitoramento de formigas cortadeiras em plantio de *Eucalyptus* spp.



Fonte: Alencar (2023).

2.3. Coleta de Insetos em Plantios de Eucalipto

Para avaliar a entomofauna em plantios de eucalipto, dois talhões foram amostrados: o talhão "37A", que não recebeu pulverização de fipronil, e o talhão "37", onde o inseticida foi aplicado (Figura 5). Em cada talhão, foram instaladas quatro repetições, cada uma contendo um conjunto de três tipos de armadilhas coletoras e uma coleta de solo. Para o monitoramento do estrato arbóreo, foram usadas armadilhas adesivas e McPhail. Já para as coletas no estrato do solo, foram empregadas armadilhas Pitfall e coletas diretas de solo (Figura 6).

As armadilhas adesivas, disponíveis nas cores amarela, azul e verde, foram projetadas para capturar insetos voadores, com a seleção de cores servindo para atrair espécies específicas (SANTOS, 2008). A superfície adesiva destas armadilhas garantiu a retenção dos insetos durante o período de exposição de 15 dias (Figura 7).

As armadilhas McPhail, continham suco de laranja como atrativo e foram empregadas para o monitoramento de artrópodes no estrato arbóreo. Essas armadilhas foram monitoradas durante um período de 7 dias (Figura 7), permitindo a captura de uma variedade de insetos voadores.

Em paralelo, armadilhas do tipo Pitfall foram instaladas para interceptar insetos terrestres. Estas consistiam em recipientes inseridos no solo ao nível da superfície, preenchida com álcool 70 %, onde os insetos eram coletados e retidos por um período de 7 dias (Figura 7).

Adicionalmente, amostras de solo foram coletadas até uma profundidade de 20 centímetros para investigar a fauna edáfica. Esta coleta foi realizada simultaneamente à remoção das armadilhas, no 15º dia (Figura 7).

As coletas foram realizadas em cinco etapas distintas ao longo do ano para avaliar os índices faunísticos de insetos, repetindo-se o uso de todas as armadilhas em cada uma dessas ocasiões.

A avaliação inicial dos índices faunísticos foi feita antes da aplicação dos tratamentos e posteriormente foram realizadas quatro avaliações:

1. Coleta Preliminar Pré-Aplicação (Verão): de 24/01/2022 a 07/02/2022.
2. Primeira Medição Pós-Aplicação (Verão): 07/03/2022 a 21/03/2022.
3. Segunda Medição Pós-Aplicação (Outono): 09/05/2022 a 23/05/2022.
4. Terceira Medição Pós-Aplicação (Inverno): 08/08/2022 a 22/08/2022.
5. Quarta Medição Pós-Aplicação (Primavera): 16/11/2022 a 30/11/2022.

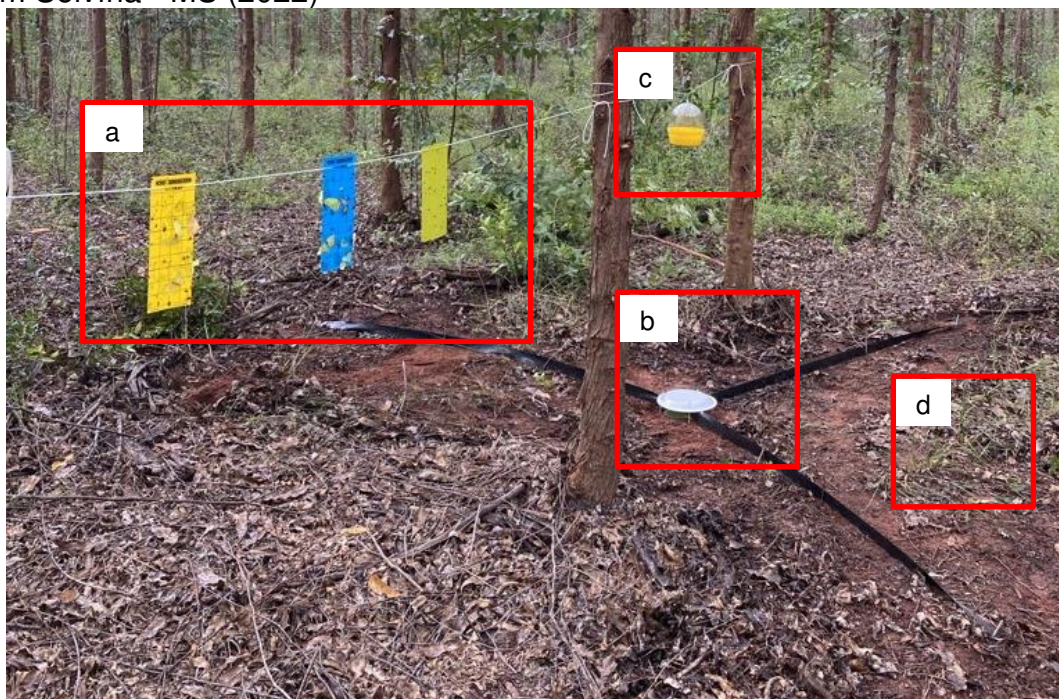
Este regime de coleta permitiu uma avaliação abrangente e temporal da biodiversidade entomológica, fornecendo informações sobre a dinâmica populacional e a resiliência do ecossistema frente às intervenções.

Figura 5 - Posicionamento das repetições (R1, R2, R3 e R4) com estruturas de coleta (Armadilhas Adesivas, McPhail, Pitfall e Coleta de Solo) na área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e na testemunha em plantio de *Eucalyptus* spp. Selvíria - MS (2022)



Fonte: Google Earth (2023).

Figura 6 - Estrutura de coleta de artrópodes com armadilha adesivas (a), Pitfall (b), McPhail (c) e local para coleta (d) de solo em cada repetição em plantio de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022)



Fonte: Alencar (2022).

Figura 7 - Cronograma de Coleta por Armadilha em cada período de coleta

Armadilhas	Dia														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Armadilhas Adesiva Amarela															
Armadilhas Adesiva Azul															
Armadilhas Adesiva Verde															
McPhail															
Pitfall															
Coleta de Solo															

Fonte: Alencar (2023).

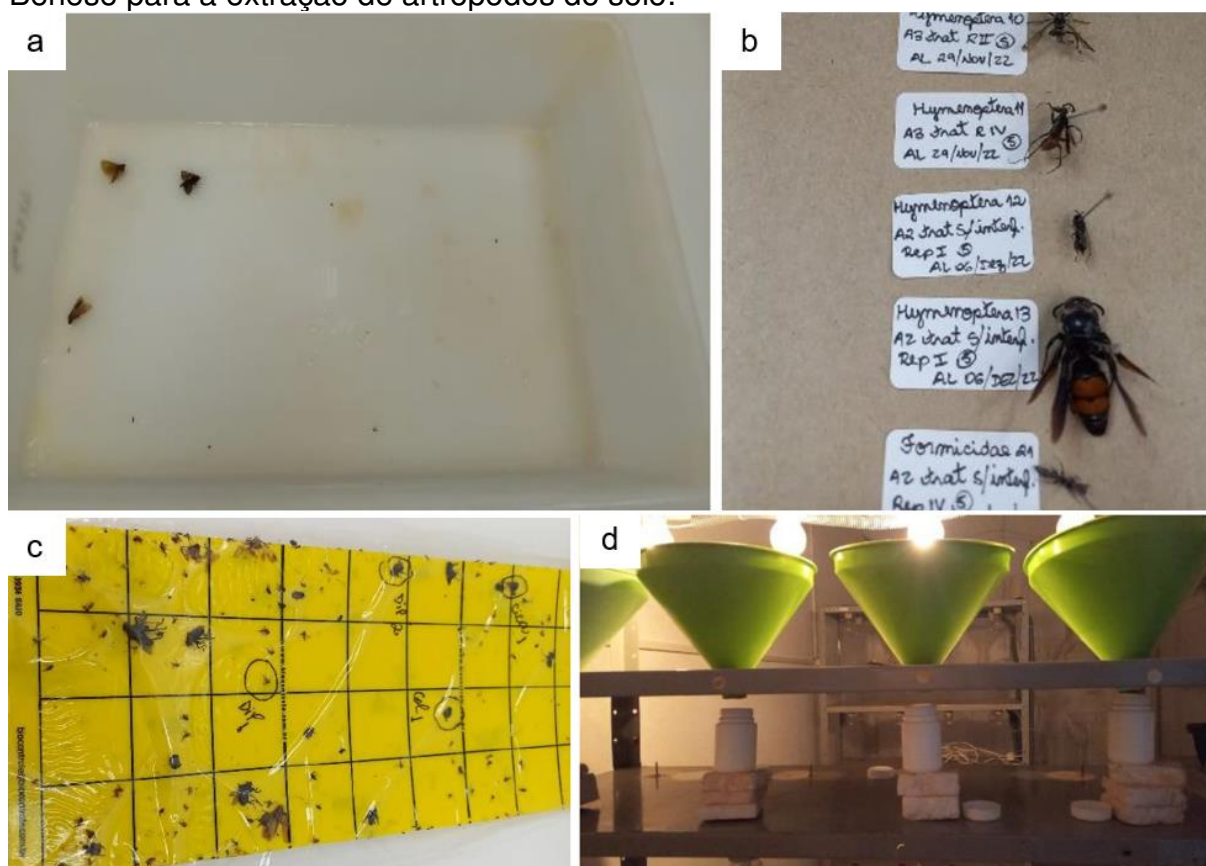
2.4. Identificação e Quantificação dos insetos

Após as coletas em campo, os insetos capturados foram preservados em solução de álcool etílico a 70% e transportados ao Laboratório de Análises Entomológicas e Agronômicas (LECA) da SGS do Brasil Ltda, em Piracicaba-SP. Lá, os espécimes foram submetidos a um processo detalhado de identificação e quantificação. Os indivíduos coletados a partir das armadilhas tipo Pitfall e McPhail, foram primeiramente posicionados em bandejas plásticas para melhor visualização.

