

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**Comunidade Edáfica Associada ao Feijoeiro sob Tratamento de Sementes com
Tiametoxam**

Antoniél Francisco Pereira
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2026**

ANTONIEL FRANCISCO PEREIRA

**Comunidade Edáfica Associada ao Feijoeiro sob Tratamento de Sementes com
Tiametoxam**

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: Raul N. Carvalho Guedes

Coorientadores: Claudia de Lima e Silva
Vitor Zuim

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2026**

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

T

P436c
2026
Pereira, Antoniel Francisco, 1997-
Comunidade edáfica associada ao feijoeiro sob tratamento
de sementes com tiametoxam / Antoniel Francisco Pereira. –
Viçosa, MG, 2026.

1 dissertação eletrônica (62 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexo.

Orientador: Raul Narciso Carvalho Guedes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Entomologia, 2026.

Referências bibliográficas: f. 50-55.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2026.095>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Invertebrados do solo. 2. Sementes - Tratamento.
3. Feijão - Semente. 4. Cadeias alimentares (Ecologia).
5. Toxicologia ambiental. I. Guedes, Raul Narciso Carvalho,
1967-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Entomologia. Programa de Pós-Graduação em Entomologia.
III. Título.

CDD 22. ed. 595.7

ANTONIEL FRANCISCO PEREIRA

Comunidade Edáfica Associada ao Feijoeiro sob Tratamento de Sementes com Tiametoxam

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: 23 de fevereiro de 2026.

Assentimento:

Antoniél Francisco Pereira
Autor

Raul Narciso Carvalho Guedes
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 26/03/2026 às 10:25:59 e pelo orientador em 26/03/2026 às 17:54:28. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **V6LH.HD8F.1DW4** e clique no botão 'Validar documento'.

À minha mamãe, Edna Francisca Pereira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pelo fôlego da vida e por me permitir enxergá-Lo em tudo aquilo a que me proponho fazer.

À minha família, em especial à minha mãe, Edna Francisca Pereira, vulgo o amor da minha vida, e à minha avó, Eunice Souza da Silva, o meu maior exemplo, por cada palavra de amor, de apoio e de incentivo ao longo dessa caminhada. Às minhas irmãs, Évila e Angela, por toda proteção, cumplicidade e suportes constantes. Ao meu pai, Antonio Costa Pereira ao qual aprendi a amá-lo de verdade nesse processo.

Aos meus amigos de Boa Vista, Roraima, que sempre torceram por mim e me apoiaram nessa jornada na ciência, em especial Heduane, Kathryn Vitória, Ana Liandra, Rafael Boldrini e Maria Sampaio. Ao meu companheiro, Pedro Martins, por estar ao meu lado, por compreender meus momentos difíceis e por ser meu ponto de apoio emocional.

Aos amigos que Viçosa me deu e que levo para a vida, Samuel e Douglas, por me auxiliarem em diversos processos no mundo da pós-graduação e pela irmandade construída. Também agradeço a Laís Viana, Marina Moreira, Alex Lalas e Amanda Sobreira, por serem minha família aqui.

Ao meu orientador, Raul N. C. Guedes, por contribuir positivamente em minhas decisões e por sempre me dar luz e direção na pós-graduação. Aos amigos do Laboratório de Ecotoxicologia e Ecofisiologia de Insetos, pela leveza e compreensão, especialmente durante minha mudança de área de pesquisa: Diego Souza, Karine Mesquita e Pedro Rodrigues. Aos estagiários Yan Duarte, Júlia Neves, Ilma Guimarães e Tamara Pontini, pelo auxílio na triagem e morfotipagem dos táxons, sem os quais os resultados desta pesquisa não teriam sido obtidos em tempo hábil.

Agradeço aos meus coorientadores, Claudia de Lima e Silva, por me incentivar a pensar de forma crítica e coerente no desenvolvimento desta pesquisa, e a Vitor Zuim, pelo suporte, principalmente nas análises.

Agradeço também a Tiago Pereira de Souza, coordenador da empresa MultCrop Pesquisa e Desenvolvimento, pela disponibilização da área experimental para a realização do estudo, e a César Augusto Dias Nascimento, pelo companheirismo, apoio e suporte durante a execução do experimento, além de me inserir na prática dentro do meio agrícola, fazendo-me acompanhar e entender vários processos dos quais eu não tive base.

Aos pesquisadores internos e externos à Universidade Federal de Viçosa, agradeço pela valiosa contribuição na identificação dos táxons: Daniela Santos Martins Silva, do Laboratório de Ecologia e Comportamento (UFV), pela identificação de Orthoptera; Breno Gomes da Silva, do Laboratório de

Biologia (UEMG), pela identificação de Coleoptera; Lucas Barbosa Cortinhas, do Laboratório Integrado de Simulídeos, Oncocercose e Entomologia Médica e Forense (Fiocruz), pela identificação de Diptera; e Iandra Rodrigues, Paolla Souza, Gleyce Medeiros, Bruna Sampaio, Nikolas Cipola e Bruno Bellini, do Laboratório de Taxonomia e Sistemática de Collembola (UFRN), pela identificação de Collembola. Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

RESUMO

PEREIRA, Antoniel Francisco, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2026. **Comunidade Edáfica Associada ao Feijoeiro sob Tratamento de Sementes com Tiametoxam.** Orientador: Raul Narciso Carvalho Guedes. Coorientadores: Claudia de Lima e Silva e Vitor Zuim.

O tratamento de sementes é uma prática amplamente utilizada para proteger as plântulas nas fases iniciais do desenvolvimento. A intensificação dessa técnica ocorreu com a adoção de inseticidas neonicotinoides. Dentre esses, o tiametoxam destaca-se pelo amplo uso agrícola e pelo potencial de exposição crônica de organismos não-alvo. Nesse trabalho, foi hipotetizado que o uso de tiametoxam no tratamento de sementes de feijão causa impacto negativo na entomofauna edáfica. O experimento foi realizado em área irrigada por aspersão, em Riachão das Neves (Bahia), com 3 ha cultivados com feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), sendo metade com sementes tratadas com tiametoxam e a outra metade como controle, sem este tratamento. As sementes receberam tratamento padrão (biológico e fungicida) e, na área tratada, também o inseticida tiametoxam, antes da inoculação com a bactéria fixadora de nitrogênio *Bradyrhizobium japonicum*. Foram conduzidos três cultivos sucessivos, com intervalos de 30 dias, e acompanhados conforme os estágios fenológicos do feijoeiro. A entomofauna edáfica foi amostrada antes da semeadura e nos estágios BBCH 12, 30 e 64, utilizando armadilhas pitfall para a fauna da superfície e extratores de Berlese–Tullgren para a fauna do solo. As armadilhas permaneceram sete dias em campo e os organismos coletados foram preservados em álcool a 70%, triados, contados e identificados ao menor nível taxonômico possível, com posterior enquadramento por grupos tróficos funcionais. Os dados foram analisados no R com modelos mistos para abundância e diversidade, PERMANOVA e NMDS para a composição da comunidade e, adicionalmente, foram construídas teias alimentares para avaliar a estrutura funcional da entomofauna sob os efeitos do tratamento e das amostragens. Foram amostrados 150.887 indivíduos, levando à identificação de 66 táxons, sendo predominantes os grupos de ácaros Oribatida e colêmbolos (*Collembola*). A abundância total da entomofauna edáfica não foi significativamente afetada pelo tratamento com tiametoxam, sendo a variação explicada principalmente pelo período de amostragem de acordo com a fase de desenvolvimento das plantas, com maior abundância na fase inicial e redução nas fases posteriores. A riqueza e os índices de diversidade (Shannon e Simpson) também apresentaram efeito temporal, com queda na amostragem final, enquanto

o efeito isolado do tratamento foi, em geral, não significativo, exceto pontualmente na última amostragem. As análises multivariadas indicaram que a estrutura da comunidade foi determinada sobretudo pela dinâmica temporal associada à fenologia das plantas de feijão. Poucos táxons responderam diretamente ao inseticida. As métricas das teias tróficas variaram ao longo do tempo, mas não apresentaram efeito direto do tiametoxam. Os padrões observados nas análises indicaram que o efeito do tratamento não é inexistente, mas sim sutil, modulada pelo tempo e pela reorganização das interações funcionais no sistema edáfico.

Palavras-chave: Entomofauna do solo; Tratamento de sementes; Teia trófica; Ecotoxicologia

ABSTRACT

PEREIRA, Antoniel Francisco, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2026. **Edaphic Community Associated with Common Bean Under Thiamethoxam Seed Treatment.** Adviser: Raul Narciso Carvalho Guedes. Co-advisers: Claudia de Lima e Silva and Vitor Zuim.

Seed treatment is a widely used practice to protect seedlings during the early stages of development. The intensification of this technique occurred with the adoption of neonicotinoid insecticides. Among these, thiamethoxam stands out due to its widespread agricultural use and its potential for chronic exposure of non-target organisms. In this study, it was hypothesized that the use of thiamethoxam in common bean seed treatment causes a negative impact on the soil entomofauna. The experiment was carried out in a sprinkler-irrigated area in Riachão das Neves, Bahia, Brazil, with 3 ha cultivated with common bean (*Phaseolus vulgaris*), half with seeds treated with thiamethoxam and the other half serving as a control, without this treatment. Seeds received a standard treatment (biological agent and fungicide) and, in the treated area, also the insecticide thiamethoxam before inoculation with the nitrogen-fixing bacterium *Bradyrhizobium japonicum*. Three successive cropping cycles were conducted, with intervals of 30 days, and were monitored according to the phenological stages of the bean crop. Soil entomofauna was sampled before sowing and at BBCH stages 12, 30, and 64, using pitfall traps for surface fauna and Berlese–Tullgren extractors for soil fauna. The traps remained in the field for seven days, and the collected organisms were preserved in 70% ethanol, sorted, counted, and identified to the lowest possible taxonomic level, followed by classification into functional trophic groups. Data were analyzed in R using mixed models for abundance and diversity, PERMANOVA and NMDS for community composition, and food webs were additionally constructed to evaluate the functional structure of the entomofauna under the effects of treatment and sampling periods. A total of 150,887 individuals were sampled, leading to the identification of 66 taxa, with Oribatida mites and springtails (*Collembola*) as the predominant groups. The total abundance of soil entomofauna was not significantly affected by thiamethoxam treatment, with variation mainly explained by the sampling period according to the plant development stage, with higher abundance in the initial phase and a reduction in later stages. Richness and diversity indices (Shannon and Simpson) also showed a temporal effect, with a decline in the final sampling, while the isolated effect of the treatment was generally non-significant, except at the last sampling. Multivariate analyses indicated

that community structure was mainly determined by temporal dynamics associated with the phenology of bean plants. Few taxa responded directly to the insecticide. Food web metrics varied over time but did not show a direct effect of thiamethoxam. The patterns observed in the analyses indicate that the effect of the treatment is not absent, but rather subtle, being modulated by time and by the reorganization of functional interactions in the soil system.

Keywords: Soil entomofauna; Seed treatment; Trophic web; Ecotoxicology

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema da estrutura das áreas e formato de amostragem da entomofauna.	16
Figura 2 - Armadilha do tipo pitfall. (a) Modelo da armadilha confeccionada. (b) Armadilha instalada em campo.	18
Figura 3 - Extrator de Berlese-Tullgreen (adaptado). Estrutura do Extrator (2a). Processo de extração (2b).	19
Figura 4 - Abundância média da entomofauna, separada por tipo de tratamento, amostragem e área, representada nos painéis a, b e c; e abundância média global, separada por tratamento e amostragem, representada no painel d.	29
Figura 5 - Ordenação NMDS da comunidade de artrópodes do solo baseada na distância de Bray–Curtis). Pontos representam unidades amostrais, cores indicam os tratamentos (controle e tratada) e triângulos pretos indicam os centroides por amostragem e tratamento. As elipses representam a dispersão dos grupos. O NMDS apresentou stress = 0,19, indicando ajuste bidimensional aceitável.	33
Figura 6 - Representação gráfica da rede trófica dos grupos funcionais do solo presentes no ambiente antes da semeadura das sementes.	36
Figura 7 - Representação gráfica da rede trófica dos grupos funcionais do solo na segunda amostragem.	36
Figura 8 - Representação gráfica da rede trófica dos grupos funcionais do solo na terceira amostragem.	37
Figura 9 - Representação gráfica da rede trófica dos grupos funcionais do solo na última amostragem.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Identificação dos táxons associados ao cultivo do feijão selecionados para as análises estatísticas, e de teia, com suas respectivas abundâncias e identificadores.....	27
Tabela 2 - Análises univariadas dos efeitos do tratamento sementes com tiametoxam, do período de amostragens e da interação entre ambos, sobre a abundância e os índices de diversidade ecológica (Riqueza, Shannon e Simpson) na entomofauna edáfica.....	31
Tabela 3 - Resposta multivariada e funcional da entomofauna do solo ao tratamento com tiametoxam e à variação temporal.....	34
Tabela 4 -Variação temporal das métricas estruturais das teias tróficas da entomofauna edáfica sob tratamento com tiametoxam e área de controle. Modelos Lineares Mistos das métricas da teia trófica.....	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO GERAL	15
2.1. Objetivos específicos	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1. Área de estudo e delineamento experimental	16
3.2. Amostragem de artrópodes	17
3.3. Construção das teias alimentares	20
3.4. Análises estatísticas	20
3.4.1. Abundância	20
3.4.2. Índices de Diversidade Ecológica	22
3.4.3. Composição taxonômica	23
3.4.4. Teia alimentar	25
4. RESULTADOS	26
4.1. Abundância	28
4.2. Índices de Diversidade Ecológica	29
4.3. Composição taxonômica	32
4.4. Teia Alimentar	35
5. DISCUSSÃO	39
5.1. Abundância	39
5.2. Índices de Diversidade Ecológica	41
5.3. Composição taxonômica	43
5.4. Teia alimentar	46
7. REFERENCIAS	50
ANEXOS	56

1. INTRODUÇÃO

O tratamento de sementes (TS) é uma prática agrícola amplamente utilizada para proteger sementes e plântulas contra patógenos e insetos-praga nas fases iniciais do desenvolvimento, contribuindo para a uniformidade do estande e para um estabelecimento mais vigoroso das culturas (Jeschke et al., 2011).

Embora seja uma prática antiga, sua aplicação em larga escala intensificou-se a partir da década de 1990, com a introdução dos inseticidas do grupo dos neonicotinoides (Ferreira et al., 2022; Jeschke et al., 2011), que são compostos sistêmicos que também apresentam elevada sistemicidade nas plantas cultivadas (Guedes et al., 2023). Essa eficiência está relacionada à lipofilicidade desses compostos, especialmente da família química N-nitroguanidinas, da qual fazem parte o tiametoxam, imidacloprido e clotianidina (Jeschke et al., 2011).

O uso de sementes tratadas com inseticidas sistêmicos traz vantagens na seletividade contra insetos difíceis de controlar como, sugadores, pragas de solo, minadores de folhas e desfolhadores, principalmente nos estágios iniciais da fenologia da planta, e, apresentam maior persistência no solo e solubilidade em água (Rangasamy et al., 2015).

Os neonicotinoides, compostos derivados da nicotina, são amplamente utilizados na agricultura por atuarem seletivamente como agonistas dos receptores nicotínicos da acetilcolina (nAChRs), onde é gerado um influxo ininterrupto de sódio, resultando em hiperexcitabilidade severa, paralisia e morte, processo agravado pela incapacidade dos mecanismos inibitórios, em restaurar o equilíbrio neural (Nauen et al., 2003). Além disso, podem apresentar alta persistência no solo e na água, sendo transportados para ambientes adjacentes atingindo os organismos não-alvo, (Bonmatin et al., 2015; Ferreira et al., 2022; Mužinić and Želježić, 2018; Shattuck, 2021).

Diversos estudos têm evidenciado os potenciais impactos ambientais desse composto. A exposição crônica, mesmo em baixas concentrações, pode alterar a sobrevivência, o comportamento e a estrutura de comunidades biológicas, comprometendo serviços ecossistêmicos como a decomposição e o controle biológico (Hladik et al., 2018).