Cada morfoespécie foi fixada com alfinetes entomológicos em placas e codificada conforme seu grupo taxonômico para uma identificação precisa (Figura 7).

Para os espécimes capturados em armadilhas adesivas, estes foram referenciados diretamente nas cartelas devido à forte adesão à cola entomológica, seguindo a mesma codificação taxonômica (Figura 7). A técnica do Funil de Berlese-Tullgren (LASEBIKAN, 1974) foi aplicada às amostras de solo, colocando-se 1 litro de solo abaixo de lâmpadas incandescentes de 40 W (Figura 7), propiciando um aquecimento gradual por 72 horas para extrair os artrópodes, que foram coletados em potes plásticos com álcool 70%, glicerina a 5% e algumas gotas de detergente. O solo residual foi descartado após a extração.

Figura 8 - a) Bandeja de triagem; b) Classificação e codificação a nível de morfoespécie; c) Armadilhas adesivas com identificação dos indivíduos; d) Funil de Berlese para a extração de artrópodes do solo.



Fonte: Morales (2023).

2.5. Análise Faunística

A partir de dados coletados por meio de diferentes tipos de armadilhas e coleta de solo, foram calculados os índices ecológicos como abundância (número total de indivíduos da espécie), riqueza de espécies (número total de espécies diferentes coletadas) e **Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H')** pela fórmula: $\sum(p_i \cdot \ln(p_i))$, onde p_i é a proporção do total representada pela espécie i .

Os dados foram analisados utilizando a análise de variância (ANOVA) para cada combinação de local e período de coleta, comparando os tratamentos em termos de abundância, riqueza, diversidade e equidade de espécies. As diferenças entre os tratamentos foram testadas utilizando o valor F derivado da ANOVA, considerando um nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Eficiência de controle do fipronil sobre *Atta Sexdens*.

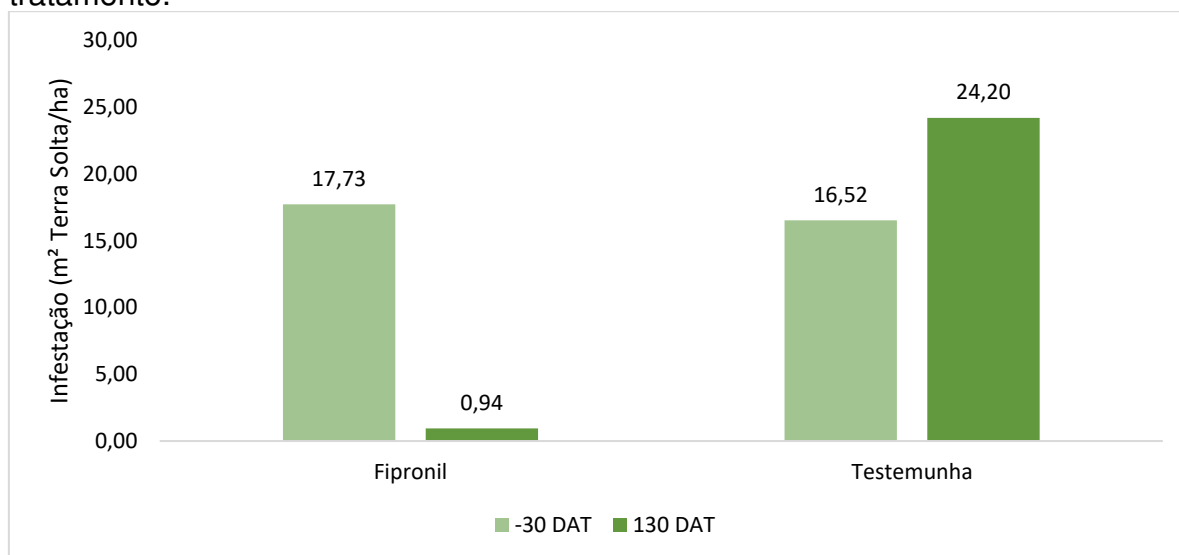
A aplicação do inseticida na área tratada (talhão 37), onde se utilizou uma dosagem de 50 g/ha de Fipronil (40g/ i.a./ha) (Tuit Florestal®), ocasionou uma redução na infestação média de formigas cortadeiras. Inicialmente, a infestação estava em 17,7 m²/ha, valor próximo ao observado no talhão 37A, que registrou 16,5 m²/ha e não foi submetido ao manejo químico (Gráfico 1). Após 130 dias da aplicação do fipronil, o talhão manejado apresentou uma diminuição na infestação para 0,94 m²/ha, correspondendo a uma redução de 95%. Em contraste, o talhão 37A teve um aumento de 46% na infestação, alcançando 24,2 m²/ha.

A aplicação de fipronil em uma dosagem de 40g de i.a./hectare direcionada ao solo mostrou-se eficiente no controle de *A. sexdens*, alcançando patamares semelhante ao manejo com isca formicidas a base de sulfluramida (0,3% de concentração) e fipronil (0,003% de concentração) aplicado de forma localizada, que apresentam eficiências de controle superior a 80%. (FORTI et al., 1993; LARANJEIRO & ZANUN-CIO, 1994; CRUZ et al., 1996; MOURA & FILHO, 2016).

Após 130 dias do manejo da área com fipronil, observou-se uma diminuição da infestação, resultando em potencial redução na perda de volume de madeira, provocadas por desfolha de 3,02 m³/ha. Essa estimativa foi baseada no trabalho de Souza

(2011), que avaliou as perdas de produção de madeira de eucalipto devido as desfolhas causadas por *Atta* spp. e determinou que, para cada metro quadrado de área de terra solta de formigueiro, haveria uma redução na perda de madeira entre 0,04 e 0,13 m³/ha.

Gráfico 1 - Infestação (m² Terra Solta / hectare) de *Atta sexdens* 30 dias antes e 130 dias após o controle para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e controle sem tratamento.



Fonte: Alencar (2023).

3.2. Abundância e riqueza de artrópodes no estrato arbóreo e estrato do solo

A análise da comunidade de artrópodes no estrato arbóreo dos plantios de *Eucalyptus* spp., antes e após a aplicação de fipronil, revelou padrões distintos relacionados à abundância e riqueza de espécies. Inicialmente, a coleta pré-tratamento evidenciou uma tendência de superioridade na abundância de artrópodes na área destinada ao manejo com fipronil, com 533 indivíduos em média por ponto amostral, em comparação a 417 na área testemunha. No entanto, essa diferença não foi estatisticamente significativa ($f=2,9$; $p>0,05$).

Seguindo a intervenção com fipronil na concentração de 40g i.a/ha, o estrato arbóreo continuou a exibir uma abundância maior de artrópodes na área tratada em todos os períodos de monitoramento. As diferenças se mostraram estatisticamente significativas aos 34 e 97 dias após a aplicação, com contagens médias de 334 e 346 artrópodes na área tratada, contrastando com 170 e 236 na testemunha, respectivamente. No entanto, a observação de um pico populacional aos 288 dias, que registrou uma abundância média de 1419 na área tratada e 685 no controle, não se resultou

em uma diferença estatisticamente significativa ($f=1,89$; $p>0,05$), a despeito da aparente discrepância numérica entre as áreas em outras amostragens.

Este pico populacional aos 288 dias foi fortemente influenciado pela presença do gênero *Carpophilus* sp. (Coleoptera: Nitidulidae), que se destacou em número, representando 86% do total de artrópodes coletados na área tratada, com 1.222 indivíduos, e 67% na testemunha, com 458 indivíduos. A presença constante e em maior quantidade de *Carpophilus* sp. na área tratada desde o início do estudo sugere uma predisposição favorável para esse gênero, independente da aplicação de fipronil, uma vez que já estava presente em maior número antes do tratamento e persistiu ao longo da avaliação, culminando no pico populacional observado.