Dentre os neonicotinoides, o tiametoxam se destaca pelo uso expressivo em diversas culturas (Bonmatin et al., 2015). Embora o tiametoxam tenha sido banido na

União Europeia em 2018 devido ao alto risco que representa para as abelhas e outros polinizadores, juntamente com o imidacloprido e a clotianidina (European Committee, 2018), ainda é autorizado o seu uso no Brasil. Sua meia-vida no solo varia de 7 a 335 dias, sendo influenciada por fatores como temperatura, umidade e características físico-químicas do solo (Bonmatin et al., 2015; Goulson, 2013a; Gupta et al., 2008; Li et al., 2018).

As práticas agrícolas além do tratamento de sementes na implantação das culturas, podem induzir transformações nos ecossistemas, afetando o equilíbrio elemental e as relações predador-presa, reduzindo a diversidade de espécies e alterando a estrutura e a função das comunidades do solo (Menta & Remelli, 2020; Moreno-García et al., 2024).

O uso do tratamento de sementes associado a outras práticas agrícolas pode contribuir para reduzir o impacto ambiental em comparação com técnicas mais intensivas; entretanto, ainda são observados efeitos negativos sobre as comunidades de artrópodes, especialmente as associadas ao solo (Cheeke et al., 2012; Samuel et al., 2023). As alterações não se limitam apenas à redução do número de indivíduos após a exposição ao estressor, mas também nas interações e estrutura e funcionamento da teia trófica (Coleman et al., 2023; Cordeiro et al., 2014; Resende-Silva et al. 2023). Contudo, as comunidades edáficas encontram-se em processo de reconhecimento científico quanto aos impactos reais dos inseticidas nelas (Coleman et al., 2023).

Alguns trabalhos avaliaram o impacto do uso de neonicotinoides sobre a abundância, diversidade ecológica, composição e estrutura das redes tróficas, sobretudo em culturas como soja (Douglas et al., 2015; Dubey et al., 2020) e milho (Atwood et al., 2018; Resende-Silva et al., 2023). Entretanto, não existem estudos avaliando a composição integrada às redes tróficas do solo sob manejo químico, no contexto neotropical. Dentre os poucos estudos existentes em que foram avaliados os impactos dos inseticidas na entomofauna tropical associada ao feijoeiro, De Barros et al. (2015) demonstraram que o uso dos inseticidas clorfenapir e methamidophos altera a abundância e a composição da entomofauna associada a essa cultura, afetando não apenas organismos-alvo, mas também predadores e detritívoros, induzindo mudanças estruturais na organização das relações tróficas. Também Nottingham et al. (2017), em seu estudo com tiametoxam, mostram que o uso foi eficaz no controle

inicial de pragas, porém alterou a estrutura da entomofauna não-alvo associada à cultura.

Diante desse contexto, considerando o impacto dos neonicotinoides em organismos não-alvo e a necessidade do conhecimento das alterações que ocorrem no ambiente edáfico, levanta-se a hipótese de que a estrutura da fauna edáfica é impactada negativamente pelo uso de tiametoxam no tratamento de sementes do feijoeiro em região tropical. O presente estudo avaliou os efeitos do tiametoxam, aplicado via tratamento de sementes, sobre a comunidade edáfica de artrópodes ao longo do ciclo fenológico do feijoeiro. Foram analisadas alterações na composição, na abundância e na organização trófica da entomofauna do solo, com o objetivo de identificar possíveis mudanças estruturais associadas ao uso do inseticida. Ao integrar métricas de comunidade e análises de rede trófica, o estudo contribui para a compreensão dos impactos ecológicos do tratamento químico, fornecendo evidências sobre como a exposição ao tiametoxam pode influenciar não apenas grupos isolados, mas também a organização funcional da teia alimentar edáfica.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos do tratamento de sementes de feijão com tiametoxam sobre a estrutura taxonômica e trófica da comunidade edáfica de artrópodes ao longo do ciclo da cultura.

2.1. Objetivos específicos

- Identificar a entomofauna do solo ao menor nível taxonômico possível, antes e durante o cultivo do feijoeiro.
- Comparar riqueza, abundância e diversidade da comunidade edáfica entre tratamentos ao longo do tempo.
- Construir e analisar redes tróficas para avaliar alterações estruturais na organização da comunidade associadas ao uso do tiametoxam.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo e delineamento experimental

O experimento de campo foi conduzido na área experimental da empresa MultCrop Pesquisa e Desenvolvimento, localizada no município de Riachão das Neves, BA (11°54'49.7"S;44°52'03.3"W). O solo da área experimental é caracterizado como Latossolo vermelho-amarelo, de textura arenosa.

O delineamento experimental foi em blocos, totalizando seis parcelas de 0,5 ha cada, distribuídas em três blocos por tratamento. A parcela tratada com inseticida foi alocada em três réplicas no campo, enquanto a parcela controle foi conduzida em três réplicas em área adjacente, sem aplicação do inseticida (Figura 1).

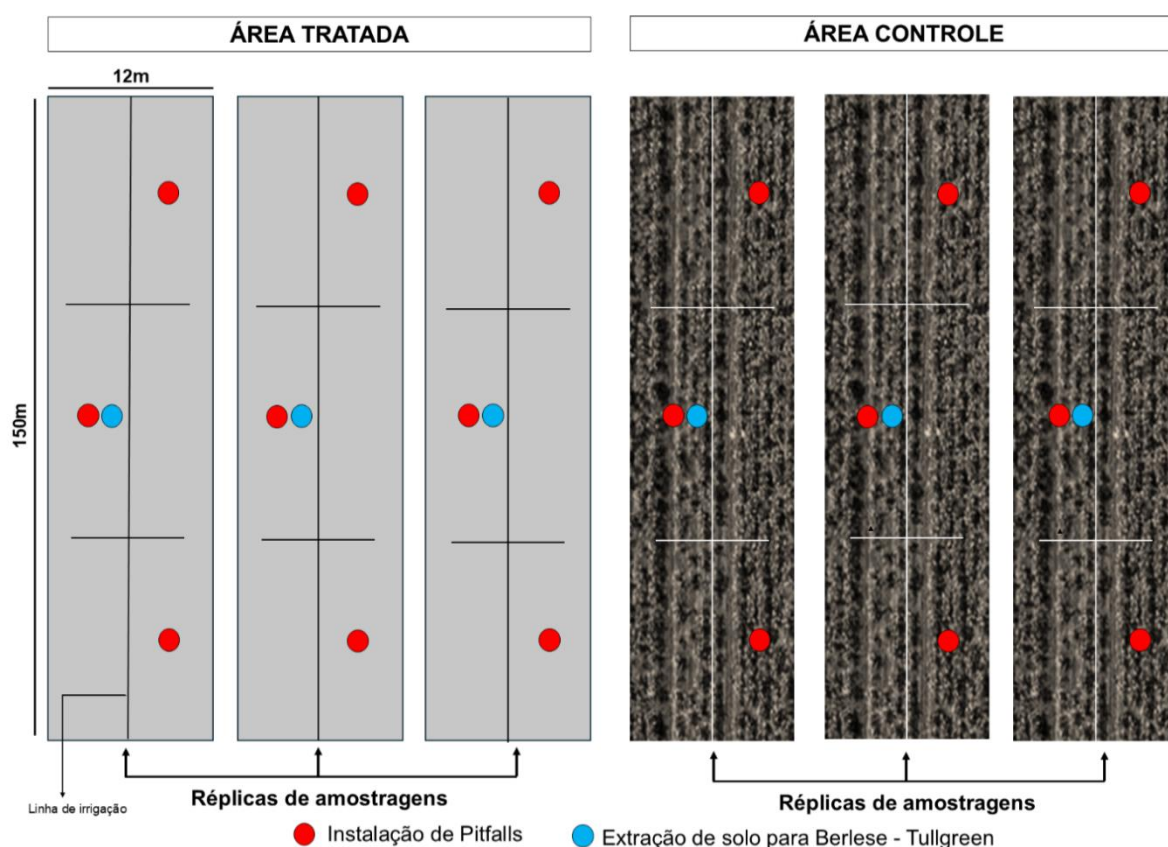


Figura 1 - Esquema da estrutura das áreas e formato de amostragem da entomofauna.

A cultivar utilizada no experimento foi o feijão carioca *TAA Dama Feijão*. Todas as sementes, independentemente do tratamento, receberam o tratamento padrão, composto pelo agente biológico *Bacillus firmus* (VOTIVO® PRIME) e pelo fungicida CERTEZA® N (tiofanato-metílico + fluazinam), aplicados conforme as recomendações

técnicas dos fabricantes. No tratamento inseticida, adicionou-se o produto CRUISER® 600 FS, cujo ingrediente ativo é o tiametoxam na concentração de 600 g L⁻¹, aplicado conforme recomendação técnica para a cultura. Após a aplicação dos produtos e a secagem das sementes, realizou-se a inoculação microbiológica com *Bradyrhizobium japonicum*, seguindo a dose recomendada.

Os cultivos foram implantados em três períodos distintos: o primeiro em janeiro de 2025 e, após 30 e 60 dias do plantio inicial, foram estabelecidos, respectivamente, o segundo e o terceiro cultivos, garantindo a sobreposição temporal das áreas experimentais. O experimento foi conduzido sob sistema de irrigação por aspersão. A adubação da área consistiu na aplicação de 200 kg ha⁻¹ de fosfato monoamônico (MAP) e 250 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (KCl), visando suprir as exigências nutricionais iniciais da cultura. Para o manejo de plantas daninhas, foi feita a aplicação de herbicida em pré-emergência com o produto comercial Dual Gold®, herbicida seletivo pertencente ao grupo químico das cloroacetanilidas. Os demais tratamentos culturais necessários ao desenvolvimento da cultura foram realizados conforme as recomendações agrônômicas para o feijoeiro na região.

3.2. Amostragem de artrópodes

Foi realizada uma amostragem prévia à semeadura (7 dias antes do plantio) (1ª amostragem), com o objetivo de caracterizar a condição basal da comunidade de artrópodes e verificar a homogeneidade inicial entre as parcelas experimentais. Após a semeadura, foram realizadas três amostragens de acordo com os estádios fenológicos do feijoeiro definidos pela escala BBCH (Meier, 1997): BBCH12 - desenvolvimento vegetativo (2ª amostragem), BBCH30 - início do alongamento do caule principal (3ª amostragem) e BBCH64 - floração (4ª amostragem). A amostragem de cada área foi composta por três armadilhas pitfall e um extrator de Berlese-Tullgren por réplica de tratamento, totalizando 288 amostras ao final do experimento.

A combinação de armadilhas de queda do tipo *pitfall* e extratores de Berlese-Tullgren foi estratégia adotada para ampliar a representatividade da entomofauna coletada. Enquanto as armadilhas *pitfall* são eficientes na captura de artrópodes epígeos e organismos com atividade na superfície do solo, o extrator de Berlese-Tullgren permite a obtenção de organismos associados às camadas subsuperficiais e

à serapilheira, possibilitando uma abordagem mais abrangente da comunidade edáfica.

As armadilhas *pitfall* foram confeccionadas a partir de garrafas PET de 2 L adaptadas em formato de funil (Figura 2a) e instaladas ao nível da superfície do solo em cavidades previamente abertas. No interior de cada armadilha, foi adicionada solução de água com detergente neutro, com o objetivo de reduzir a tensão superficial e evitar a fuga dos organismos capturados. Para minimizar interferências ambientais, como precipitação e incidência direta de radiação solar, as armadilhas foram protegidas com prato plástico descartável raso (21 cm de diâmetro), suspenso a 5–10 cm acima do solo (Figura 2b). As armadilhas permaneceram em campo por sete dias consecutivos e, ao final desse período, o material biológico coletado foi removido e preservado em álcool etílico a 70% para posterior triagem.

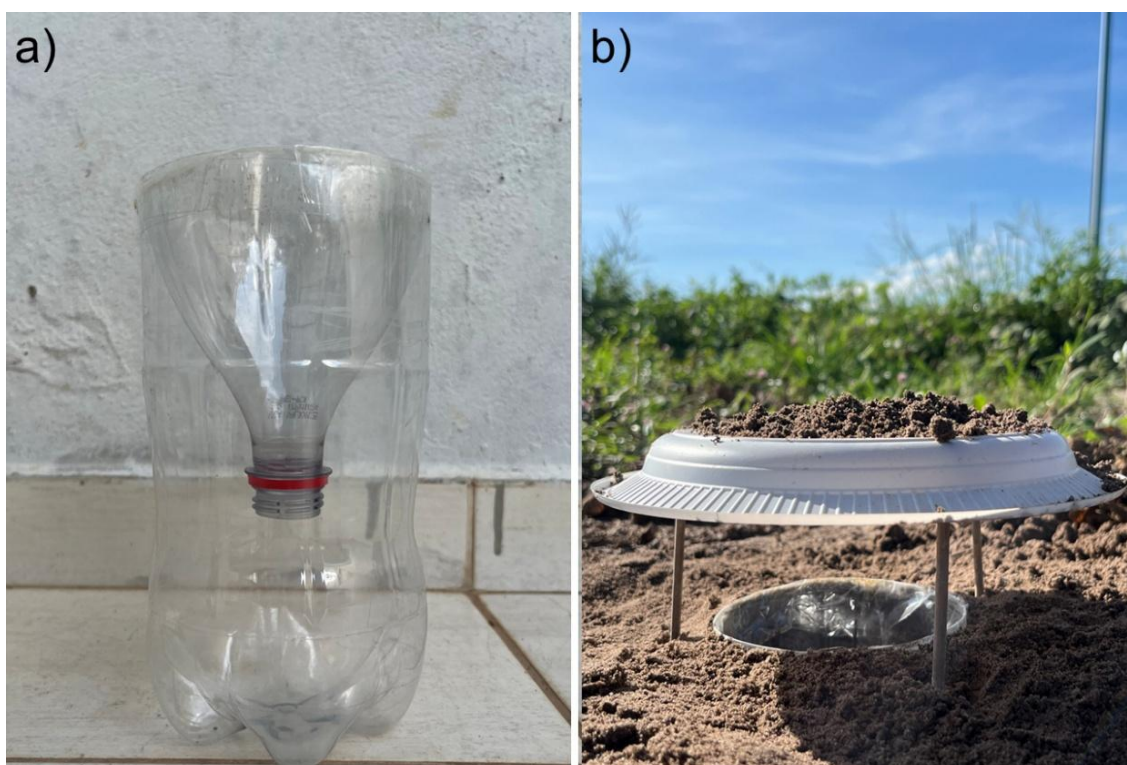


Figura 2 - Armadilha do tipo pitfall. (a) Modelo da armadilha confeccionada. (b) Armadilha instalada em campo.

Para a amostragem da fauna subsuperficial, foram coletadas amostras de solo nas mesmas unidades amostrais das armadilhas *pitfall*, garantindo correspondência espacial entre os métodos. Essas amostras foram submetidas à extração em aparelho de Berlese–Tullgren adaptado (Figura 3a), no qual o solo foi disposto sobre malhas

de sustentação e submetido a um gradiente térmico gerado por lâmpada incandescente de 40 W, posicionada acima do funil (Figura 3b). O aquecimento contínuo por sete dias promove a migração dos artrópodes em direção à base do equipamento.

Os espécimes coletados foram triados sob estereomicroscópio (ZEISS Stemi 508, Alemanha), separados em morfoespécies, quantificados e conservados em álcool etílico a 70%. Posteriormente, foram identificados ao menor nível taxonômico possível, com auxílio de chave dicotômica geral para ordens de insetos (Constantino, 2024) e taxonomistas especializados. Seguiram-se, para identificação e análises ecológicas, os táxons com frequência de ocorrência $> 5\%$ nas unidades amostrais. Esse critério foi adotado para reduzir a influência de registros esporádicos e minimizar ruído estatístico nas análises multivariadas e nos modelos subsequentes.



Figura 3 - Extrator de Berlese-Tullgreen (adaptado). Estrutura do Extrator (2a). Processo de extração (2b).

A abundância (N) foi definida como o número total de indivíduos registrados por unidade amostral, obtido pela soma dos organismos coletados em cada ponto de amostragem, independentemente do táxon. A riqueza de táxons (S) foi obtida pelo

número de táxons distintos presentes em cada unidade amostral, considerando-se a ocorrência de pelo menos um indivíduo por grupo taxonômico.

3.3. Construção das teias alimentares

A partir das informações de S e N , procedeu-se à organização funcional dos táxons registrados, etapa necessária à construção das redes tróficas. Para isso, os grupos foram classificados em categorias tróficas com base na literatura especializada e no conhecimento ecológico previamente estabelecido para cada táxon. As interações consumidor–recurso foram definidas a partir de registros publicados e de referências consolidadas sobre hábitos alimentares, permitindo a elaboração de matrizes dicotômicas de interação, utilizadas na construção das redes tróficas por amostragem, área (bloco) e tratamento, totalizando 24 redes.

Na base das redes tróficas foram incluídos dois nós representando os recursos basais do sistema: a planta cultivada (*Phaseolus vulgaris* L.) e o detrito. Os herbívoros foram associados ao feijoeiro, enquanto os demais consumidores primários (detritívoros, fungívoros, coprófagos, saprófagos e onívoros) foram associados ao detrito. A partir desses compartimentos, os demais táxons foram organizados nos níveis tróficos subsequentes conforme seus hábitos alimentares, definindo-se a estrutura das interações consumidor–recurso na teia.

3.4. Análises estatísticas

3.4.1. Abundância

A análise de abundância foi realizada no ambiente estatístico R , por meio de Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMM), utilizando o pacote *glmmTMB* (versão 1.1.13; Brooks et al., 2017). A escolha desse pacote deve-se à sua capacidade de lidar eficientemente com dados de contagem que apresentam sobredispersão, por meio da biblioteca *TMB* (*Template Model Builder*), que estima os parâmetros por máxima verossimilhança com aproximação de *Laplace* para os efeitos aleatórios.

Considerando a natureza dos dados, foi ajustado um modelo com distribuição Binomial Negativa (parametrização *nbinom1*) e função de ligação logarítmica. A estrutura do modelo incluiu o tratamento (controle e tratado), a amostragem (quatro momentos) e a interação entre esses fatores como efeitos fixos, enquanto a área (bloco) e os pontos amostrais aninhados nas áreas foram considerados como efeitos

aleatórios, permitindo incorporar a estrutura hierárquica dos dados e evitar pseudorrepetição.

A forma geral de um GLMM pode ser expressa como:

$$g(\mu_i) = \mathbf{X}_i\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_i\mathbf{b}$$

Em que:

- $Y_i \sim \text{Distribuição}(\mu_i)$
- $\mu_i = E(Y_i)$
- $g(\cdot)$ = função de ligação (link)
- \mathbf{X}_i = matriz dos efeitos fixos
- $\boldsymbol{\beta}$ = coeficientes dos efeitos fixos
- \mathbf{Z}_i = matriz dos efeitos aleatórios
- \mathbf{b} = efeitos aleatórios, com
 $\mathbf{b} \sim N(0, \mathbf{G})$

A significância estatística dos efeitos fixos foi avaliada por meio de ANOVA do tipo III, com testes de *Wald* do tipo qui-quadrado, utilizando o pacote *car*. Quando efeitos principais ou interações foram significativos, as diferenças específicas foram investigadas por meio de comparações múltiplas das médias marginais estimadas (*EMMeans*), com ajuste de *Tukey*, utilizando o pacote *emmeans*.

O modelo ajustado para a abundância pode ser formalmente representado como:

$$Y_{ijk} \sim \text{Binomial Negativa}(\mu_{ijk}, \phi)$$

$$\log(\mu_{ijk}) = \beta_0 + \beta_1 \text{Trat}_i + \beta_2 \text{Amost}_j + \beta_3 (\text{Trat}_i \times \text{Amost}_j) + u_k + v_{l(k)},$$

Onde:

- μ_{ijk} é a média esperada da abundância para o tratamento i , na amostragem j e na unidade espacial k ;
- β_0 é o intercepto global;
- β_1 e β_2 são os coeficientes dos efeitos principais de Tratamento e Amostragem, respectivamente;
- β_3 é o coeficiente da interação, indicando se o efeito do tratamento varia ao longo do tempo;

- u_k representa o efeito aleatório da área k (variação entre áreas);
- $v_{l(k)}$ representa o efeito aleatório do Ponto l aninhado na Área k (variação entre pontos dentro da mesma área);
- ϕ é o parâmetro de dispersão da distribuição.

3.4.2. Índices de Diversidade Ecológica

A diversidade das comunidades foi avaliada por meio de três métricas complementares: Riqueza (S), Shannon (H') e Simpson ($1-D$). O cálculo foi realizado no ambiente R utilizando o pacote *vegan* (Oksanen et al., 2025). Posteriormente, os efeitos do tratamento com tiametoxam e das amostragens sobre cada índice foram testados por meio de Modelos Lineares Mistos (LMMs), ajustados com o pacote *lme4* (Bates et al., 2015). A significância dos efeitos fixos foi obtida pela aproximação de Satterthwaite para os graus de liberdade, implementada no pacote *lmerTest* (Kuznetsova et al., 2017). As comparações múltiplas *post hoc* foram realizadas por meio das médias marginais estimadas, utilizando o pacote *emmeans*.

A riqueza de espécies (S) é definida como o número total de táxons observados. Foi calculada pela seguinte equação:

S = número total de táxons identificados na amostra

O índice de Shannon (H'), que pondera a riqueza pela uniformidade das abundâncias;

Foi calculada pela seguinte equação:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$$

O índice de Simpson ($1 - D$), que expressa a probabilidade de dois indivíduos selecionados ao acaso pertencerem a espécies diferentes.

foi calculada pela seguinte equação:

$$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Em que p_i representa a proporção da abundância do táxon i em relação à abundância total da amostra, sendo $p_i = n_i/N$, onde n_i é o número de indivíduos do táxon i e N o número total de indivíduos da amostra.

Para cada índice de diversidade (Y), foi ajustado um modelo linear misto descrito por:

$$Y_{ijk} = \beta_0 + \beta_1(\text{Trat}_i) + \beta_2(\text{Amost}_j) + \beta_3(\text{Trat}_i \times \text{Amost}_j) + u_k + v_{l(k)} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde :

- Y_{ijk} : valor do índice (riqueza, Shannon ou Simpson) para o tratamento i , na amostragem j , na área k ;
- β_0 : intercepto do modelo;
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3$: coeficientes dos efeitos fixos de tratamento, amostragem e da interação entre ambos;
- u_k : efeito aleatório da área k , assumindo $u_k \sim N(0, \sigma_u^2)$;
- $v_{l(k)}$: efeito aleatório do ponto l aninhado na área k , assumindo $v_{l(k)} \sim N(0, \sigma_v^2)$;
- ε_{ijk} : erro residual, assumido como $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$.

A adequação dos modelos foi avaliada por meio da inspeção gráfica dos resíduos, verificando-se a normalidade e a homocedasticidade. Quando necessário, alternativas de distribuição foram consideradas. O nível de significância adotado foi de 5%. A estrutura hierárquica do delineamento experimental foi incorporada ao modelo por meio da inclusão de efeitos aleatórios de área e de ponto amostral aninhado à área, a fim de evitar pseudorrepetição e considerar a dependência espacial dos dados.

3.4.3. Composição taxonômica

Para avaliar alterações na estrutura e na composição da comunidade de artrópodes em resposta ao tratamento de sementes e aos períodos de amostragem, foram empregadas análises multivariadas baseadas em matrizes de dissimilaridade. Todas as análises foram conduzidas no ambiente *R* utilizando o pacote *vegan* (Oksanen et al., 2025).

As diferenças na composição da comunidade foram testadas por meio de uma Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA; Anderson, 2001),

utilizando a função *adonis2*. O modelo incluiu tratamento, amostragem e a interação entre ambos como fatores explicativos. Para respeitar o delineamento experimental, as permutações ($n = 999$) foram restritas dentro de cada Área (*strata* = Área). A homogeneidade das dispersões multivariadas, premissa da PERMANOVA, foi previamente avaliada pelo teste PERMDISP (*betadisper*).

Antes das análises, a matriz de abundância foi submetida à transformação por raiz quadrada, a fim de reduzir a influência de táxons excessivamente dominantes, e as amostras sem registros foram removidas.

Para a visualização dos padrões de composição da comunidade, foi realizada uma ordenação por Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), baseada na distância de Bray–Curtis. A qualidade do ajuste da ordenação foi avaliada pelo valor de *stress*. Os resultados foram representados graficamente com o pacote *ggplot2* (Wickham, 2016), exibindo pontos amostrais, centroides dos grupos e elipses de dispersão.

As análises multivariadas baseiam-se em três componentes principais: (i) a medida de dissimilaridade, (ii) a estatística do teste permutacional e (iii) a medida de ajuste da ordenação.

A dissimilaridade de Bray–Curtis quantifica o grau de diferença entre duas amostras j e k com base nas abundâncias dos táxons:

$$BC_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^S |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^S (x_{ij} + x_{ik})}$$

Em que x_{ij} é a abundância da espécie i na amostra j e x_{ik} é a abundância do táxon i na amostra k .

A PERMANOVA particiona a soma dos quadrados das distâncias, de forma análoga à ANOVA, gerando a estatística Pseudo- F :

$$F = \frac{SS_A/(a - 1)}{SS_W/(N - a)}$$

Em que SS_A é a soma dos quadrados entre grupos, SS_W é a soma dos quadrados dentro dos grupos (resíduo), a é o número de grupos e N é o número total de amostras. A significância do teste é obtida por permutações dos dados.

O valor de *stress* expressa o quanto a representação bidimensional distorce as dissimilaridades originais entre as amostras:

$$Stress = \sqrt{\frac{\sum(d_{jk} - \hat{d}_{jk})^2}{\sum d_{jk}^2}}$$

em que d_{jk} é a dissimilaridade original (Bray–Curtis) entre as amostras j e k , e \hat{d}_{jk} é a distância representada no espaço da ordenação.

3.4.4. Teia alimentar

A topologia das teias alimentares foi caracterizada por meio de sete descritores estruturais calculados para cada rede construída, utilizando o pacote *cheddar* (Hudson et al., 2013): o número de nós (S), correspondente à riqueza de unidades tróficas (táxons) presentes na teia; o número de ligações (L), que representa o total de interações tróficas diretas (consumidor–recurso) observadas na rede; a densidade de ligações (LD), que expressa o número médio de ligações por nó; a conectância (C), que mede a complexidade da rede como a proporção de ligações realizadas em relação ao número máximo possível; a fração de espécies basais (FB); a fração de espécies intermediárias (FI); e a fração de espécies de topo (FT).

Essas métricas foram calculadas da seguinte forma:

$$LD = \frac{L}{S} \quad C = \frac{L}{S^2} \quad FB = \frac{B}{S} \quad FI = \frac{I}{S} \quad FT = \frac{T}{S}$$

em que B é o número de nós basais (sem ligações de entrada), I é o número de nós intermediários (com ligações de entrada e saída) e T é o número de nós de topo (com ligações de entrada, mas sem ligações de saída).

Para avaliar se a estrutura global das redes divergiu em resposta ao tratamento e às amostragens, foi realizada uma PERMANOVA (Anderson, 2001) com o pacote *vegan* (Oksanen et al., 2022), baseada na distância Euclidiana e em 999 permutações. A homogeneidade das dispersões multivariadas foi verificada por meio do teste PERMDISP (*betadisper*).

Adicionalmente, os efeitos do tratamento e da amostragem sobre cada métrica individual foram avaliados por Modelos Lineares Mistos (LMMs), ajustados com o pacote *lme4* (Bates et al., 2015). Os modelos incluíram tratamento, amostragem e sua

interação como efeitos fixos, e área como efeito aleatório, de modo a controlar a dependência espacial. A significância dos efeitos fixos foi testada por ANOVA do tipo III com aproximação de Satterthwaite (pacote *lmerTest*). Quando diferenças significativas foram detectadas, as médias foram comparadas por testes *post hoc* de médias marginais estimadas, utilizando o pacote *emmeans*.

As redes foram estruturadas no R com o pacote *cheddar*, sendo construída uma teia trófica independente para cada combinação de área, amostragem e tratamento, considerando apenas redes com ao menos uma ligação trófica válida. Cada comunidade foi representada como uma rede direcionada, na qual os nós correspondiam aos táxons e as arestas às interações consumidor–recurso.

A visualização das teias foi realizada com o pacote *igraph*, convertendo cada comunidade em um gráfico direcionado com *layout* hierárquico baseado no nível trófico. Os nós foram organizados verticalmente, conforme sua posição funcional, e representados por cores associadas às categorias tróficas, enquanto as interações foram representadas por links direcionados. As redes de controle e tratamento foram apresentadas de forma comparativa por área e amostragem.

4. RESULTADOS

Entre os dois tipos de metodologias utilizadas para obtenção da fauna edáfica, a armadilha pitfall contribuiu com 100% dos táxons coletados, enquanto o extrator de Berlese-Tullgreen não mostrou eficiência. No total, foram amostrados e classificados 150.887 indivíduos, que, após as identificações morfológicas em estereomicroscópio, foram agrupados em 203 táxons. Entretanto, após a remoção dos grupos com frequência inferior a 5% em todas as áreas, permaneceram 66 táxons para as análises estatísticas, em um total de 150.097 indivíduos (Tabela 1).

Os grupos funcionais foram definidos principalmente com o auxílio da literatura de Rafael et al. (2024) e Potapov et al. (2023). Os resultados descritos na Tabela 1 mostram que o ambiente foi dominado principalmente pelos ácaros oribatídeos (Acari: Oribatida) com 64,1% e colêmbolos (Collembola: Entomobryomorpha) com 27,4%. Também, *Xenylla* sp. (Collembola: Poduromorpha) com 1,8%, *Dorymyrmex* sp.1 (Hymenoptera: Formicidae) com 0,8%, Mesostigmata (Acari) com 0,5%, *Labidura riparia* (Dermaptera: Labiduridae) com 0,5% e Formicidae sp.2 (Hymenoptera) com 0,6%. Os demais táxons apresentaram contribuições individuais $\leq 0,3\%$.

A análise de teia usou como base os táxons descritos na Tabela 1, onde foi criado um ID de teia alimentar, que representa um identificador para cada grupo, servindo como guia para a interpretação das representações gráficas geradas nas Figuras 6-9.

Tabela 1 - Identificação dos táxons associados ao cultivo do feijão selecionados para as análises estatísticas e de teia, com suas respectivas abundâncias e identificadores.