O gênero *Carpophilus*, conhecido por sua adaptabilidade a diversos ambientes, incluindo campos e armazéns, depende de altos níveis de umidade para sobreviver, conforme elucidado por De Oliveira et al. (2008). Esses insetos possuem uma dieta variada, alimentando-se de flores, frutas, seiva, fungos, e matéria orgânica em decomposição, ocupando assim uma vasta gama de nichos ecológicos (GALLI et al., 2005). Algumas espécies dentro deste gênero têm importância ecológica como polinizadores, como demonstrado em *Annona squamosa* L. (SALVADOR, 2013), além de atuarem como vetores de fungos, sugerindo uma relação mutualística entre esses organismos e os fungos (CHANG & JENSEN, 1974).

Em um estudo realizado por Stirle (2021) em culturas agrícolas, as espécies de *Carpophilus* foram identificadas como superfrequentes, superdominantes e superabundantes, uma dominância que pode levar a desequilíbrios populacionais. No contexto do presente estudo, observou-se um padrão semelhante no estrato arbóreo, onde, após a aplicação de fipronil, não teve um impacto significativo na entomofauna geral. No entanto, aos 288 dias de avaliação, detectou-se um surto populacional de *Carpophilus*, resultando em um desequilíbrio entre as áreas tratadas e testemunhas. Esse surto enfatiza a capacidade do gênero de se tornar dominante em determinadas condições, influenciando a estrutura populacional do ecossistema.

A riqueza de espécies seguiu um padrão semelhante ao da abundância, com a área tratada com fipronil apresentando uma diversidade superior durante todo o estudo. Antes do tratamento, foram identificadas 34 morfoespécies na área que seria manejada, em comparação a 28 na área testemunha. Essa diferença inicial também não foi estatisticamente significativa ($f=2,22$; $p>0,05$). A área tratada com fipronil apresentou um incremento significativo na riqueza de espécies nos períodos de 34 e 97

dias após a aplicação ($p < 0,05$), destacando-se em relação à testemunha, que exibiu um aumento, mas em menor escala. Nos intervalos de 188 e 288 dias após a aplicação, observou-se uma maior riqueza de espécies na área tratada em comparação com a área de controle, com diferenças de contagem entre os grupos. Contudo, essas diferenças não foram estatisticamente significativas ($f = 0,16$; $p > 0,05$), indicando que, do ponto de vista estatístico, os grupos não diferem significativamente em termos de riqueza de espécies.

No estrato do solo dos plantios de *Eucalyptus* spp., foi observada uma maior abundância de artrópodes na área destinada para o tratamento com fipronil antes da aplicação, com 85 indivíduos por ponto amostral, em comparação aos 56 na testemunha, diferença não significativa estatisticamente ($f = 0,91$; $p > 0,05$), (Tabela 1). A observação de uma menor abundância no estrato do solo em comparação com o estrato arbóreo pode ser atribuída a diversos fatores, incluindo a variação mais acentuada de temperatura e o impacto direto da precipitação sobre o solo, conforme sugerido por Ferreira e Marques (1998). Tais condições podem influenciar a distribuição e a diversidade da fauna edáfica em monoculturas.

As amostragens realizadas aos 34 dias após a aplicação do fipronil mostraram uma maior quantidade de artrópodes na área tratada, com 38 indivíduos, comparada aos 6 observados na área de controle. No entanto, essa diferença não foi estatisticamente significativa ($f = 3,31$; $p > 0,05$). No entanto, foi aos 97 dias que se percebeu uma redução acentuada e significativa na abundância na área tratada nas armadilhas de solo, caindo para 20 indivíduos em comparação aos 109 do controle, apontando para um impacto mais pronunciado do fipronil com o tempo ($f = 26,22$ $p < 0,05$) (Tabela 1).

Aos 188 dias, com uma abundância de 49 artrópodes na área tratada, que foi menor do que os 94 do controle, a diferença se manteve significativa ($f = 7,25$; $p < 0,05$), sendo a última avaliação com influência negativa na abundância, seguindo para uma posterior recuperação. Essa recuperação se confirmou aos 288 dias, quando a área tratada registrou 216 artrópodes, ultrapassando ligeiramente os 209 da testemunha, sem uma diferença significativa ($f = 0,00$; $p > 0,05$).

A riqueza de espécies seguiu a mesma tendência observada na abundância. Inicialmente, a área tratada registrou uma riqueza de 20 morfoespécies, comparada às 15 na área controle ($f = 1,72$; $p > 0,05$), após 34 dias da aplicação, a riqueza na área tratada diminuiu para 12 morfoespécies, enquanto a área controle apresentou uma

redução para 4 morfoespécies ($f= 3,81$; $p>0,05$). Essas diferenças não foram estatisticamente significativas.

Uma queda mais acentuada foi observada aos 97 dias na área tratada com apenas 6 morfoespécies, comparadas às 15 da área controle ($f= 6,39$; $p<0,05$). Se mantendo inferior de forma significativa até 188 dias, onde a riqueza para na área tratada foi de 10 morfoespécies contra às 15 na área de controle ($f= 21,13$; $p<0,05$).

Entretanto, aos 288 dias, a riqueza na área tratada com fipronil voltou a níveis semelhantes aos observados antes da aplicação, com 4 morfoespécies em comparação às 3 da testemunha, sem diferenças significativas ($f=0,22$; $p>0,05$).

Durante o período de avaliação, a aplicação de fipronil direcionada ao solo demonstrou um efeito negativo retardado sobre a abundância e riqueza de artrópodes, particularmente entre os 97 e 188 dias após a aplicação. (Tabela 1). A manifestação deste efeito retardado sugere uma persistência do composto no solo, impactando os organismos de maneira mais acentuada após um período inicial. Costa (2012) observou um padrão semelhante avaliando populações de artrópodes presentes no solo, com uma redução populacional média de 30% após intervenção de fipronil em uma dosagem de 200g de i.a/ha aplicada o sulco de plantio da cana de açúcar até os 149 dias após a aplicação.

A explicação primária para essa queda significativa na área tratada pode ser atribuída à eficácia do fipronil sobre as espécies da família Formicidae, espécies como *A. sexdens*, que no presente trabalho é o alvo, e das outras espécies não alvo, mostraram reduções consideráveis em suas populações. As análises focadas na família Formicidae revelaram que tanto a riqueza quanto a abundância dessas morfoespécies foram significativamente afetadas ($p<0,05$) pelo tratamento com fipronil nos períodos de 97 e 188 dias (Tabela 3). Para as outras morfoespécies, apenas a abundância aos 188 dias mostrou uma diferença significativa, onde a área tratada apresentou uma abundância significativamente menor comparada à testemunha ($p<0,05$) (Tabela 3).

Os impactos marcantes na abundância e riqueza de formigas no estrato do solo após a aplicação de fipronil destacam o papel significativo desses insetos nos ecossistemas terrestres. Formigas são reconhecidas por sua dominância e abundância em diversos habitats, como evidenciado em estudos de diversidade em serapilheira (FERREIRA & MARQUES, 1998; SOUZA et al., 2008; ZARDO et al., 2010; MASTRI et al., 2013). Além de serem abundantes, as formigas desempenham funções

ecológicas cruciais, como a ciclagem de nutrientes, a dispersão e polinização de plantas e a predação (PEREIRA et al., 2007).

A análise integrada dos efeitos do fipronil nos estratos arbóreo e do solo em plantios de *Eucalyptus* spp. revela uma dinâmica importante e diferenciada entre essas duas camadas ecológicas ao longo de 288 dias de monitoramento. No estrato arbóreo, a manutenção dos níveis elevados de abundância e riqueza de artrópodes na área tratada, apesar da aplicação do fipronil ao solo, sugere que o tratamento não exerceu impacto negativo sobre a entomofauna arbórea. Isso indica que as variações observadas nesse estrato estão mais relacionadas a flutuações populacionais naturais do que ao efeito direto do fipronil, reforçando a ideia de que a delimitação entre os estratos fornece uma barreira funcional que minimiza a transferência do impacto do inseticida.

No estrato do solo, embora tenha sido registrada uma redução significativa na abundância e riqueza, especialmente entre os 97 e 188 dias, e de forma mais acentuada nas morfoespécies da família Formicidae, o impacto negativo observado sobre as formigas não é exclusivo do uso de fipronil. Um estudo realizado por Ramos et al. (2003), que investigou o impacto de iscas formicidas à base de sulfluramida em eucaliptais, constatou reduções significativas na abundância e riqueza de espécies de formicídeos com a utilização dessas iscas, tanto em abordagens sistemáticas quanto localizadas. Notavelmente, o estudo também apontou para um efeito retardado dos inseticidas, com as maiores reduções na mirmecofauna sendo observadas aos 60 dias após a aplicação.

Os efeitos deletérios do uso de iscas formicidas não se limitam à sulfluramida; clorpirifós e fipronil também demonstraram impactos adversos sobre as formigas não-alvo. Entre eles, o fipronil se mostrou o mais atrativo, enquanto o clorpirifós foi considerado o mais tóxico para esses insetos, segundo Tofolo et al. (2010).