Classe/Ordem	Família	Menor Táxon Identificado	ID teia alimentar	Grupo Trófico Funcional	Abundância Total geral
Arachnida	-	Mesostigmata	47	Predador	821
	-	Oribatida	28	Detritívoro	96262
	-	Araneae	64	Predador	413
Coleoptera	Anthicidae	<i>Anthicus</i> sp.	4	Saprófago	149
		<i>Formicomus</i> sp.1	18	Onívoro	57
		<i>Formicomus</i> sp.16	19	Onívoro	25
		<i>Mecynotarsus</i> sp.	25	Saprófago	30
		<i>Vacusus</i> sp.	38	Onívoro	26
		<i>Calathus</i> sp.	56	Predador	27
		<i>Scarites</i> sp.	60	Predador	23
	Carabidae	<i>Tetracha brasiliensis</i>	62	Predador	200
		<i>Tetragonoderus</i> sp.	63	Predador	18
	Coccinellidae	<i>Eriopis conexa</i>	44	Predador	50
	Corylophidae	<i>Sericoderus</i> sp. 1	34	Fungívoro	22
	Elateridae	<i>Aeolus</i> sp.	2	Onívoro	23
		<i>Conoderus</i> sp.	14	Onívoro	17
	Histeridae	<i>Phelister</i> sp.	52	Predador	121
	Mycetophagidae	<i>Litargus</i> sp.	24	Fungívoro	138
	Nitidulidae	<i>Urophorus</i> sp.	37	Onívoro	371
Scarabaeidae	<i>Bruchaphodius</i> sp.	9	Coprófago	80	
	Scarabaeinae	32	Coprófago	58	
Silvanidae	<i>Ahasverus</i> sp.	3	Fungívoro	21	
Staphilinidae	Staphylininae	61	Predador	39	
Tenebrionidae	<i>Blapstinus fortis</i>	8	Onívoro	20	
	Tenebrionidae	35	Onívoro	46	
-	Larva	13	Onívoro	69	
Collembola	Entomobryidae	<i>Seira</i> sp.	32	Detritívoro	41193
-	Hypogastruridae	<i>Xenylla</i> sp.	39	Detritívoro	2663
Dermaptera	Anisolabididae	<i>Euborellia</i> sp.	57	Onívoro	60
	Labiduridae	<i>Labidura riparia</i>	58	Predador	816
Diptera	Chloropidae	<i>Elachiptera</i> sp. 2	16	Fitófago	38
	Diadocididae	Diptera Diadocididae	15	Fungívoro	102
	Muscidae	<i>Atherigona orientalis</i>	6	Saprófago	44
		sp. 1	30	Saprófago	232
	Phoridae	sp. 13	29	Saprófago	38
-	<i>Mesaselis</i> sp. 8	26	Saprófago	76	

	Sarcophagidae	sp. 2	31	Necrófago	386
	Ulidiidae	<i>Euxesta</i> sp. 2	17	Herbívoro	94
Scorpiones	Buthidae	<i>Tityus</i> sp.	66	Predador	19
	Aphididae	sp. 1	5	Fitófago	81
		sp. 1	10	Fitófago	84
Hemiptera	Cicadellidae	sp. 2	11	Fitófago	25
		sp.3	12	Fitófago	28
	Geocoridae	sp. 1	46	Predador	36
	Nabidae	sp. 1	48	Predador	19
	Chalcididae	<i>Brachymeria podagrica</i>	40	Parasitóide	39
		<i>Atta</i> sp. 7	7	Fungívoro	23
		<i>Camponotus</i> sp. 8	41	Onívoro	499
		<i>Dorymyrmex</i> sp. 1	42	Onívoro	1228
		<i>Dorymyrmex</i> sp. 11	43	Onívoro	420
	Formicidae	<i>Nylanderia</i> sp. 6	49	Onívoro	248
		<i>Nylanderia</i> sp. 9	50	Onívoro	39
Hymenoptera		<i>Pheidole</i> sp.	51	Onívoro	517
		<i>Solenopsis</i> sp. 4	55	Onívoro	294
		sp. 2	45	Onívoro	895
	Mutillidae	<i>Bischoffitilla</i> sp. 1	65	Parasitóide	19
		<i>Baeus</i> sp. 3	67	Parasitóide	18
	Scelionidae	sp. 1	53	Parasitóide	17
		sp. 2	54	Parasitóide	209
	Vespidae	<i>Polybia</i> sp. 2	59	Predador	16
Lepidoptera	-	Larva	22	Herbívoro	47
	Acrididae	Gomphocerinae sp. 1	20	Onívoro	23
Orthoptera	Gryllidae	<i>Gryllus</i> sp.	21	Onívoro	258
	Ommexechidae	<i>Ommexecha</i> sp.	27	Onívoro	45
Psocodea	Liposcelidae	sp. 1	23	Detritívoro	31
Thysanoptera	-	sp. 1	36	Fitófago	88

Abundância total corresponde ao número total de indivíduos registrados por táxon considerando todas as áreas, amostragens e pontos amostrais. Foram considerados apenas os táxons com frequência de ocorrência $\geq 5\%$ nas amostras.

4.1. Abundância

A análise estatística da abundância total da entomofauna edáfica por meio de GLMM com distribuição binomial negativa não indicou efeito significativo do tratamento com tiametoxam ($p = 0.14$), nem efeito global do tempo no período de amostragens ($p = 0.16$). Também não foi observada interação significativa entre o efeito do tratamento com tiametoxam e o período em que foram realizadas as amostragens ($p = 0.75$) sobre a abundância. As comparações múltiplas entre os períodos de amostragem indicaram que a amostragem 1 apresentou abundância

significativamente maior que as 2 ($p = 0.04$), 3 ($p = 0.03$) e 4 ($p = 0.003$), enquanto não houve diferenças significativas quando feitas as comparações entre as abundâncias das amostragens 2, 3 e 4. As comparações entre áreas tratadas com tiametoxam e área de controle dentro de cada período de amostragem não evidenciaram diferenças significativas: amostragem 1 ($p = 0.14$), amostragem 2 ($p = 0.59$), amostragem 3 ($p = 0.93$) e amostragem 4 ($p = 0.38$). Os valores estimados e as comparações estão apresentados na Tabela 2 e na Figura 4.

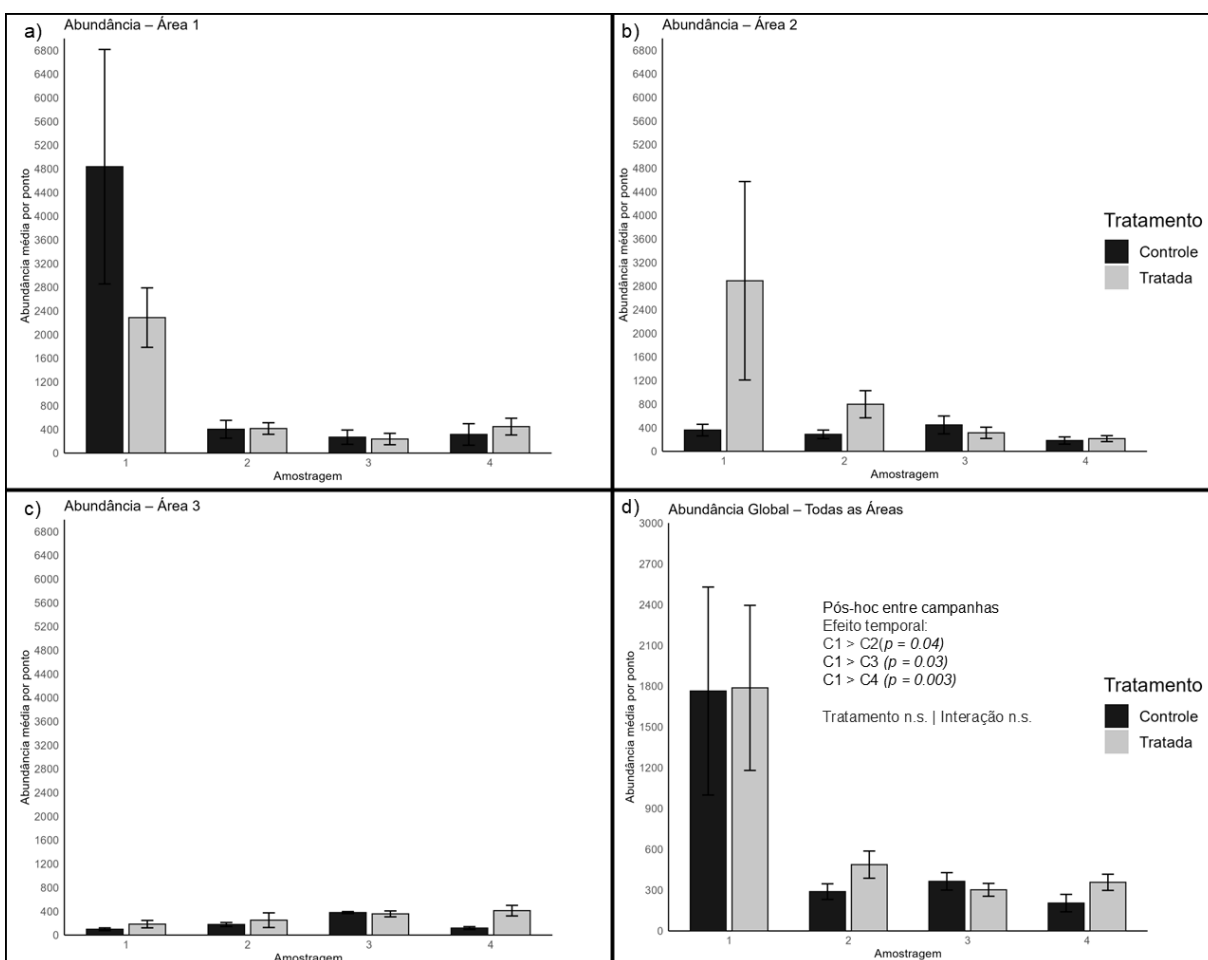


Figura 4 - Abundância média da entomofauna, separada por tipo de tratamento, amostragem e área, representada nos painéis a, b e c; e abundância média global, separada por tratamento e amostragem, representada no painel d.

4.2. Índices de Diversidade Ecológica

A riqueza taxonômica da entomofauna edáfica foi influenciada pelo período de amostragem (ANOVA do tipo III: $p = 0,006$), que é refletido pelos períodos de coleta, enquanto não foram observados efeitos significativos do tratamento com tiametoxam ($p = 0,44$) nem da interação entre o tratamento com o inseticida e o período de amostragem ($p = 0,96$) sobre a riqueza. De acordo com os resultados apresentados

na Tabela 2, as comparações *pós-hoc* entre os períodos de amostragem indicaram que a amostragem 1 apresentou riqueza significativamente maior que a 2 ($p = 0,015$) e que a 4 apresentou riqueza significativamente menor que a 2 ($p = 0,02$). As demais comparações entre os períodos de amostragem não foram significativas. As comparações entre os tratamentos (áreas tratadas vs. área de controle) dentro de cada período de amostragem também não revelaram diferenças significativas na riqueza: amostragem 1 ($p = 0,51$), 2 ($p = 0,90$), 3 ($p = 0,92$) e 4 ($p = 0,50$).

O índice de diversidade de Shannon também apresentou efeito significativo relacionado ao período de amostragem ($p < 0,001$). O efeito do tratamento com tiametoxam ($p = 0,08$) sobre o índice de Shannon e a interação do efeito do tratamento com o inseticida e o período de amostragem ($p = 0,08$) não foram significativos. As comparações entre os períodos de amostragem indicaram diferenças significativas entre a amostragem 4 e a 1 ($p = 0,003$), entre a 4 e a 2 ($p = 0,01$) e entre a 4 e a 3 ($p < 0,001$), enquanto as demais comparações não foram significativas. As comparações entre tratamentos (área tratada vs. área controle) dentro de cada período de amostragem mostraram diferenças significativas apenas na amostragem 4, com valores distintos entre controle e tratado ($p = 0,002$); nas amostragens 1 ($p = 0,80$), 2 ($p = 0,65$) e 3 ($p = 0,67$) não houve diferenças significativas.

O índice de Simpson ($1 - D$) também apresentou efeito significativo sobre os períodos de amostragem ($p = 0,01$), enquanto não foram observados efeitos significativos do tratamento com tiametoxam ($p = 0,15$) nem da interação do tratamento com o inseticida com o período de amostragem ($p = 0,33$) sobre o índice de Simpson. As comparações entre os períodos de amostragem indicaram diferença significativa entre as amostragens 3 e 4 ($p = 0,006$), enquanto as demais comparações de períodos de amostragem não foram significativas. As comparações entre os tratamentos (área tratada vs. área controle) dentro de cada período de amostragem revelaram diferença significativa entre eles apenas na amostragem 4 ($p = 0,02$), enquanto nas amostragens 1 ($p = 0,83$), 2 ($p = 0,88$) e 3 ($p = 0,84$) não foram observadas diferenças.

Os resultados completos das análises univariadas dos índices de riqueza, diversidade de Shannon e índice de Simpson estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Análises univariadas dos efeitos do tratamento com sementes com tiametoxam, do período de amostragem e da interação entre ambos, sobre a abundância e os índices de diversidade ecológica (Riqueza, Shannon e Simpson) na entomofauna edáfica.

Tipo	Amostragem	Comparação	Abundância			Riqueza			Shannon			Simpson		
			Estat.	Valor	<i>p</i>	Estatística	Valor	<i>p</i>	Estatística	Valor	<i>p</i>	Estatística	Valor	<i>P</i>
Efeito global	Geral	Tratamento	χ^2	2.16	0.14	F	0.61	0.44	F	3.13	0.08	F	2.11	0.15
	Geral	Amostragem	χ^2	5.17	0.16	F	4.23	0.006	F	6.53	<0.001	F	3.76	0.012
	Geral	Interação	χ^2	1.20	0.75	F	0.11	0.96	F	2.27	0.08	F	1.15	0.33
Coeficiente	A1	Tratada vs Controle	z	14.17	0.14	t	-0.66	0.51	t	-0.25	0.80	t	0.22	0.82
	A2	Tratada vs Controle	z	-0.60	0.55	t	-0.12	0.90	t	0.45	0.65	t	0.15	0.88
	A3	Tratada vs Controle	z	-1.06	0.29	t	-0.10	0.92	t	0.43	0.67	t	0.21	0.84
	A4	Tratada vs Controle	z	-0.33	0.74	t	-0.68	0.49	t	3.10	0.002	t	2.33	0.021
	A2	C2 vs C1	z	-1.44	0.15	t	-1.88	0.06	t	0.64	0.55	t	-0.38	0.70
	A3	C3 vs C1	z	-1.26	0.21	t	-0.95	0.34	t	0.08	0.93	t	-1.17	0.24
	A4	C4 vs C1	z	-2.24	0.02	t	-0.07	0.94	t	4.23	<0.001	t	2.23	0.027
Comparação	A1–A2	≠ entre amostragens	z	2.65	0.04	t	3.04	0.015	t	-0.40	0.98	t	0.49	0.96
	A1–A3	≠ entre amostragens	z	2.74	0.03	t	1.74	0.31	t	0.37	0.98	t	1.64	0.36
	A1–A4	≠ entre amostragens	z	3.47	0.003	t	0.09	1.00	t	-3.57	0.003	t	-1.66	0.35
	A2–A3	≠ entre amostragens	z	0.21	0.99	t	-1.29	0.57	t	0.77	0.87	t	1.16	0.66
	A2–A4	≠ entre amostragens	z	0.93	0.79	t	-2.95	0.02	t	-3.17	0.01	t	-2.15	0.14
	A3–A4	≠ entre amostragens	z	0.72	0.89	t	-1.66	0.35	t	-3.94	<0.001	t	-3.30	0.006

Para a abundância, os valores de χ^2 referem-se aos testes globais do GLMM (ANOVA do tipo II) com distribuição binomial negativa, e os valores de z correspondem aos coeficientes do modelo e às comparações *pós-hoc*. Para os índices de riqueza, Shannon e Simpson, os valores de F referem-se aos testes globais dos Modelos Lineares Mistos (LMM) com aproximação de *Satterthwaite*. Tratamento com tiametoxam, período de amostragem e a interação entre ambos foram considerados efeitos fixos, enquanto a área e o ponto amostral dentro da área foram incluídos como efeitos aleatórios. As comparações *pós-hoc* foram realizadas com médias marginais estimadas (*emmeans*). Valores em negrito indicam significância estatística ($p < 0,05$).

4.3. Composição taxonômica

A homogeneidade das dispersões multivariadas foi confirmada tanto para o fator tratamento ($p = 0,94$) quanto para o fator período de amostragem ($p = 0,85$), indicando ausência de diferenças significativas de variância entre os grupos no espaço multivariado. A PERMANOVA baseada na distância de Bray–Curtis, com efeitos marginais, revelou efeito significativo apenas da interação entre o tratamento e o período de amostragem sobre a composição da comunidade de artrópodes do solo ($R^2 = 0,02$; $p = 0,001$), que explicou 2,35% da variação total.

A ordenação por NMDS (Figura 5) apresentou $stress = 0,20$, indicando uma representação bidimensional adequada dos dados. O diagrama de ordenação evidenciou ampla sobreposição entre os grupos controle e tratado nas amostragens iniciais, acompanhada por deslocamentos graduais dos centroides ao longo do gradiente temporal, o que reflete mudanças nos grupos de espécies de artrópodes principalmente associadas ao avanço do tempo e à fenologia da planta.

Na análise complementar por modelo linear generalizado multivariado (*manyGLM*) com a matriz de abundância dos táxons utilizando o pacote *mvabund*, indicou efeito significativo do período de amostragem ($p = 0,001$) e da interação entre o tratamento com tiametoxam e o período de amostragem ($p = 0,001$) sobre a mudança de composição e abundância da fauna edáfica, enquanto o efeito isolado do tratamento não foi significativo ($p = 0,16$). O teste multivariado de *Wald* evidenciou diferenças entre os períodos de amostragem, com a amostragem 1 diferindo significativamente das amostragens 2 ($p = 0,001$), 3 ($p = 0,001$) e 4 ($p = 0,001$). As interações entre o efeito do tratamento e os períodos de amostragem também foram significativas, destacando-se tratamento vs. amostragem 2 ($p = 0,045$), tratamento vs. amostragem 3 ($p = 0,002$) e tratamento vs. amostragem 4 ($p = 0,001$).

Na análise univariada por táxon, utilizando o *mvabund*, apenas *Aeolus* sp. (Coleoptera: Elateridae) apresentou efeito significativo no tratamento isolado, após ajuste para múltiplas comparações. Em contraste, diversos táxons apresentaram efeito significativo na amostragem, evidenciando um forte controle temporal da comunidade. Entre eles destacaram-se Oribatida (Acari) ($p = 0,001$), Mesostigmata (Acari) ($p = 0,001$), *Seira* sp. (Collembola: Entomobryomorpha) ($p = 0,04$), *Xenylla* sp. (Collembola: Poduromorpha) ($p = 0,003$), *Labidura riparia* (Dermaptera: Labiduridae) ($p = 0,03$), Diadociididae (Diptera) ($p = 0,001$), *Nylanderia* sp.6 (Hymenoptera:

Formicidae) ($p = 0,002$), *Camponotus* sp.8 (Hymenoptera: Formicidae) ($p = 0,002$), *Gryllus* sp.1 (Orthoptera: Gryllidae) ($p = 0,001$), *Ommexecha* sp.1 (Orthoptera: Ommexechidae) ($p = 0,02$), Thysanoptera ($p = 0,02$), *Urophorus* sp. (Coleoptera: Nitidulidae) ($p = 0,04$), *Tetracha brasiliensis* (Coleoptera: Carabidae) ($p = 0,001$), *Calathus* sp.1 (Coleoptera: Carabidae) ($p = 0,01$), Scelionidae sp.2 (Hymenoptera) e *Elachiptera* sp. (Diptera: Chloropidae) ($p = 0,016$). Para a interação entre o tratamento com tiامتoxam e o período de amostragem, os táxons que responderam significativamente foram *Dorymyrmex* sp.1 (Hymenoptera: Formicidae) ($p = 0,001$) e Geocoridae (Hemiptera) ($p = 0,013$). A lista completa de táxons que responderam significativamente a pelo menos um fator testado está apresentada na Tabela 3.

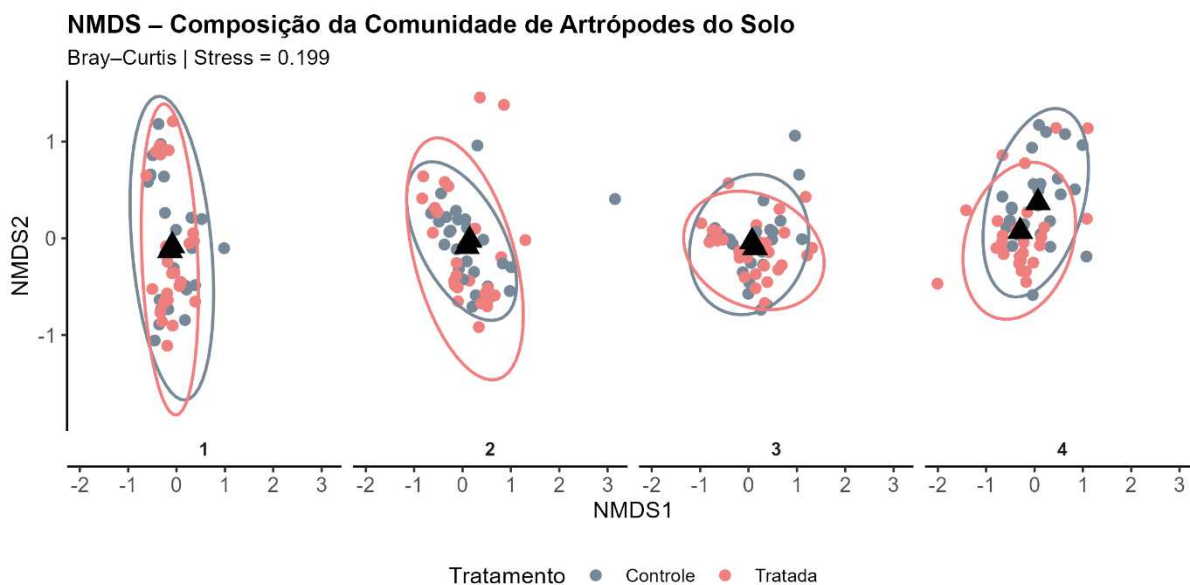


Figura 5 - Ordenação NMDS da comunidade de artrópodes do solo baseada na distância de Bray–Curtis). Pontos representam unidades amostrais, cores indicam os tratamentos (controle e tratada) e triângulos pretos indicam os centroides por amostragem e tratamento. As elipses representam a dispersão dos grupos. O stress = 0,19, indica o ajuste bidimensional.

Tabela 3 - Resposta multivariada e funcional da entomofauna do solo ao tratamento com tiametoxam e à variação temporal.

Análise / Categoria Ecológica	Táxon (Ordem/Família)	<i>p</i> Tratamento	<i>p</i> Amostragem	<i>p</i> Interação	Efeito Principal	Dev. Interação	Preferência de tratamento	Preferência de amostragem
PERMANOVA (<i>adonis</i>)	Comunidade Total	0.07	0.001	0.001	Interação & Amostragem	–	–	–
Multivariado (<i>mvabund</i>)	Comunidade Total	0.16	<0.001	<0.001	Interação & Amostragem	351.0	–	–
Detritívoro	Oribatida	1.00	0.001	1.00	Amostragem	167	Pré-tratamento	1
Detritívoro	<i>Seira</i> sp.	1.00	0.04	0.99	Amostragem	555	Pré-tratamento	1
Detritívoro	<i>Xenylla</i> sp.	1.00	0.003	1.00	Amostragem	0.31	Pré-tratamento	1
Onívoro	<i>Aeolus</i> sp.	0.05	0.87	1.00	Tratamento	491	Pré-tratamento	1
Onívoro	<i>Camponotus</i> sp.8	1.00	0.002	0.98	Amostragem	610	Pré-tratamento	1
Onívoro	<i>Nylanderia</i> sp.6	1.00	0.002	1.00	Amostragem	256	Pré-tratamento	1
Onívoro	<i>Ommexecha</i> sp.1	1.00	0.02	0.82	Amostragem	858	Pré-tratamento	1
Predador	Mesostigmata	1.00	0.001	1.00	Amostragem	0.189	Pré-tratamento	1
Onívoro	<i>Dorymyrmex</i> sp.1	1.00	<0.001	0.004	Interação	219	Pré-tratamento	1
Predador	<i>Tetracha brasiliensis</i>	0.99	0.001	1.00	Amostragem	239	Controle	2
Predador	<i>Labidura riparia</i>	1.00	0.03	0.87	Amostragem	806	Tratada	2
Predador	Geocoridae sp.	1.00	0.88	0.013	Interação	189	Controle	3
Predador	<i>Calathus</i> sp.1	1.00	0.01	1.00	Amostragem	225	Tratada	4
Onívoro	<i>Gryllus</i> sp.1	1.00	0.001	0.99	Amostragem	559	Controle	4
Parasitoide	Scelionidae sp.2	1.00	0.001	1.00	Amostragem	405	Tratada	4
Saprófago	Phoridae sp.13	0.37	0.001	0.99	Amostragem	539	Tratada	4
Fitófago	<i>Elachiptera</i> sp.	1.00	0.016	1.00	Amostragem	0.075	Tratada	4
Fitófago	Thysanoptera	0.73	0.02	1.00	Amostragem	425	Tratada	4

Resultados da análise multivariada da entomofauna edáfica por PERMANOVA (*adonis*) e *mvabund*, considerando os efeitos do tratamento com tiametoxam, do período de amostragem e da interação entre ambos. São apresentados os valores de *p* para os fatores de tratamento, amostragem e interação, o efeito principal associado a cada táxon, o desvio da interação (Dev.), quando aplicável, bem como a preferência de tratamento e a amostragem em que cada táxon apresentou maior abundância média. Os táxons foram organizados por categorias ecológicas (detritívoros, onívoros, predadores, fitófagos, parasitoides e saprófagos), permitindo a interpretação funcional da reorganização da comunidade ao longo do tempo. Valores em negrito indicam significância estatística ($p < 0,05$).

4.4. Teia Alimentar

Considerando os 66 táxons avaliados (Tabela 1) e as interações entre eles (Anexo 1), estimaram-se os descritores estruturais das redes tróficas (Tabela 4). As redes tróficas apresentaram variação temporal no número de nós (N) e de ligações (L), sem diferenças evidentes entre o controle e o tratamento em cada período amostral. O número de nós variou entre 33 e 44 táxons (aproximadamente), com aumento na amostragem em 4 em relação às anteriores. O número de ligações oscilou entre 88 e 118 interações ao longo do experimento.

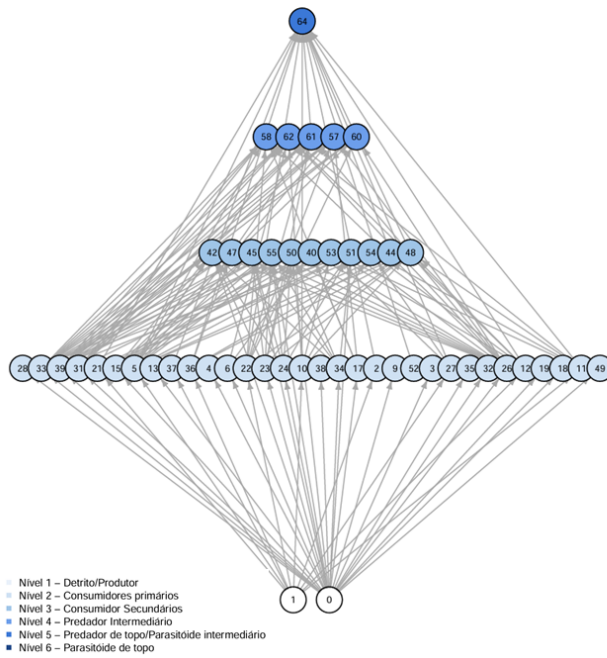
A densidade de ligações (LD) manteve-se relativamente estável entre os períodos e os tratamentos. A conectância (C) apresentou variação temporal, com valores mais elevados nas amostragens intermediárias e redução na amostragem final, independentemente do tratamento. A fração de nós basais (FB) também apresentou variação temporal, com maiores valores nas amostragens iniciais. As frações de nós intermediários (FI) e de topo (FT) permaneceram semelhantes entre os tratamentos e períodos. O modelo linear misto indicou efeito significativo do período de amostragem para a conectância ($p = 0,03$) e para a fração basal ($p = 0,03$), não sendo detectados efeitos do tratamento ou da interação do tratamento vs período de amostragem para nenhuma das métricas estruturais avaliadas.

O modelo de análise multivariada das métricas estruturais (PERMANOVA) também não indicou efeito significativo de tratamento, amostragem ou interação ($R^2 = 0,33$; $p = 0,35$). O teste de homogeneidade de dispersão (betadisper) revelou diferença significativa na dispersão entre tratamentos ($F = 14,94$; $p = 0,0008$), enquanto não foram observadas diferenças entre os períodos de amostragem ($p = 0,83$).

As representações gráficas das teias por período de amostragem encontram-se nas Figuras 9-12. Os números dentro dos círculos de cada nível da teia representam a identificação dada aos táxons que podem ser consultados na Tabela 1.

No nível 1, o detrito é representado pelo número 0 e o feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L., pelo número 1.

a) Estrutura da teia pré-tratamento da área controle - Amostragem 01



b) Estrutura da teia pré-tratamento da área tratada - Amostragem 01

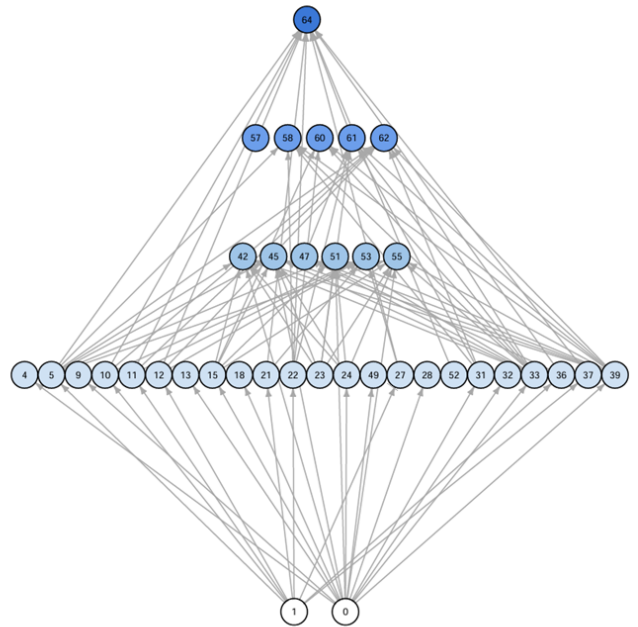
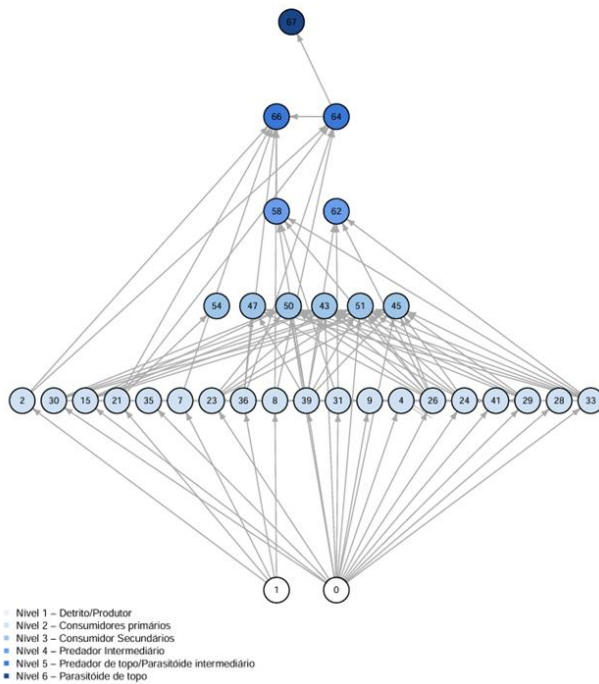


Figura 6 - Representação gráfica da rede trófica dos grupos funcionais do solo presentes no ambiente antes da semeadura das sementes.

a) Estrutura da Teia (Controle - Amostragem 02)



b) Estrutura da Teia inicial (Tratada - Amostragem 02)