Portanto, a conclusão integrada aponta para uma clara distinção no impacto do fipronil entre os dois estratos estudados, enquanto o estrato arbóreo permaneceu praticamente inalterado, sugerindo uma influência mínima do tratamento do solo na fauna arbórea. Em contraste, no estrato do solo, o impacto do fipronil manifestou-se de maneira mais evidente e prolongada, começando aos 97 dias e se estendendo até 188 dias. Este efeito foi particularmente significativo na abundância e diversidade da família Formicidae, embora essas mudanças não tenham sido permanentes.

Tabela 1 - Abundância e riqueza dos artrópodes, coletados nos estratos arbóreo e no solo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e área controle.

Dias	Estrato arbóreo		f	p	Estrato do solo		f	p
	Fipronil	Testemunha			Fipronil	Testemunha		
Abundância								
-8 DAT	533 ± 60	417 ± 28	2,965	0,136	85 ± 30	56 ± 5	0,910	0,377
34 DAT	334 ± 25	170 ± 35	14,191	0,009*	38 ± 18	6 ± 1	3,318	0,118
97 DAT	346 ± 33	236 ± 20	8,086	0,029*	20 ± 11	109 ± 13	26,224	0,002*
188 DAT	382 ± 54	238 ± 39	4,767	0,072	49 ± 7	94 ± 15	7,247	0,036*
288 DAT	1419 ± 482	685 ± 230	1,892	0,218	216 ± 97	209 ± 106	0,002	0,964
Riqueza								
-8 DAT	34 ± 3	28 ± 3	2,227	0,186	20 ± 4	15 ± 2	1,727	0,237
34 DAT	48 ± 1	36 ± 2	28,697	0,002*	12 ± 4	4 ± 1	3,819	0,098
97 DAT	39 ± 3	29 ± 2	7,560	0,033*	6 ± 3	15 ± 2	6,395	0,045*
188 DAT	43 ± 2	41 ± 1	0,536	0,492	10 ± 1	15 ± 1	21,130	0,004*
288 DAT	43 ± 2	41 ± 6	0,157	0,706	4 ± 1	3 ± 1	0,222	0,654

Médias ± erro-padrão; * significativo, ao nível de 5%.

Tabela 2 - Abundância de *Carpophilus* sp. e outros artrópodes coletados no estratos arbóreo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e controle

Dias	Fipronil			Testemunha		
	<i>Carpophilus</i> sp.	Outros	Total	<i>Carpophilus</i> sp.	Outros	Total
-8 DAT	2	531	533	0	417	417
34 DAT	2	332	334	0	170	170
97 DAT	0	346	346	0	236	236
188 DAT	1	381	382	1	237	238
288 DAT	1.222	197	1.419	458	226	685
Total Geral	1.226	1.787	3.013	459	1.286	1.745

Tabela 3 - Abundância e riqueza (97 e 188 DAT- Dias Após Tratamento) de formigas (Hymenoptera: Formicidae) e outros artrópodes, coletados no estrato solo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.

Dias	Formicidae		f	p	Outros		f	p
	Fipronil	Testemunha			Fipronil	Testemunha		
Abundância								
97 DAT	4 ± 3	81 ± 10	53,016	0,000*	17 ± 9	27 ± 3	1,256	0,305
188 DAT	4 ± 1	25 ± 7	8,619	0,026*	45 ± 7	69 ± 6	6,987	0,038*
Riqueza								
97 DAT	1 ± 0	7 ± 1	51,194	0,000*	5 ± 3	9 ± 1	1,199	0,316
188 DAT	2 ± 1	5 ± 1	8,647	0,026*	9 ± 1	10 ± 1	0,889	0,382

Médias ± erro-padrão; * significativo, ao nível de 5%.

Ao analisar especificamente os grupos de parasitoides e abelhas coletados no estrato arbóreo durante o período avaliado, observa-se que as famílias Tachinidae (Diptera), Sarcophagidae (Diptera) e Braconidae (Hymenoptera) somam mais de 95% do total de parasitoides coletados tanto na área tratada com fipronil quanto na área controle, destacando-se como os táxons mais abundantes. No caso das abelhas, o gênero *Apis* sp. predominou em ambos os tratamentos, constituindo mais de 90% da totalidade dos indivíduos coletados para esse grupo (Tabela 4).

Comparando a abundância média de parasitoides e abelhas entre os tratamentos ao longo do tempo, constata-se que as áreas iniciaram o estudo (-8 DAT) com níveis semelhantes de abundância para ambos os grupos, não diferindo estatisticamente entre si ($p > 0,05$). Especificamente, não foram coletadas abelhas em nenhum dos tratamentos no início, enquanto a abundância de parasitoides registrada foi de 175 indivíduos na área tratada com fipronil e 184 na área Testemunha (Tabela 5). Nas avaliações subsequentes no estrato arbóreo, não foi identificada redução significativa na abundância dos grupos estudados devido à aplicação do inseticida, mantendo-se a área tratada com fipronil sem variações significativas e com abundancia semelhantes ou superiores com a testemunha até 288 DAT (Tabela 5).

Tabela 4 – Quantidade absoluta de indivíduos e representatividade dos táxons de parasitoides e polinizadores, coletados nos estratos arbóreo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.

Grupo	Táxons	Fipronil		Testemunha	
		Indivíduos	% Grupo	Indivíduos	% Grupo
Parasitoides	<i>Tachinidae</i>	948	81,9%	766	82,4%
	<i>Sarcophagidae</i>	122	10,5%	92	9,9%
	<i>Braconidae</i>	41	3,5%	35	3,8%
	<i>Aphelinidae</i>	13	1,1%	3	0,3%
	<i>Ichneumonidae</i>	13	1,1%	16	1,7%
	<i>Evaniidae</i>	9	0,8%	8	0,9%
	<i>Chalcididae</i>	4	0,3%	1	0,1%
	<i>Torymidae</i>	3	0,3%	4	0,4%
	<i>Scelionidae</i>	2	0,2%	2	0,2%
	<i>Platygastridae</i>	2	0,2%	2	0,2%
	<i>Trichogramma</i>	1	0,1%	1	0,1%
	Abelhas	<i>Apis</i>	25	96,2%	25
<i>Apidae</i>		1	3,8%	2	7,4%

Tabela 5 - Abundância de polinizadores e parasitoides, coletados nos estratos arbóreo e solo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.

Dias	Abelhas		f	p	Parasitoides		f	p
	Fipronil	Testemunha			Fipronil	Testemunha		
-8 DAT	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	-	-	175,3 ± 36,9	184,3 ± 15,1	0,050	0,828
34 DAT	1,3 ± 0,4	0,5 ± 0,3	1,800	0,230	58,5 ± 10,5	9,5 ± 3,1	19,95	0,004*
97 DAT	4,3 ± 1,2	3,8 ± 1,4	0,076	0,790	17,8 ± 12,1	4,3 ± 1,5	1,228	0,310
188 DAT	0,8 ± 0,8	2,3 ± 0,8	2,000	0,207	21,5 ± 3,2	23,3 ± 10,8	0,024	0,882
288 DAT	0,3 ± 0,3	0,3 ± 0,3	0,000	1,000	16,5 ± 1,2	11,3 ± 2,9	2,857	0,141

Fonte: Alencar (2023).

Médias ± erro-padrão; * significativo, ao nível de 5%.

3.3. Índice de Shannon-Weaver no estrato arbóreo e estrado do solo

Analisando o Índice de Shannon-Weaver, identificou-se uma notável diferença na diversidade entomológica entre os estratos arbóreo e do solo. O estrato do solo exibiu consistentemente um índice de diversidade mais baixo que o estrato arbóreo, inclusive na área testemunha, o que sugere que a diversidade é naturalmente menor neste estrato (Tabela 4).

No estrato arbóreo, a diversidade foi levemente superior na área a ser tratada com fipronil antes da aplicação e manteve-se sem grandes alterações significativas até os 188 dias, indicando uma estabilidade na diversidade entomológica apesar da intervenção com fipronil (Tabela 4). Contudo, aos 288 dias, ambas as áreas, tratada e testemunha, sofreram uma drástica redução nos índices de diversidade devido a um surto populacional de *Carpophilus* sp. Este surto ocorreu em ambas as áreas, mas impactou mais significativamente a área tratada, onde a diversidade caiu para 0,95, em contraste com 1,71 na testemunha, evidenciando uma diferença significativa ($f=7,82$; $p<0,05$) (Tabela 4).