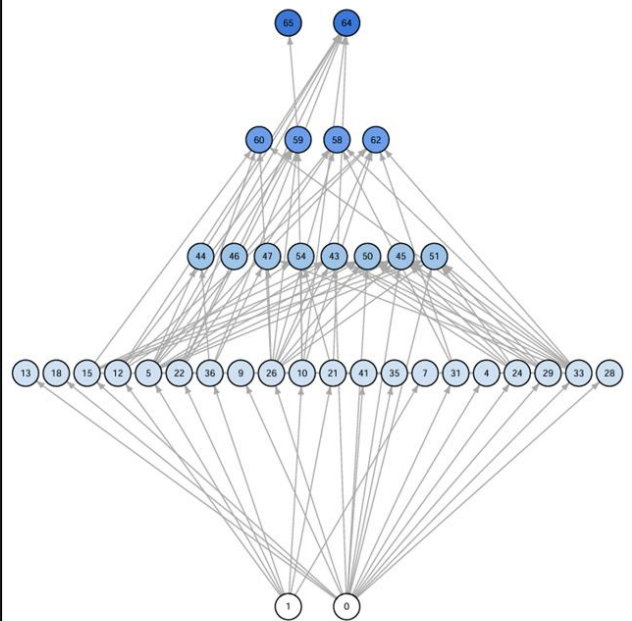
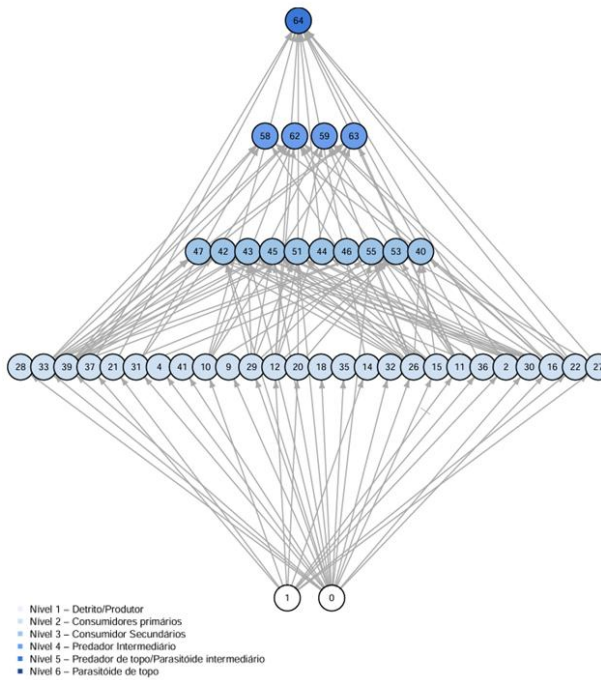


Figura 7 - Representação gráfica da rede trófica dos grupos funcionais do solo na segunda amostragem.

a) Estrutura da Teia (Controle - Amostragem 03)



b) Estrutura da Teia inicial (Tratada - Amostragem 03)

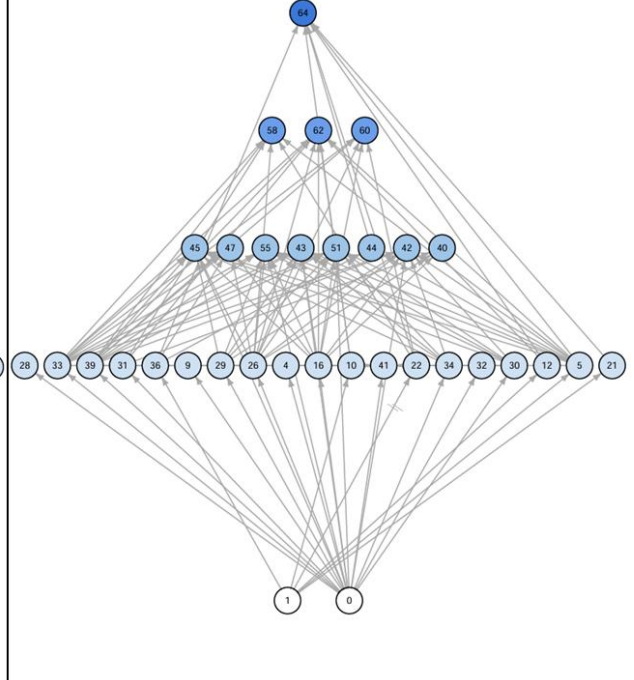
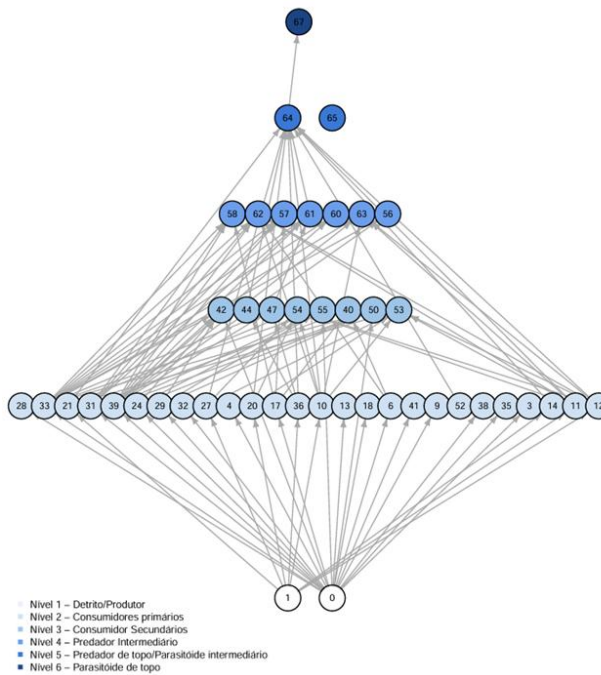


Figura 8 - Representação gráfica da rede trófica dos grupos funcionais do solo na terceira amostragem.

a) Estrutura da Teia (Controle - Amostragem 04)



b) Estrutura da Teia inicial (Tratada - Amostragem 04)

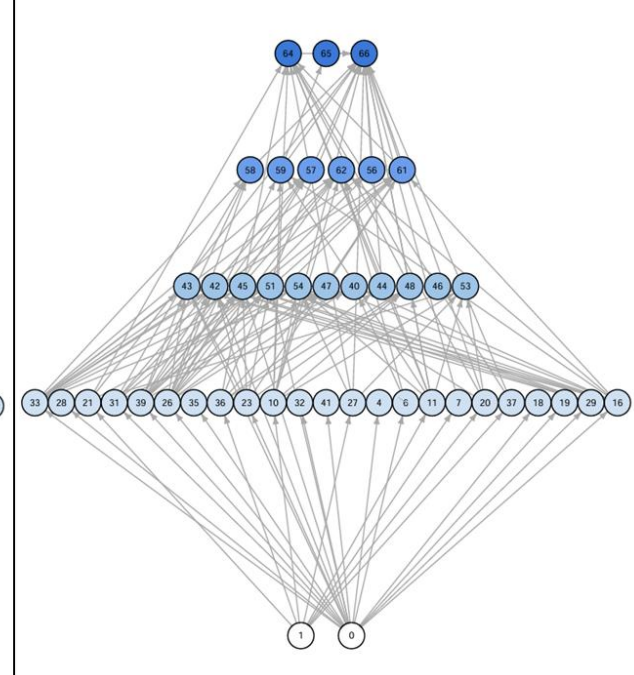


Figura 9 - Representação gráfica da rede trófica dos grupos funcionais do solo na última amostragem.

Tabela 4 -Variação temporal das métricas estruturais das teias tróficas da entomofauna edáfica sob tratamento com tiametoxam e área de controle. Modelos Lineares Mistos das métricas da teia trófica.

Métricas estruturais das teias tróficas (média ± desvio padrão)								
Amostragem	Tratamento	Nós	Ligação	Densidade de Ligação	Conectância	Fração Basal	Fração Intermediária	Fração do Topo
1	Controle	39.33 ± 11.06	110.67 ± 49.54	2.73 ± 0.46	0.071 ± 0.009	0.054 ± 0.015	0.442 ± 0.042	0.496 ± 0.024
1	Tratado	39.00 ± 2.00	109.33 ± 14.57	2.80 ± 0.24	0.072 ± 0.004	0.069 ± 0.015	0.428 ± 0.039	0.487 ± 0.069
2	Controle	34.33 ± 5.86	89.33 ± 20.03	2.59 ± 0.22	0.076 ± 0.010	0.067 ± 0.005	0.480 ± 0.035	0.445 ± 0.016
2	Tratado	33.33 ± 4.62	87.67 ± 32.56	2.58 ± 0.69	0.077 ± 0.013	0.061 ± 0.009	0.413 ± 0.105	0.481 ± 0.058
3	Controle	38.67 ± 4.04	110.00 ± 13.08	2.85 ± 0.17	0.074 ± 0.009	0.052 ± 0.005	0.465 ± 0.036	0.466 ± 0.019
3	Tratado	36.00 ± 8.89	103.67 ± 33.71	2.85 ± 0.47	0.081 ± 0.018	0.058 ± 0.013	0.448 ± 0.100	0.483 ± 0.069
4	Controle	44.00 ± 5.29	110.00 ± 9.64	2.51 ± 0.20	0.058 ± 0.012	0.046 ± 0.006	0.440 ± 0.007	0.493 ± 0.012
4	Tratado	44.33 ± 4.04	117.67 ± 24.83	2.64 ± 0.41	0.060 ± 0.008	0.045 ± 0.004	0.518 ± 0.054	0.414 ± 0.051

Modelos lineares mistos das métricas da teia trófica										
Métrica	Conectância		Densidade de Ligação		Fração Basal		Fração Intermediária		Fração do Topo	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Tratamento	0.29	0.59	0.09	0.77	0.59	0.45	0.06	0.81	0.22	0.64
Amostragem	3.74	0.03	0.70	0.57	3.98	0.027	0.56	0.65	0.75	0.54
Interação	0.12	0.94	0.04	0.99	1.12	0.37	1.46	0.26	1.82	0.18

Valores apresentados das métricas estruturais com média ± desvio padrão. As métricas foram calculadas para as teias tróficas da entomofauna edáfica em área controle e tratada com tiametoxam ao longo dos quatro períodos de amostragem. As diferenças entre tratamento, amostragem e a interação entre ambos foram avaliadas por Modelos Lineares Mistos (LMM), considerando a área como efeito aleatório. Para as proporções de Fração Basal, Fração Intermediária e Fração de Topo, foi aplicada a transformação *logit* antes da modelagem. Valores em negrito indicam efeito significativo ($p < 0,05$).

5. DISCUSSÃO

Este estudo avaliou o impacto do inseticida tiametoxam na entomofauna edáfica ao longo do ciclo de cultivo do feijão. A integração de análises univariadas e multivariadas revelou que a dinâmica temporal, associada aos períodos de amostragem, logo, ao estágio fenológico do feijoeiro, constituiu o principal fator estruturador da comunidade de artrópodes do solo. O tratamento das sementes de feijão com tiametoxam apresentou efeitos sutis e dependentes do tempo, mais evidentes nas métricas de composição e organização funcional da comunidade do que na abundância total. Os resultados, portanto, não corroboram integralmente a hipótese inicial de que o tiametoxam causaria impactos negativos marcantes sobre a estrutura da fauna edáfica. Nas condições experimentais avaliadas, os processos ecológicos relacionados ao desenvolvimento da cultura e às alterações microambientais do solo exerceram maior influência sobre a entomofauna do que a exposição ao inseticida. No entanto, os padrões observados nas análises de composição e de teia trófica indicam que o efeito do tratamento não é inexistente, mas sim sutil, modulado pelo tempo e pela reorganização das interações funcionais no sistema edáfico.

5.1. Abundância

Observou-se uma redução significativa no número de indivíduos no estágio final da fenologia do feijão (amostragem 4). Essa redução pode ter sido influenciada por mecanismos como mudanças microclimáticas, disponibilidade de recursos orgânicos, distúrbios físicos no solo e plasticidade ecológica dos grupos, considerando que as comunidades de artrópodes respondem de maneiras distintas às práticas de manejo do solo (Menta et al., 2020; Moreno-García et al., 2024).

Na análise isolada da abundância na primeira amostragem, observou-se uma diferença entre a área tratada e a área controle. No entanto, essa diferença pode ser atribuída a variações naturais do ambiente, uma vez que o local ainda não havia sido impactado pela gradagem ou pela semeadura do feijão. As amostragens subsequentes apresentaram um padrão consistente de abundância entre si, embora com magnitudes distintas. Estudos com comunidades naturais indicam que os efeitos sobre a abundância total ou a riqueza podem ser transitórios, dependentes do estressor e compensados por processos de recuperação ao longo

do tempo, mesmo quando grupos específicos são temporariamente impactados (Ligtelijn et al., 2024; Mamy et al., 2025).

Entretanto, a ausência de efeitos demográficos expressivos pode estar associada às características da molécula do tiametoxam. Conforme demonstrado por Nauen et al. (2003) o tiametoxam atua como um pró-inseticida, necessitando de conversão metabólica em clotianidina para exercer plenamente sua toxicidade, pois a molécula original apresenta baixa afinidade pelos receptores nicotínicos de acetilcolina. Dessa forma, a eficácia do tiametoxam depende da taxa de conversão no ambiente e/ou nos organismos, o que pode gerar variabilidade na resposta toxicológica entre indivíduos. Assim, a presença do inseticida não implica necessariamente reduções demográficas detectáveis na comunidade.

A persistência ambiental do tiametoxam no solo e os diferentes modos de exposição têm relevância ecológica significativa. Em condições controladas, Gupta et al. (2008) demonstraram que o tiametoxam pode persistir por mais de 90 dias, com a dissipação fortemente influenciada pela umidade do solo. Li et al. (2018) relataram meias-vidas da clotianidina entre 90 e 280 dias e do tiametoxam entre 65 e 170 dias. Em regiões tropicais, onde temperatura e umidade aceleram a degradação, Ramasubramanian & Paramasivam (2020) observaram que o composto permaneceu detectável no solo por aproximadamente 60 a 75 dias após a aplicação, com meias-vidas de 16 a 17 dias, dependendo da dose. Esse período de permanência é comparável à duração do experimento realizado, também em ambiente tropical, sugerindo que a entomofauna esteve potencialmente exposta ao inseticida por grande parte do período de amostragem. No entanto, seria necessária a análise residual de tiametoxam e clotianidina para caracterizar sua dinâmica no solo da região específica do experimento.

A exposição dos artrópodes ao tiametoxam ocorre não apenas pelo consumo de tecidos vegetais tratados, mas também por vias não intencionais, como o contato com toxinas adsorvidas em partículas do solo e resíduos vegetais, dissolvidas na água ou transportadas como poeira (Godfray et al., 2015, Godfray et al., 2014; Ramasubramanian & Paramasivam, 2020; Wu et al., 2021). Contudo, mesmo com múltiplas rotas de exposição, a concentração efetivamente disponível no compartimento edáfico pode não ter sido suficiente para gerar impactos agudos na abundância total da comunidade.

O tratamento de sementes com neonicotinoídeos resulta em liberação gradual da molécula no sistema radicular e no compartimento edáfico, principalmente por exsudatos de raízes, decomposição de tecidos e interações com partículas do solo (Schaafsma et al., 2016; Smalling et al., 2018), promove exposição mais difusa e prolongada, com menor pico de concentração direta no solo, o que pode reduzir impactos agudos sobre a fauna edáfica e favorecer respostas subletais ou efeitos indiretos ao longo do tempo (Labrie et al., 2020; Schaafsma et al., 2016). Esses resultados são consistentes com os padrões observados neste estudo, em que os efeitos sobre a abundância total e as métricas estruturais foram sutis e dependentes da dinâmica temporal da cultura.

A última amostragem apresentou maior incidência de plantas daninhas nas parcelas, possivelmente devido a um efeito indireto em cascata mediado pelo inseticida. Estudos sobre neonicotinoídeos, como a clotianidina, indicam que esses compostos podem suprimir populações de inimigos naturais de sementes e plântulas, reduzindo a pressão biológica e favorecendo o crescimento dessas plantas no ambiente (Menta et al., 2020; Moreno-García et al., 2024). O aumento da emergência de plantas daninhas nas áreas tratadas pode ter contribuído para a formação de um habitat mais complexo, fornecendo recursos alimentares, um microclima favorável e abrigo para espécies oportunistas, o que resultou em uma configuração distinta da comunidade.

Esse resultado corrobora a hipótese de reorganização da comunidade edáfica, evidenciando o caráter dinâmico da estrutura comunitária diante das variações no sistema solo-planta (Bardgett & Van Der Putten, 2014; Effah et al., 2020; Norris & Kogan, 2000). Assim, o efeito indireto positivo pode ter superado possíveis efeitos negativos diretos do inseticida sobre a abundância, contribuindo para explicar o padrão observado.

5.2. Índices de Diversidade Ecológica

As análises dos índices de riqueza, Shannon e Simpson mostraram que o tempo foi o principal fator das mudanças na comunidade do solo ao longo do ciclo da cultura. No entanto, para os índices de Shannon e Simpson, diferenças significativas entre as áreas tratadas e o controle apareceram apenas na última amostragem. Isso indica que o inseticida não diminuiu a quantidade total de táxons,

mas alterou a estrutura da comunidade, mudando os padrões de equitabilidade e dominância no final do período. Os índices de diversidade ecológica são sensíveis à forma como os indivíduos se distribuem entre os táxons; portanto, suas variações refletem processos de substituição funcional e reorganização, mais do que apenas perdas de espécies (Goulson, 2013b; Thakur et al., 2020).

Na última amostragem, o tratamento alterou a configuração trófica, e o índice de Shannon apresentou uma resposta mais forte do que o de Simpson. Essa diferença sugere que o inseticida não apenas alterou as espécies dominantes, mas também afetou a distribuição das espécies intermediárias e raras. No modelo ajustado para Shannon, o coeficiente negativo da interação entre tratamento e período de amostragem indica que o tratamento reduziu o aumento natural da diversidade, como observado nas parcelas de controle. Assim, o último período de amostragem foi um ponto de mudança, indicando um efeito acumulado dos resíduos de tiametoxam que impediu a sucessão e aumentou a complexidade da comunidade. Os grupos funcionais do solo podem responder de maneiras diferentes aos pesticidas devido às suas diferentes sensibilidades (De Silva et al., 2010; Douglas et al., 2015; Pisa et al., 2014)

Assim, a diferença observada no final do ciclo não é apenas numérica, mas sim representa uma mudança qualitativa na estrutura da fauna do solo. Esse tipo de resposta já foi observado em outros ecossistemas. Beketov et al. (2013) Ao estudarem invertebrados de riachos, foi demonstrado que pesticidas podem alterar significativamente a diversidade de espécies, sem causar reduções imediatas na biomassa ou na abundância total. Esse processo, em que espécies sensíveis são substituídas por táxons mais tolerantes, ajuda a explicar a diferença frequentemente vista entre padrões de abundância e diversidade (Bardgett & Van Der Putten, 2014).

Além disso, análises metagenômicas mostraram que o tiametoxam altera a composição e as funções da comunidade microbiana do solo ao longo do tempo, o que pode provocar efeitos em cascata nos artrópodes que dependem dessas interações tróficas (Wu et al., 2021). Esse tipo de evidência destaca a importância de empregar métricas complementares para detectar efeitos ecológicos sutis e não letais de inseticidas, que dificilmente seriam percebidos apenas com medidas univariadas. A heterogeneidade funcional dos grupos do solo também dilui os

efeitos específicos quando a avaliação é feita no nível da comunidade (Beaumelle et al., 2023).

5.3. Composição taxonômica

A mudança estrutural observada nos índices univariados é corroborada pela análise multivariada, confirmando que houve uma alteração real na identidade da composição taxonômica ao longo do tempo, modulada pela interação entre o tratamento e o período de amostragem. Apesar dessa alteração ocorrer em baixa magnitude, representando 2,35% da variação total, isso não implica baixa relevância ecológica. Em estudos de ecologia de comunidades edáficas, variações ambientais não controladas tendem a diluir os efeitos de estressores específicos, resultando em sinais estatísticos de pequena magnitude, porém ecologicamente informativos (Fischer et al., 2022). Assim, pequenas variações percentuais podem refletir mudanças importantes na dominância, na substituição de táxons e nas interações entre grupos funcionais.

O fato de a homogeneidade de dispersão ter sido preservada reforça a ideia de que a separação observada no NMDS (stress $\approx 0,20$) decorre de substituição direcionada de táxons, e não de um aumento aleatório da variabilidade nas amostras tratadas. Em análises sobre comunidades do solo, Ligtelijn et al. (2024) observaram que, após o uso de doses realistas do neonicotinoide acetamiprida, ocorreram reduções temporárias em Collembola e aumentos em ácaros, seguidos por convergência dos grupos ao longo do tempo. De modo complementar, Potts et al. (2023) demonstraram que a variação sazonal pode ser mais determinante para a composição da comunidade do solo do que a aplicação isolada de neonicotinoides, embora haja modulação em táxons específicos.

Alguns grupos de artrópodes são amplamente utilizados em experimentos de campo e de laboratório para avaliar a qualidade do solo, as respostas às perturbações locais ou globais e os efeitos do manejo, como os ácaros e colêmbolos. no presente trabalho, ambos estão presentes na mesofauna edáfica, sendo Collembola e Acari (George et al., 2017; Menta & Remelli, 2020a). Portanto, estudos com esses organismos são fundamentais para demonstrar o potencial tóxico dos neonicotinoides sobre invertebrados do solo, especialmente sobre esses organismos que são modelos representantes do solo (de Lima e Silva et al., 2020;

Ligtelijn et al., 2024; Ritchie et al., 2019). Em nosso estudo, os táxons dominantes pertenciam aos grupos de ácaros oribatídeos e de colêmbolos, reforçando a importância da avaliação de sua presença no local.

A análise por *mvabund*, específica dos táxons, indicou que a estrutura da comunidade foi modulada simultaneamente pelo tempo, pela interação entre ambos e por pouca influência do tratamento, evidenciando que a resposta da entomofauna edáfica não foi imediata, mas foi construída ao longo dos períodos de amostragem. Na primeira amostragem, como esperado pelo delineamento experimental, não havia diferenciação entre controle e tratada, pois as áreas representavam réplicas pré-tratamento, e qualquer variação observada refletia apenas a heterogeneidade natural do ambiente. Nesse momento inicial, a comunidade era composta principalmente por grupos generalistas e abundantes da mesofauna, como ácaros oribatídeos e colêmbolos do gênero *Seira* sp. e *Xenylla* sp., mas também pela macrofauna, como os himenópteros *Camponotus* sp., *Nylanderia* sp. 6, *Dorymyrmex* sp. 1, o coleóptero *Formicomus* sp. 19 e o ortóptero *Ommexecha* sp., cuja presença denota conservação de processos básicos de decomposição e uso de serapilheira (George et al., 2017; Potapov et al., 2023). Assim, a primeira amostragem serviu como referência ecológica, representando o estado basal da comunidade antes da perturbação química.

A partir da segunda amostragem, quando os organismos passaram a ser efetivamente expostos ao neonicotinoide aplicado na semente, esperava-se que surgissem padrões de reconfiguração temporal e funcional, pois a persistência do tiametoxam no solo, aliada à conversão metabólica e à liberação no ambiente, atuaria como filtro ecológico (Li et al., 2018; Nauen et al., 2003). Entretanto, nessa fase, alguns táxons passam a responder, em sua abundância, principalmente ao fator tempo, como os predadores (Mesostigmata, *Tetracha brasiliensis* e *Labidura riparia*) e os detritívoros (colêmbolos *Xenylla* sp. e *Dorymyrmex* sp.1), indicando ajustes populacionais associados ao avanço do ciclo da cultura e às mudanças microambientais do solo. Ainda na segunda amostragem, começam a aparecer preferências diferenciais de tratamento, com alguns grupos apresentando maior afinidade significativa pelo controle, como o coleóptero *Aeolus* sp. e o himenóptero *Dorymyrmex* sp.1, sugerindo possível sensibilidade ao inseticida, enquanto outros

mantêm médias mais altas na área tratada, indicando tolerância ou capacidade de explorar nichos liberados por competidores reduzidos.

Na amostragem 3, a comunidade já se encontra em estágio intermediário de reorganização, com maior peso do fator temporal e início de consolidação das diferenças funcionais entre áreas. Táxons de detritívoros (*Xenylla* sp.), onívoros (*Gryllus* sp.1 e *Ommexecha* sp.1), predadores (*Tetragonoderus* sp.) e parasitoides (*Bischoffitilla* sp.1) passam a apresentar picos relativos, refletindo tanto a sucessão natural quanto respostas indiretas ao tratamento, como mudanças na alimentação, na competição e na disponibilidade de presas. Nesse momento, o inseticida atua mais como modulador da trajetória da comunidade do que como agente isolado, alterando a velocidade e a direção das substituições taxonômicas (Douglas et al., 2015; Tooker & Pearsons, 2021). Aqui, ocorrem mudanças nas teias tróficas locais, comparadas às do segundo período de amostragens, com os predadores respondendo às variações nas presas disponíveis, tanto decorrentes do ciclo da cultura quanto de efeitos indiretos do tiametoxam.

Já a última amostragem representou o ponto de maior divergência estrutural, atuando como um divisor de águas, como indicado pelos índices de Shannon e Simpson. Nessa etapa final, diversos táxons atingem suas maiores médias, como os detritívoros (*Seira* sp.), onívoros (*Dorymyrmex* sp.1 e *Gryllus* sp.1), predadores (*Tetragonoderus* sp. e Hemiptera: Nabidae) e parasitoides (Scelionidae sp.2), evidenciando que o ambiente é ecologicamente distinto daquele da primeira amostragem. Também com maior incidência de plantas daninhas nas parcelas, a heterogeneidade estrutural e a disponibilidade de nichos tróficos podem aumentar, gerando um efeito facilitador para grupos oportunistas e predadores associados a microhabitats mais complexos (Pedro et al., 2020; Franin et al., 2016).

A partir desse momento, as preferências por tratamento tornam-se mais interpretáveis ecologicamente, pois os grupos associados ao controle tendem a refletir maior estabilidade na teia, enquanto os que mantêm abundância na área tratada indicam tolerância ao tiametoxam ou aproveitamento de nichos liberados. Portanto, tanto o uso de inseticidas, quanto as variações naturais do ambiente, pode alterar quais espécies ou guildas tróficas prevalecem entre os grupos da comunidade e passam a estruturá-los (Almeida et al., 2023; Beaumelle et al., 2023; Cordeiro et al., 2014).

Em conjunto, os resultados mostram que o impacto do tiametoxam é dependente do tempo e se manifesta por meio de uma reconfiguração progressiva da comunidade, mais do que por respostas imediatas. A ausência de diferenciação na primeira amostragem, seguida por mudanças graduais a partir da segunda e consolidação na quarta, indica que o inseticida atua como um estressor crônico, modulando a sucessão ecológica do solo. Assim, o deslocamento observado na última amostragem reflete uma reorganização funcional cumulativa e o reposicionamento das teias tróficas do solo em resposta à combinação de fatores antrópicos e naturais.

5.4. Teia alimentar

A análise das métricas estruturais das teias tróficas complementa os padrões identificados nas abordagens univariadas e multivariadas, permitindo a interpretação das variações na abundância, na composição taxonômica e na organização funcional das interações ao longo do ciclo do feijoeiro. Em consonância com os demais resultados, o fator temporal relacionado à fenologia da cultura foi o principal modulador da estrutura das redes, enquanto o tratamento com tiametoxam não teve efeito significativo sobre os descritores globais da teia.

Estudos sobre a dinâmica ambiental de neonicotinoides indicam que, após a semeadura de sementes tratadas, concentrações detectáveis de tiametoxam e seus derivados permanecem predominantemente no perfil superficial do solo e diminuem progressivamente ao longo do ciclo da cultura, resultando em exposição difusa, prolongada e de baixa intensidade para organismos não-alvo (Li et al., 2025). Em comparação com pulverizações foliares ou aplicações diretas no solo, essa modalidade de aplicação gera menores picos de concentração e uma liberação mais prolongada, favorecendo respostas subletais e efeitos indiretos, em vez de impactos agudos facilmente detectáveis em métricas estruturais, como conectância ou densidade de ligações na rede trófica (Wohlman et al., 2016). Essa dinâmica de exposição contribui para a ausência de alterações significativas nos descritores globais das teias alimentares, mesmo diante de variações nos índices de diversidade e na composição taxonômica ao longo do tempo.

Métricas como número de nós (N), número de links (L), densidade de ligação e conectância não apresentaram resposta ao tratamento, indicando que o inseticida

não promoveu simplificação estrutural nem perda de complexidade topológica das redes. Estudos experimentais e análises de rede demonstram que, embora pesticidas possam alterar a composição e as funções de comunidades ecológicas, essas mudanças nem sempre se refletem em métricas estruturais básicas das redes tróficas quando analisadas isoladamente. Por exemplo, em um experimento com aplicação de pesticidas, nenhuma propriedade estrutural das teias alimentares foi significativamente afetada pelo tratamento químico isolado (Polazzo et al., 2022). Esse padrão sugere, em nosso trabalho, que, mesmo sob exposição ao tiametoxam, as comunidades mantiveram seu padrão básico de interações.

Contudo, a estabilidade desses descritores não implica ausência de mudanças internas, pois redes ecológicas podem manter valores globais mesmo diante da substituição de táxons e da reorganização das interações tróficas. Em situações de estresse ambiental, as teias alimentares tendem a preservar métricas como conectância e densidade de ligações por meio de ajustes nas relações de consumo, compensando variações locais na presença de espécies (Ma et al., 2025). Adicionalmente, Guimarães (2020) ressalta que propriedades topológicas emergentes das redes frequentemente permanecem preservadas, mesmo com alterações na composição da comunidade, indicando que mudanças taxonômicas nem sempre resultam em modificações mensuráveis na complexidade estrutural da teia.

O efeito significativo do tempo sobre a conectância e a fração de nós basais indica que tanto a base energética do sistema quanto o grau de interligação entre os organismos variaram ao longo do ciclo do feijoeiro. Estudos como o de Kardol & De Long (2018) demonstram que o aumento da cobertura vegetal, produtividade e diversidade de plantas modifica progressivamente a quantidade e a qualidade dos recursos disponíveis no solo, além de alterar o microclima e a estrutura física do habitat. Esses fatores influenciam diretamente a teia alimentar edáfica por mecanismos que reorganizam a oferta de recursos que sustentam os níveis tróficos superiores. Assim, as comunidades tendem a ajustar a estrutura da teia alimentar em resposta às mudanças ambientais associadas ao desenvolvimento da cultura, mesmo sem a presença de um estressor dominante (Zhang et al., 2022).

Na fase inicial, correspondente à amostragem pré-plantio, as redes representaram um estado basal do sistema, caracterizado por elevada participação

de grupos associados aos detritos e por interações generalistas típicas de ambientes edáficos pouco perturbados (Moore et al., 2004). Nesse momento, como esperado pelo delineamento experimental, a organização da teia refletiu principalmente a heterogeneidade natural do solo.

Com o avanço das amostragens, a dinâmica temporal associada ao desenvolvimento do feijoeiro passou a atuar como o principal filtro ecológico do sistema, alterando gradualmente quais táxons e interações permaneceram na rede. Hedde et al. (2024) modelaram as dinâmicas temporais de teias alimentares do solo em sistemas agrícolas e mostraram que práticas de manejo e mudanças temporais nas condições do solo e nas coberturas afetaram vários atributos da teia, incluindo o número de grupos tróficos e a biomassa ao longo de anos de cultivo, evidenciando que a estrutura da teia se altera com o progresso temporal da cultura e das práticas agrícolas. Aqui, esse processo não se manifestou como colapso ou simplificação das teias, mas como um ajuste progressivo das relações de consumo, com consumidores intermediários e predadores respondendo à redistribuição das presas ao longo do ciclo da cultura.

Embora os índices de diversidade ecológica tenham indicado diferenças pontuais entre tratamento e controle na última amostragem, os modelos aplicados às métricas estruturais das teias não detectaram efeito do tiametoxam sobre a arquitetura global das redes. Isso indica que as variações observadas em Shannon e Simpson refletem principalmente alterações na dominância e na equitabilidade dos táxons, enquanto a forma como os níveis tróficos se conectam permaneceu estruturalmente estável. Feng et al. (2025) reforçam a ideia de que os índices de diversidade podem se alterar sem necessariamente haver mudança na topologia global da rede alimentar, pois a estabilidade estrutural pode ser mantida apesar da variação na composição e abundância dos táxons. Modelos ecológicos também indicam que redes diversas podem permanecer estáveis em termos de conectividade mesmo com mudanças na identidade dos componentes (Gellner et al., 2023).