Para o estrato do solo, a área que receberia o fipronil mostrou inicialmente um índice de diversidade de 2,50, ligeiramente mais alto do que a testemunha, que teve 2,05, diferença não significativa ($p>0,05$). Esse padrão permaneceu até os 34 dias após a aplicação, mas começou a mudar após 97 dias, refletindo os efeitos do fipronil, especialmente sobre as formigas. Aos 97 dias, o índice de diversidade da área tratada reduziu para 0,97, enquanto a testemunha se manteve em 2,06, uma mudança que apesar relevante não foi estatisticamente significativa ($p>0,05$). Aos 188 dias, apesar da contínua influência do fipronil, especialmente sobre a riqueza e abundância das

formigas, as diferenças entre os índices de diversidade permaneceram não significativas ($p > 0,05$) (Tabela 4).

Nos levantamentos finais, aos 288 dias, apesar da normalização dos valores de abundância e riqueza, os índices de diversidade para ambos os tratamentos continuaram baixos, com 0,17 na área tratada e 0,37 na testemunha, refletindo a dominância de espécies específicas e a ausência de diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$) (Tabela 4).

Portanto, a análise revela que no estrato arbóreo, o surto de *Carpophilus* sp. afetou a diversidade em ambas as áreas, mas com um impacto mais acentuado na área tratada. No estrato do solo, os efeitos do fipronil foram mais evidentes nas populações de formigas, influenciando a diversidade de forma notável, mas não o suficiente para diferir de forma significativa nos índices de diversidade em relação a área controle. Esses resultados sublinham a complexidade das interações ecológicas e a importância do monitoramento contínuo para entender plenamente os impactos ambientais de intervenções químicas.

Durante o período analisado, verificou-se que a diversidade no estrato arbóreo permaneceu inalterada até os 188 dias após a aplicação do fipronil, conforme indicado pelos índices de diversidade consistentemente altos e comparáveis entre a área tratada e a área testemunha, tanto antes quanto depois da intervenção (Tabela 4). Estudos anteriores por Garlet (2016), Laranjeiro (2003) e Gonzaga (2021), que examinaram a entomofauna em plantações de *Eucalyptus* sp. sem intervenções, apresentaram índices de diversidade que corroboram com os resultados deste estudo, variando entre 2,3 e 2,5 para estratos arbóreos. Quanto ao estrato do solo, a literatura apresenta uma gama variada de índices de diversidade, com valores reportados de 0,07 a 2,6, refletindo a complexidade desses ambientes e as variações metodológicas (GARLET et al., 2010; DANTAS et al., 2012; PEREIRA & CARVALHO, 2012).

A mudança notável neste estudo ocorreu aos 288 dias no estrato arbóreo, quando houve uma redução significativa no índice de diversidade devido à predominância do *Carpophilus* sp. Uma redução similar foi observada no estrato do solo aos 97 e 188 dias, onde os índices de abundância e riqueza foram claramente impactados pelo fipronil, especialmente na família Formicidae, influenciando o índice de diversidade, embora essa alteração não tenha sido estatisticamente significativa em comparação com a área testemunha. Conforme Magurran (2011), o índice de Shannon-Weaver é sensível à riqueza de espécies, mas um aumento nesse índice pode refletir um

crescimento na riqueza, uma maior uniformidade na distribuição das espécies ou ambos. A importância da uniformidade foi evidenciada por Moraes e Köhler (2011), que identificaram baixa equitabilidade e diversidade em vários habitats, incluindo plantações de *Eucalyptus*, devido ao domínio de algumas espécies, como o *Carpophilus*, padrão semelhante ao observado também neste estudo.

Tabela 6 - Índice de Diversidade de Shannon-Wiener coletados nos estratos arbóreo e solo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.

Dias	Estrato arbóreo		F	p	Estrato do solo		f	p
	Fipronil	Testemunha			Fipronil	Testemunha		
-8 DAT	2,29 ± 0,08	2,10 ± 0,07	3,189	0,124	2,50 ± 0,20	2,05 ± 0,25	1,899	0,217
34 DAT	2,97 ± 0,05	2,74 ± 0,17	1,767	0,232	1,83 ± 0,18	1,23 ± 0,22	4,562	0,077
97 DAT	2,37 ± 0,15	2,01 ± 0,06	4,796	0,071	0,97 ± 0,56	2,06 ± 0,19	3,416	0,114
188 DAT	2,76 ± 0,10	2,99 ± 0,05	4,510	0,078	1,72 ± 0,07	1,97 ± 0,11	3,600	0,107
288 DAT	0,95 ± 0,14	1,71 ± 0,23	7,821	0,031*	0,17 ± 0,06	0,37 ± 0,23	0,735	0,424

Médias ± erro-padrão; * significativo, ao nível de 5%.

4. CONCLUSÕES

Neste estudo foi evidenciada que a utilização de fipronil (40 g de i.a/ha) utilizando (Tuit Florestal®), pulverizado diretamente no solo de plantios de eucalipto, é uma abordagem efetiva no controle de *Atta sexdens*, reduzindo substancialmente a infestação. Com relação à abundância, riqueza e diversidade de Shannon, observou-se que a aplicação do produto não acarretou impactos negativos significativos no estrato arbóreo. Entretanto, no estrato do solo, houve uma diminuição notável nos índices de abundância e riqueza no intervalo de 97 a 188 dias, com a família Formicidae sendo primordialmente afetada, sem que essa redução se estendesse significativamente a outras famílias presentes. Esses resultados sublinham a importância de utilizar estratégias de controle de pragas que sejam eficazes, mas que também considerem os possíveis efeitos sobre a biodiversidade não-alvo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA REIS, M.; ZANETTI, R.; SCOLFORO, J. R. S.; FERREIRA, M. Z. Amostragem de formigas-cortadeiras (Hymenoptera: Formicidae) em eucaliptais pelos métodos de transectos em faixa e em linha. **Revista Árvore**, v. 34, p.1101-1108, 2010.
- ALONSO, L. E.; AGOSTI, D. Biodiversity studies, monitoring, and ants: an overview. p. 1-8. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. **Smithsonian Institution Press**, Washington, 2000.
- ANJOS, N.; DELLA LUCIA, T. M. C.; MAYHÉ NUNES, A. J. 1998. Guia prático sobre formigas cortadeiras em reflorestamento. Ponte Nova, MG: **Graff Cor**. 100p.
- ARAÚJO, C. C.; NOMELINI, Q. S. S.; PEREIRA, J. M.; LIPORACCI, S. N. H.; KATAGUIRI, V. S. Comparação da abundância de invertebrados de solo por meio da estimação intervalar encontrados em diferentes ambientes na cidade de Ituiutaba – MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 817-823, 2010.
- Baretta, D., Santos, J. C. P., Segat, J. C., Geremia, E. V., Oliveira Filho, L. C., & Alves, M. V. (2011) Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos em Ciências do Solo**, 7, 119-170.
- BOARETTO, M. A. C.; FORTI, L. C. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. **Série técnica IPEF**, v. 11, n. 30, p. 31-46, 1997.
- BRITTO, J. S. et al. Use of alternatives to PFOS, its salts and PFOSF for the control of leaf-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex*. **International Journal of Research in Environmental Studies**, v. 3, p. 11-92, 2016
- CHANG, V. C. S.; JENSEN, Leslie. Transmission of the pineapple disease organism of sugarcane by nitidulid beetles in Hawaii. **Journal of economic Entomology**, v. 67, n. 2, p. 190-192, 1974.
- CHERRETT, J. M. The biology, pest status and control of leaf-cutting ants. **Agricultural zoology reviews**, v 1, p.1-37, jul. 1986.
- COSTA, A. N; VASCONCELOS, H. L; VIEIRA-NETO, E. H; BRUNA, E. M. Adaptive foraging of leaf-cutter ants to spatiotemporal changes in resource availability in Neotropical savannas. **Ecological Entomology**, v. 44, p. 227-238, nov. 2018.
- COSTA, C.; IDE, S. Coleoptera. In: COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C. E. (Ed). *Insetos imaturos: metamorfose e identificação*. Ribeirão Preto: **Holos**, 2006. p. 107-146.
- COSTA, Cleide; VANIN, Sérgio Antônio; CASARI-CHEN, Sônia Aparecida. **Larvas de coleoptera do Brasil**. 1988.

COSTA, Ervandil Corrêa; CANTARELLI, Edison Bisognin. Entomologia florestal aplicada. **Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciencia-Editora UFSM**, 2020.

COSTA, Viviane Pereira da; INARDO-MIRANDA, Leila Luci; DINARDO, Weber; FRACASSO, Juliano Vilela; TOLEDO, Roberto Estevão Bragion; ANDRADE, Fábio Maximiano. IMPACTO DE INSETICIDAS APLICADOS NO PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR SOBRE A ENTOMOFAUNA. **VI Workshop Agroenergia**, [s. l.], 27 jun. 2012.

COUTINHO, Cláudia FB et al. Pesticidas: mecanismo de ação, degradação e toxidez. **Pesticidas: Revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, v. 15, 2005. DELLA LUCIA, T. M. C. Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo. Viçosa, MG: Ed da UFV, 2011. 419 p.

COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos da saúva no cerrado: a saúva, as queimadas e sua possível relação na ciclagem de nutrientes minerais. **Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 8, n. 8, p. 1-9, out. 1984.

CRUZ, Adalton Pinheiro da et al. EFICIÊNCIA DE ISCAS GRANULADAS À BASE DE SULFLURAMIDA E DE CLORPIRIFÓS NO CONTROLE DE *Atta sexdens* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE), NO TRÓPICO ÚMIDO. **Acta Amazonica**, v. 26, p. 145-150, 1996.

DANTAS, José O. et al. Levantamento da entomofauna associada em sistema agroflorestal. **Scientia plena**, v. 8, n. 4 (b), 2012.

DE OLIVEIRA SIMÕES, Rodrigo et al. *Carpophilus hemipterus* (Linnaeus, 1758)(Coleoptera, Nitidulidae), primeiro registro de ocorrência em ração canina na região de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, 2008.

DE OLIVEIRA, Charles Martins; FRIZZAS, Marina Regina. **Insetos de Cerrado: distribuição estacional e abundância**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. DELLA LUCIA, T. M. C. Formigas-cortadeiras: da biologia ao manejo. UFV. Viçosa: MG, 2011.

DERENGOSKI, JOSEANE APARECIDA et al. METODOLOGIAS DE COLETA NA AVALIAÇÃO DA COMUNIDADE EDÁFICA EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA CILIAR. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 2, p. 62-76, 2019.

FEENY, Paul. Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrients as a cause of spring feeding by winter moth caterpillars. **Ecology**, v. 51, n. 4, p. 565-581, 1970.

FERREIRA, R. L.; MARQUES, M. M. G. S. M. A fauna de artrópodes de serrapilheira de áreas de monocultura com *Eucalyptus* sp. e mata secundária heterogênea. **An. Soc. Entomol. Brasil**, v. 27, n. 3, p. 395-403, 1998.

FOOTE, B. A.; TESKEY, H. Order Diptera. **Immature insects**, v. 2, p. 690-915, 1991.

FORTI, L. C. et al. Pesquisas com sulfluramida, no período de 1989 a 1993, para o controle de *Atta* spp. In: **INTERNATIONAL PEST ANT SYMPOSIUM**. 1993.

FORTI, L. C.; MOREIRA, S. M.; CALDATO, N.; BALDIN, E. L. L. Ordem Coleoptera. In: FUJIHARA, R. T.; FORTI, L. C.; ALMEIDA, M. C.; BALDIN, E. L. L. (ed.). **Insetos de Importância Econômica: guia ilustrado para identificação de famílias**. Botucatu: Editora FEPAF, 2016. p. 187-226

GALLI, Julio César; SENÖ, K. C. A.; CARARETO, Evandro CB. Flutuacao populacional de *Carpophilus* sp. em pomares de goiaba submetidos a dois métodos de pulverizacao de fenthion. 2005.

GARLET, J. **Levantamento populacional da entomofauna em plantios de *Eucalyptus* spp.** 2010. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010.

GARLET, Juliana et al. Levantamento populacional da entomofauna em plantios de *Eucalyptus* spp. 2010.

GARLET, Juliana; COSTA, Ervandil Corrêa; BOSCARDIN, Jardel. Levantamento da entomofauna em plantios de *Eucalyptus* spp. por meio de armadilha luminosa em São Francisco de Assis-RS. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 365-374, 2016.

GNASPINI, Pedro et al. Abundance and seasonal activity of beetles (Coleoptera) in an Atlantic forest reservation in São Paulo city (Brazil). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 44, n. 3/4, p. 115-127, 2000.

GONZAGA, Elmadã Pereira et al. Diversidade inicial da entomofauna em povoamento florestal de eucalipto, no município de Rio Largo, Alagoas. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 3, p. 2931-2945, 2021.

GUIMARÃES, J. H.; AMORIN, D. S. Diptera. In: COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C. E. (Ed.). Insetos imaturos: metamorfose e identificação. Ribeirão Preto: **Holos**, 2006. p. 147-160.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E.O. The Ants. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 1990. 28 HUBBELL, S. P. et al. Foraging by bucket-brigade in leaf-cutter ants. *Biotropica*, v. 12, n. 3, p. 210 - 213, set. 1990.

HOLTZ, Anderson Mathias et al. Coleópteros coletados em plantio de *Eucalyptus urophylla* na região de Três Marias, Minas Gerais. **Floresta**, v. 31, n. 1/2, 2001.

HORN, D. J. Genetic, cultural, and physical control: quarantines. In: HORN, D. J. Ecological approach to pest management. New York: **Guilford**, 1988. p. 195-206.

IANNUZZI, Luciana; MAIA, Artur Campos Dalia; VASCONCELOS, Simão Dias. Ocorrência e sazonalidade de coleópteros buprestídeos em uma região de caatinga nordestina. **Biociências**, v. 14, n. 2, p. 174-179, 2006.

IBÁ - Indústria Brasileiro de Árvores. Relatório da indústria brasileira de arvores 2022. **Disponível em:** < <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf> >. Acesso em 09 de junho de 2023.

JOHNSON, Norman F.; TRIPLEHORN, Charles A. Estudo dos insetos. **São Paulo, Cengage Learning**, 2011.

JONES, C. G.; LAWTON, J. H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, **Copenhagen**, v. 69, n. 3, p. 373-386, abr. 1994.

LARANJEIRO, A. J. & ZANUNCIO, J. C. Avaliação da isca à base de sulfloramida no controle de *Atta sexdens rubropilosa* pelo processo de dosagem única de aplicação. **IPEF**, v. 48/49, p. 144-152, 1995.

LARANJEIRO, A. J.; ZANUNCIO, J. C. Avaliação da isca a base de sulfloramida no controle de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) pelo processo dosagem única de aplicações de iscas formicidas. In: **Anais do IV International Symposium on Pest Ants-XI Encontro de Mirmecologia. Belo Horizonte, MG.** 1993. p. 71.

LARANJEIRO, Alberto Jorge. **Estabilidade da entomofauna num mosaico de plantação de eucalipto e áreas naturais de conservação.** 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LASEBIKAN, B. ADEBBAYO. Preliminary communication on microarthropods from a tropical rain forest in Nigeria. 1974.

LIMA, C. A.; DELLA LÚCIA, T. M. C.; ANJOS, N.S. Formigas cortadeiras: biologia e controle. Viçosa: UFV, 2001. 28 p. (Boletim de extensão; 44).

Louzada, J.N.C., N.M. Sanches & M.N. Schindwein. 2000. Bioindicadores de qualidade e de impactos ambientais da atividade agropecuária. *Inf. Agropec.* 21: 72-77.

MAESTRI, Renan et al. Efeito de mata nativa e bosque de eucalipto sobre a riqueza de artrópodos na serrapilheira. *Perspectiva*, v. 37, p. 31-40, 2013.

MAGURRAN, Anne E. Medindo a diversidade biológica. **Curitiba: Editora da UFPR**, v. 261, 2011.

MATSUMOTO, M. L, et al. Análise da entomofauna e flutuação associada a quatro culturas com potencial para produção de biodiesel. **Arq. Inst. Biol.**(online),v. 82, p. 1-9, 2015

MICHELOTTO, M. D.; BUSOLI, A. C. Diversidade de afídeos na cultura do algodoeiro no município de Campo Verde MT. *Bragantia*. Campinas, v. 62, n. 1, p. 75-79, 2003.

MORAES, J.; KÖHLER, Andreas. Análise faunística de besouros (Coleoptera) em três diferentes fitofisionomias em Santa Cruz do Sul, RS, Brasil. **Caderno de Pesquisa, Série Biologia**, v. 23, n. 1, p. 34, 2011.

MOURA, José Maria Matias de; FILHO, José Usan Torres Brandão. Eficiência da isca formicida BLITZ (Fipronil 0,03 g.kg⁻¹) no controle da formiga saúva-limão (*Atta*

sexdens rubropilosa Forel, 1908) em condições de campo. **25º Encontro Anual de Iniciação Científica**, [s. l.], 13 out. 2016.

OLIVEIRA, AC de et al. Um estudo de caso: o sistema de monitoramento e controle de formigas cortadeiras na Mannesmann Fi-EL Florestal Ltda. **As formigas cortadeiras**, p. 242-255, 1993.

OLIVEIRA, Aldenira F.; FERREIRA, Ruth LM; RAFAEL, José A. Sazonalidade e atividade diurna de *Tabanidae* (Diptera: Insecta) de dossel na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus, AM. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 790-797, 2007.

OLIVEIRA, C. M. Aspectos bioecológicos do coró-das-hortaliças *Aegopsis bolboceridus* (Thomson) (Coleoptera: Melolonthidae) no Cerrado do Brasil Central. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2005. 28 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 143).

OLIVEIRA, C. M. Coró-da-soja-do-cerrado *Phyllophaga capillata* (Blanchard) (Coleoptera: Melolonthidae): aspectos bioecológicos. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2007. 33 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 199).

OLIVEIRA, Charles Martins; MORÓN, Miguel Angel; FRIZZAS, Marina Regina. *Aegopsis bolboceridus* (Coleoptera: Melolonthidae): an important pest on vegetables and corn in Central Brazil. **Florida Entomologist**, v. 91, n. 2, p. 324-327, 2008.

OLIVEIRA, Charles Martins; MORÓN, Miguel Angel; FRIZZAS, Marina Regina. First record of *Phyllophaga* sp. aff. *capillata* (Coleoptera: Melolonthidae) as a soybean pest in the Brazilian "Cerrado". **Florida Entomologist**, v. 90, n. 4, p. 772-775, 2007.

OLIVEIRA, P. E. A. M. Fenologia e biologia reprodutiva de espécies do Cerrado. **Cerrado: ecologia e flora**, p. 273-290, 2008.

OTT, Ana P. et al. Abundância e sazonalidade de cigarrinhas (Hemiptera, *Cicadellidae*, *Cicadellinae*) em vegetação herbácea de pomar de laranja doce, no município de Montenegro, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 96, p. 425-429, 2006.

PEREIRA, K. de S.; CARVALHO, R. da S. Análise faunística da entomofauna de serrapilheira de mata primária como referência de qualidade edáfica. 2012.

PEREIRA, M. P. S.; QUEIROZ, J. M.; SOUZA, G. O.; MAYHÉ-NUNES, A. J. Influência da heterogeneidade da serrapilheira sobre as formigas que nidificam em galhos mortos em floresta nativa e plantio de eucalipto. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 2, n. 3, p. 161-164, 2007.

PINHEIRO, F. et al. Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. **Austral Ecology**, v. 27, n. 2, p. 132-136, 2002.

Pinho, L.C. 2008. Diptera. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). **Disponível em:** <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>. Acesso em 02 de dezembro de 2023.

PINTO, R.; ZANUNCIO JUNIOR, J. S.; FERREIRA, J. A. M.; ZANUNCIO, J. C. Flutuação populacional de Coleoptera em plantio de *Eucalyptus urophylla* no município de Três Marias, Minas Gerais. **Floresta e Ambiente**, v. 7, p. 143-151, 2000.

RAMOS, L. S.; MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHLINDWEIN, M. N. Impacto de iscas formicidas granuladas sobre a mirmecofauna não-alvo em eucaliptais segundo duas formas de aplicação. **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 231-237, 2003.

RAMOS, Lucimeire de S. et al. Impacto de iscas formicidas granuladas sobre a mirmecofauna não-alvo em eucaliptais segundo duas formas de aplicação. **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 231-237, 2003.

REIS FILHO, W. et al. **Recomendações para o controle químico de formigas cortadeiras em plantios de Pinus e Eucalyptus**. 2015.

ROCHA, Larissa Santos. **Entomofauna associada ao cultivo de Eucalipto na região sudoeste da Bahia**. 2016. Tese de Doutorado. Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil 56 pp.

ROSENBERG, D. M.; DANKS, H. V.; LEHMKUHL, D. M. Importance of insects in environmental impact assessment. **Environmental Management**, New York, v. 10, n. 6, p. 773-783, 1986.

SALVADOR, Tatiana de Lima et al. Estudo do desenvolvimento de flores e caracterização físico-química de frutos de pinheira (*Annona squamosa* L.). 2013.

SANCHEZ-BAYO, Francisco; GOKA, Koichi. Pesticide residues and bees—a risk assessment. **PloS one**, v. 9, n. 4, p. e94482, 2014.

SCHOEREDER, J. H. Comunidades de formigas: bioindicadores do estresse ambiental em sistemas naturais. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA**, 16., 1997, Salvador, BA. Salvador: SEB: EMBRAPA-CNPMPF, 1997. p. 233.

SCOZ, P. L.; BOTTON, M.; GARCIA, S. M.; PASTORI, P. L. Avaliação de atrativos alimentares e armadilhas para o monitoramento de *Anastrepha fraterculus* (Wiedmann, 1830) (Diptera: Tephritidae) na cultura do pessegueiro (*Prunus persicae* (L.) Batsh). *Idésia, Arica, Chile*, v.24, n.2, Maio-Agosto, 2006.

SILVA, Neuza Aparecida Pereira da; FRIZZAS, Marina Regina; OLIVEIRA, Charles Martins de. Seasonality in insect abundance in the "Cerrado" of Goiás State, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, p. 79-87, 2011.

SILVEIRA, Lília Cristina Alves da et al. ANÁLISE FAUNÍSTICA E SAZONAL DA COMUNIDADE DE INSETOS PRESENTE EM ÁREA DE CONSERVAÇÃO "ex situ" DE BARU (*Dipteryx alata*). 2022.

SIQUEIRA, G. M., SILVA E. F. F., PAZ-FERREIRO, J., "Land Use Intensification Effects in Soil Arthropod Community of an Entisol in Pernambuco State, Brazil". The Scientific World Journal. 2014. **Disponível em:** <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/625856/>. Acesso em: 21 nov. 2023.

SOARES, MIJ. **Meso e macrofauna do solo sob diferentes coberturas vegetais. 1999. 105 f.** 1999. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)—Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria.

SOUZA, A.; ZANETTI, R.; CALEGARIO, N. Nível de dano econômico para formigas cortadeiras em função do índice de produtividade florestal de eucaliptais em uma região de Mata Atlântica. **Neotropical Entomology**, v. 40, p. 483-488, 2011.

SOUZA, R. C.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; PAULA, R. R.; MENEZES, L. F. T. Estrutura da comunidade da fauna edáfica em fragmentos florestais na Restinga da Marambaia, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 1, p. 49-57, 2008.

STIRLE, Jéssica Lauanda et al. ANÁLISE FAUNÍSTICA E DIVERSIDADE DE INSETOS NÃO-ALVO EM SOJA BT COLETADOS POR ARMADILHAS MOERICKE. 2021.

TAHA, A. M.; HOMAM, B. H.; AFSAH, A. F. E. et al. Effect of trap color on captures of *Tuta absoluta* moths (Lepidoptera: Gelechiidae). **International J. of Environ. Sci. and Engineering**, n. 3, p. 43-48, 2012.

THOMAS, D. B.; HOLLER, T. C.; HEATH, R. R.; SALINAS, E. J.; MOSES, A. L. Trap-lure combinations for surveillance of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Florida Entomologist**, v. 84, n. 3, 2001, p. 344-351.

TOFOLO, Viviane Cristina et al. Foraging Behavior and Mortality of *Ectatomma brunneum* (Hymenoptera, Formicidae) in Simultaneous Exposure to Ant Baits and Conventional Diet in Laboratory. **Sociobiology**, v. 55, n. 2, p. 599-612, 2010.

TORRES, Felipe Rafael; MADI-RAVAZZI, Lilian. Seasonal variation in natural populations of *Drosophila* spp. (Diptera) in two woodlands in the State of São Paulo, Brazil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 96, p. 437-444, 2006.

WILCKEN, Carlos F. et al. Ocorrência do psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) em florestas de eucalipto no Brasil. **Circular técnica IPEF**, v. 201, p. 1-11, 2003.

WOLDA, H. Fluctuations in abundance of tropical insects. **The American Naturalist**, v. 112, n. 988, p. 1017-1045, 1978.

WOLDA, H. Insect seasonality: why?. **Annual review of ecology and systematics**, v. 19, n. 1, p. 1-18, 1988.

WOLDA, Henk. Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. **The Journal of Animal Ecology**, p. 369-381, 1978.

WOLDA, Henk. Seasonality of tropical insects. **The Journal of Animal Ecology**, p. 277-290, 1980.

WOLDA, Henk. Trends in abundance of tropical forest insects. **Oecologia**, v. 89, p. 47-52, 1992.

WOLDA, Henk; FISK, Frank W. Seasonality of tropical insects. II. Blattaria in Panama. **The Journal of Animal Ecology**, p. 827-838, 1981.

ZANETTI, Ronald et al. Combate sistemático de formigas-cortadeiras com iscas granuladas, em eucaliptais com cultivo mínimo. **Revista Árvore**, v. 27, p. 387-392, 2003.

ZANUNCIO, J. C.; COUTO, L.; SANTOS, G. P.; ZANUNCIO, T. V. Eficiência da isca granulada Mirex-S, à base de sulfluramida, no controle da formiga-cortadeira *Atta laevigata* (Hymenoptera; Formicidae). **Revista Árvore**, v. 16, p. 357-361, 1992.

ZANUNCIO, J. C.; COUTO, L.; ZANUNCIO, T. V.; FAGUNDES, M. Eficiência da isca granulada Mirex-S (sulfluramida 0,3%) no controle da formiga-cortadeira *Atta bisphaerica* (Hymenoptera; Formicidae). **Revista Árvore**, v. 17, p. 85-90, 1993.

ZANUNCIO, José Cola et al. Coleópteros associados à eucaliptocultura nas regiões de São Mateus e Aracruz, Espírito Santo. **Ceres**, v. 40, n. 232, 1993.

ZANUNCIO, José Cola et al. Levantamento e flutuação populacional de lepidópteros associados à eucaliptocultura: VI. Região de Belo Oriente, Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 10, p. 1121-1127, 1993.

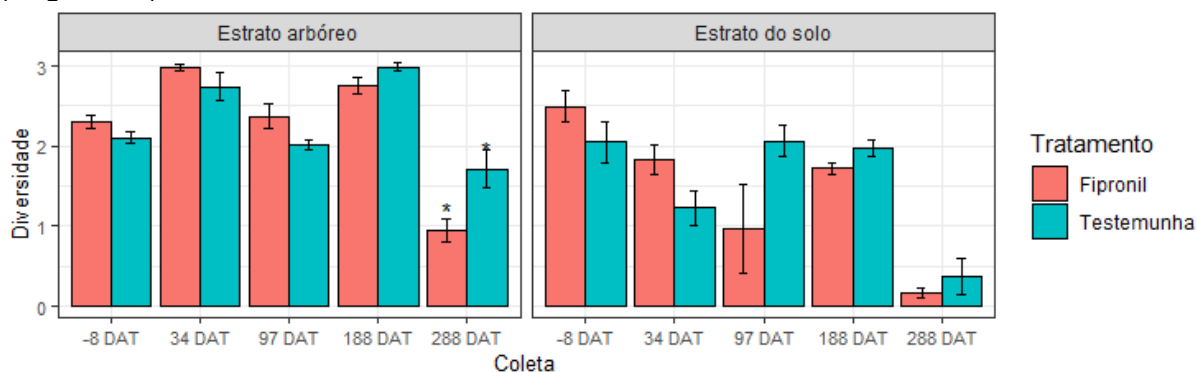
ZANUNCIO, Teresinha Vinha et al. Aspectos biológicos e morfológicos de *Mimallonia amilia* (Lepidoptera: Mimallonidae) em folhas de *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, v. 29, p. 321-326, 2005.

ZARDO, D. C.; CARNEIRO, A. P.; LIMA, L. G.; SANTOS-FILHO, M. Comunidade de artrópodes associada à serrapilheira de cerrado e de mata de galeria, na estação ecológica serra das araras – Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Uniara**, v. 13, n. 2, 2010.

ZIDKO, Aleksandro. Coleópteros (Insecta) associados às estruturas reprodutivas de espécies florestais arbóreas nativas no Estado de São Paulo. **Livro de resumos**, 2002.

APÊNDICE A – Notas

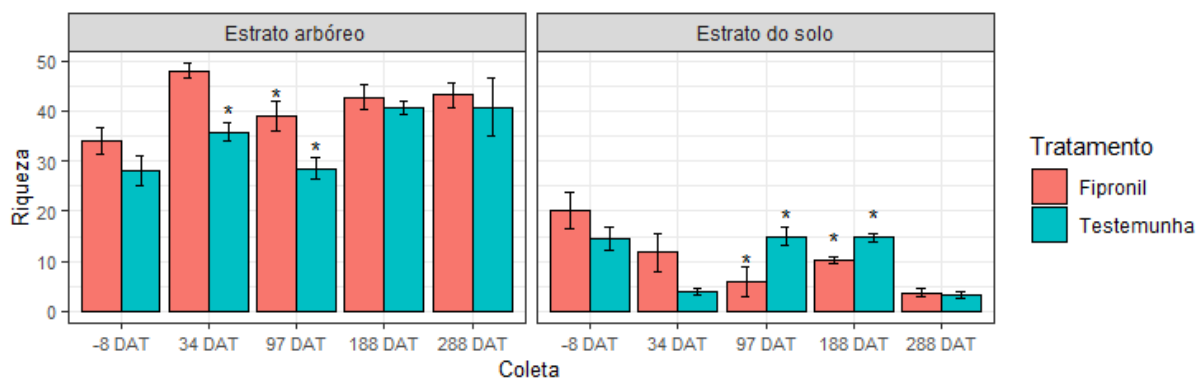
Gráfico 2 - Abundância dos artrópodes, coletados nos estratos arbóreo e solo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.



Fonte: Alencar (2023).

Dados destacados por *, diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

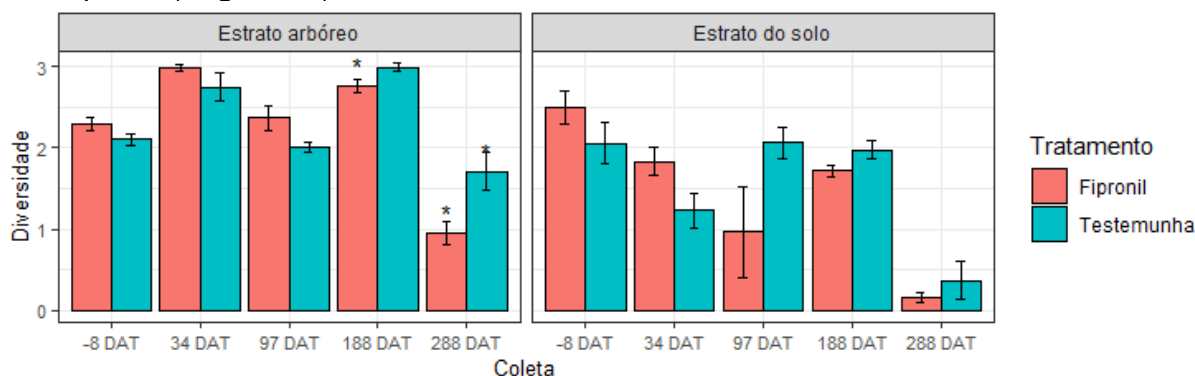
Gráfico 3 - Riqueza dos artrópodes, coletados nos estratos arbóreo e solo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.



Fonte: Alencar (2023).

Dados destacados por *, diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

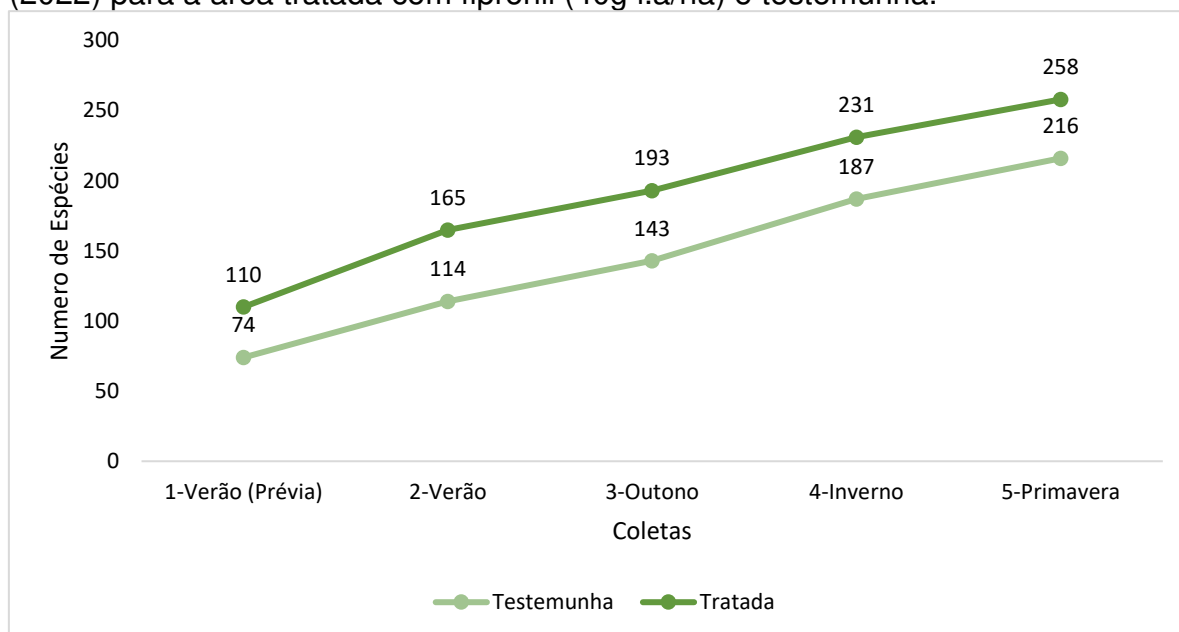
Gráfico 4 - Índice de Diversidade de Shannon-Wiener coletados nos estratos arbóreo e solo em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.



Fonte: Alencar (2023).

Dados destacados por *, diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Gráfico 5 - Curva do coletor de morfoespécies coletados em armadilha adesivas, Pitfall, McPhail e coleta de solos em plantios de *Eucalyptus* spp. em Selvíria - MS (2022) para a área tratada com fipronil (40g i.a/ha) e testemunha.



Fonte: Alencar (2023).