Na etapa final do experimento, o aumento da cobertura vegetal e da presença de plantas daninhas contribuiu para uma maior heterogeneidade ambiental. A ampliação de microhabitats, recursos e refúgios favorece grupos oportunistas, predadores e parasitoides associados a ambientes estruturalmente

mais complexos (Tschardt et al., 2012), o que ajuda a explicar as alterações na composição e na diversidade, sem que isso se traduza em mudanças significativas na topologia das redes tróficas.

Os resultados das teias alimentares indicam que a dinâmica sucessional do solo, associada ao avanço fenológico do feijoeiro, foi o principal fator de reorganização das interações ecológicas. O tiametoxam atuou como um modulador sutil da composição da comunidade, sem causar simplificação, colapso ou reestruturação da arquitetura global das redes tróficas. As divergências observadas nas amostragens finais refletem principalmente mudanças funcionais e composicionais da fauna edáfica, e não a perda da integridade estrutural da teia alimentar.

À luz desses resultados, a hipótese de que o uso de tiametoxam no tratamento de sementes impactaria negativamente a estrutura da fauna edáfica não foi plenamente confirmada no nível da organização topológica das redes. O inseticida não promoveu alterações detectáveis nos descritores globais da teia, como conectância, número de links ou densidade de ligações, embora tenha contribuído para mudanças sutis e temporais na composição e na equitabilidade dos táxons. Dessa forma, a entomofauna respondeu principalmente às transformações no sistema solo-planta ao longo do ciclo do feijoeiro, em vez de responder diretamente à exposição ao inseticida.

Ao integrar análises populacionais, comunitárias e de redes tróficas, este estudo amplia a compreensão dos efeitos não letais e indiretos de inseticidas em agroecossistemas tropicais, demonstrando que alterações na composição podem ocorrer sem comprometer a estabilidade estrutural das teias alimentares. Entre as perspectivas futuras, destacam-se a incorporação de análises de resíduos de tiametoxam e clotianidina no solo, o monitoramento em múltiplos ciclos de cultivo para avaliar efeitos cumulativos, a integração da fauna edáfica com a microbiota por abordagens funcionais e metagenômicas, e o uso de métricas dinâmicas de redes, como fluxos de energia e força das interações, para aprofundar a compreensão dos mecanismos que sustentam a estabilidade das teias.

7. REFERENCIAS

- Almeida, R. A., Fajgenblat, M., Lemmens, P., & De Meester, L. (2023). Pesticide exposure enhances dominance patterns in a zooplankton community. *Ecological Applications*, 33. <https://doi.org/10.1002/eap.2900>
- Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26(1), 32–46.
- Atwood, L. W., Mortensen, D. A., Koide, R. T., & Smith, R. G. (2018). Evidence for multi-trophic effects of pesticide seed treatments on non-targeted soil fauna. *Soil Biology and Biochemistry*, 125, 144–155. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.07.007>
- Bardgett, R. D., & Van der Putten, W. H. (2014). Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/nature13855>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48.
- Beaumelle, L., Tison, L., Eisenhauer, N., Hines, J., Malladi, S., Pelosi, C., Thouvenot, L., & Phillips, H. R. P. (2023). Pesticide effects on soil fauna communities: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14437>
- Beketov, M. A., Kefford, B. J., Schäfer, R. B., & Liess, M. (2013). Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 11039–11043. <https://doi.org/10.1073/pnas.1305618110>
- Bonmatin, J. M., Giorio, C., Girolami, V., Goulson, D., Kreuzweiser, D. P., Krupke, C., Liess, M., Long, E., Marzaro, M., Mitchell, E. A., Noome, D. A., Simon-Delso, N., & Tapparo, A. (2015). Environmental fate and exposure: Neonicotinoids and fipronil. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 35–67. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3332-7>
- Coleman, D. C., Geisen, S., & Wall, D. H. (2023). Soil fauna: Occurrence, biodiversity, and roles in ecosystem function. In *Soil microbiology, ecology and biochemistry* (5th ed., pp. 131–159). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822941-5.00005-3>
- Constantino, R. (2024). Chave para ordens de insetos (adultos). In *Insetos do Brasil: Diversidade e taxonomia* (pp. 137–140). INPA. <https://doi.org/10.61818/56330464c08>
- Cordeiro, E. M. G., Corrêa, A. S., & Guedes, R. N. C. (2014). Insecticide-mediated shift in ecological dominance between two competing species of grain beetles. *PLOS ONE*, 9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100990>
- De Barros, E. C., Ventura, H. V., Gontijo, P. C., Pereira, R. R., & Picanço, M. C. (2015). Ecotoxicological study of insecticide effects on arthropods in common bean. *Journal of Insect Science*, 15. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu172>
- De Lima e Silva, C., De Rooij, W., Verweij, R. A., & Van Gestel, C. A. M. (2020). Toxicity of neonicotinoids to *Folsomia candida* and *Eisenia andrei*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39, 548–555. <https://doi.org/10.1002/etc.4634>

- De Pedro, L., Perera-Fernández, L. G., López-Gallego, E., Pérez-Marcos, M., & Sanchez, J. A. (2020). The effect of cover crops on the biodiversity and abundance of ground-dwelling arthropods in a Mediterranean pear orchard. *Agronomy*, *10*. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040580>
- De Silva, P. M. C. S., Pathiratne, A., Van Straalen, N. M., & Van Gestel, C. A. M. (2010). Chlorpyrifos causes decreased organic matter decomposition by suppressing earthworm and termite communities in tropical soil. *Environmental Pollution*, *158*, 3041–3047. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.06.032>
- Douglas, M. R., Rohr, J. R., & Tooker, J. F. (2015). Neonicotinoid insecticide travels through a soil food chain, disrupting biological control of non-target pests and decreasing soybean yield. *Journal of Applied Ecology*, *52*, 250–260. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12372>
- Dubey, A., Lewis, M. T., Dively, G. P., & Hamby, K. A. (2020). Ecological impacts of pesticide seed treatments on arthropod communities in a grain crop rotation. *Journal of Applied Ecology*, *57*, 936–951. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13595>
- Effah, E., Barrett, D. P., Peterson, P. G., Potter, M. A., Holopainen, J. K., & McCormick, A. C. (2020). Effects of two invasive weeds on arthropod community structure on the central plateau of New Zealand. *Plants*, *9*, 1–16. <https://doi.org/10.3390/plants9070919>
- Feng, J., Wan, X., Wang, R., Li, S., Wei, M., Dakos, V., Llope, M., Lu, X., & Stenseth, N. C. (2025). Mediating role of food web structure in linking diversity to multidimensional stability: Evidence from global marine ecosystems. *Science Advances*.
- Ferreira, P. G., Hüther, C. M., De Carvalho, A. S., Da Silva Magalhães Forezi, L., De Carvalho da Silva, F., & Ferreira, V. F. (2022). Nicotine and the origin of neonicotinoids: Problems or solutions? *Revista Virtual de Química*, *14*, 401–414. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20220079>
- Fischer, C., Gerstmeier, R., & Wagner, T. C. (2022). Seasonal and temporal patterns of rainfall shape arthropod community composition and multi-trophic interactions in an arid environment. *Scientific Reports*, *12*. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07716-0>
- Franin, K., Barić, B., & Kuštera, G. (2016). The role of ecological infrastructure on beneficial arthropods in vineyards. *Spanish Journal of Agricultural Research*, *14*. <https://doi.org/10.5424/sjar/2016141-7371>
- Gellner, G., McCann, K., & Hastings, A. (2023). Stable diverse food webs become more common when interactions are more biologically constrained. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *120*. <https://doi.org/10.1073/pnas.2212061120>
- George, P. B. L., Keith, A. M., Creer, S., Barrett, G. L., Lebron, I., Emmett, B. A., Robinson, D. A., & Jones, D. L. (2017). Evaluation of mesofauna communities as soil quality indicators in a national-level monitoring programme. *Soil Biology and Biochemistry*, *115*, 537–546. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.09.022>

- Godfray, H. C. J., Blacquière, T., Field, L. M., Hails, R. S., Petrokofsky, G., Potts, S. G., Raine, N. E., Vanbergen, A. J., & McLean, A. R. (2014). A restatement of the natural science evidence base concerning neonicotinoid insecticides and insect pollinators. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.0558>
- Godfray, H. C. J., Blacquière, T., Field, L. M., Hails, R. S., Potts, S. G., Raine, N. E., Vanbergen, A. J., & McLean, A. R. (2015). A restatement of recent advances in the natural science evidence base concerning neonicotinoid insecticides and insect pollinators. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1821>
- Goulson, D. (2013). An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12111>
- Guimarães, P. R. (2020). The structure of ecological networks across levels of organization. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-012220>
- Gupta, S., Gajbhiye, V. T., & Gupta, R. K. (2008). Soil dissipation and leaching behavior of a neonicotinoid insecticide thiamethoxam. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 80, 431–437. <https://doi.org/10.1007/s00128-008-9420-y>
- Hedde, M., Coudrain, V., Maron, P. A., Chauvat, M., Cheviron, N., Ekelund, F., Mougín, C., Mary, B., Recous, S., Villenave, C., & Thébault, E. (2024). Crop management strategies shape the shared temporal dynamics of soil food web structure and functioning. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 370. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109058>
- Hladik, M. L., Main, A. R., & Goulson, D. (2018). Environmental risks and challenges associated with neonicotinoid insecticides. *Environmental Science & Technology*, 52, 3329–3335. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b06388>
- Hudson, L. N., et al. (2013). Cheddar: Analysis and visualisation of ecological communities in R. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(1), 99–104.
- Jeschke, P., Nauen, R., Schindler, M., & Elbert, A. (2011). Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 2897–2908. <https://doi.org/10.1021/jf101303g>
- Labrie, G., Gagnon, A. È., Vanasse, A., Latraverse, A., & Tremblay, G. (2020). Impacts of neonicotinoid seed treatments on soil-dwelling pest populations and agronomic parameters in corn and soybean in Quebec (Canada). *PLOS ONE*, 15(2), e0229136. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229136>
- Li, K., Cheng, Q., Zeng, C., Shen, H., & Lu, C. (2025). The fate and transport of pesticide seed treatments and their impact on soil microbes. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 290, 117508. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.117508>
- Li, Y., Su, P., Li, Y., Wen, K., Bi, G., & Cox, M. (2018). Adsorption–desorption and degradation of insecticides clothianidin and thiamethoxam in agricultural soils.

- Ligtelijn, M., Barentlo, S. H., & Van Gestel, C. A. M. (2024). Field-realistic doses of the neonicotinoid acetamiprid impact natural soil arthropod community diversity and structure. *Environmental Pollution*, 359, 124568. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124568>
- Ma, A., Kratina, P., Ledger, M. E., & O’Gorman, E. J. (2025). Network rewiring conserves the topology of drought-impaired food webs. *Communications Biology*, 8, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s42003-025-09035-2>
- Mamy, L., Pesce, S., Sanchez, W., Aviron, S., Bedos, C., Berny, P., Bertrand, C., Betoulle, S., Charles, S., Chaumot, A., Coeurdassier, M., Coutellec, M. A., Crouzet, O., Faburé, J., Fritsch, C., Gonzalez, P., Hedde, M., Leboulanger, C., Margoum, C., Mougou, C., Munaron, D., Nélieu, S., Pelosi, C., Rault, M., Sucre, E., Thomas, M., Tournebize, J., & Leenhardt, S. (2025). Impacts of neonicotinoids on biodiversity: A critical review. *Environmental Science and Pollution Research*, 32, 2794–2829. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31032-3>
- Menta, C., Conti, F. D., Fondón, C. L., Staffilani, F., & Remelli, S. (2020). Soil arthropod responses in agroecosystems: Implications of different management and cropping systems. *Agronomy*, 10(7), 982. <https://doi.org/10.3390/agronomy10070982>
- Menta, C., & Remelli, S. (2020). Soil health and arthropods: From complex system to worthwhile investigation. *Insects*, 11(1), 54. <https://doi.org/10.3390/insects11010054>
- Moore, J. C., Berlow, E. L., Coleman, D. C., De Suiter, P. C., Dong, Q., Hastings, A., Johnson, N. C., McCann, K. S., Melville, K., Morin, P. J., Nadelhoffer, K., Rosemond, A. D., Post, D. M., Sabo, J. L., Scow, K. M., Vanni, M. J., & Wall, D. H. (2004). Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecology Letters*, 7(7), 584–600. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00606.x>
- Moreno-García, M., Repullo-Ruibérriz de Torres, M. A., Ordóñez-Fernández, R., González-Sánchez, E. J., & Carbonell-Bojollo, R. M. (2024). Long-term effects of no-tillage on arthropod biodiversity in rainfed and irrigated annual crops. *Agronomy*, 14, 2192. <https://doi.org/10.3390/agronomy14102192>
- Mužinić, V., & Želježić, D. (2018). Non-target toxicity of novel insecticides. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 69(2), 86–102. <https://doi.org/10.2478/aiht-2018-69-3111>
- Nauen, R., Ebbinghaus-Kintscher, U., Salgado, V. L., & Kausmann, M. (2003). Thiamethoxam is a neonicotinoid precursor converted to clothianidin in insects and plants. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 76(2), 55–69. [https://doi.org/10.1016/S0048-3575\(03\)00065-8](https://doi.org/10.1016/S0048-3575(03)00065-8)
- Norris, R. F., & Kogan, M. (2000). Interactions between weeds, arthropod pests, and their natural enemies in managed ecosystems. *Weed Science*, 48(1), 94–158. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048)

- Nottingham, L., Kuhar, T. P., Kring, T., Herbert, D. A., Arancibia, R., & Schultz, P. (2017). Effects of thiamethoxam-treated seed on Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae), nontarget arthropods, and crop performance in southwestern Virginia snap beans. *Environmental Entomology*, 46(6), 1397–1405. <https://doi.org/10.1093/ee/nvx152>
- Oksanen, J., Simpson, G., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., Solymos, P., Stevens, M., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Borman, T., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., Durand, S., Evangelista, H., FitzJohn, R., Friendly, M., Furneaux, B., Hannigan, G., Hill, M., Lahti, L., Martino, C., McGlenn, D., Ouellette, M., Ribeiro Cunha, E., Smith, T., Stier, A., Ter Braak, C., & Weedon, J. (2025). *vegan: Community ecology package* (Version 2.8-0) [R package]. <https://vegandevs.github.io/vegan/>
- Pisa, L. W., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. P., Bonmatin, J. M., Downs, C. A., Goulson, D., Kreutzweiser, D. P., Krupke, C., Liess, M., McField, M., Morrissey, C. A., Noome, D. A., Settele, J., Simon-Delso, N., Stark, J. D., Van der Sluijs, J. P., Van Dyck, H., & Wiemers, M. (2014). Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 68–102. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3471-x>
- Thakur, M.P., Phillips, H.R.P., Brose, U., De Vries, F.T., Lavelle, P., Loreau, M., Mathieu, J., Mulder, C., Van der Putten, W.H., Rillig, M.C., Wardle, D.A., Bach, E.M., Bartz, M.L.C., Bennett, J.M., Briones, M.J.I., Brown, G., Decaëns, T., Eisenhauer, N., Ferlian, O., Guerra, C.A., König-Ries, B., Orgiazzi, A., Ramirez, K.S., Russell, D.J., Rutgers, M., Wall, D.H., Cameron, E.K., 2020. Towards an integrative understanding of soil biodiversity. *Biological Reviews* 95, 350–364. <https://doi.org/10.1111/brv.12567>
- Tooker, J.F., Pearsons, K.A., 2021. Newer characters, same story: neonicotinoid insecticides disrupt food webs through direct and indirect effects. *Curr. Opin. Insect Sci.* <https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.02.013>
- Tscharntke, T., Tylianakis, J.M., Rand, T.A., Didham, R.K., Fahrig, L., Batáry, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T.O., Dormann, C.F., Ewers, R.M., Fründ, J., Holt, R.D., Holzschuh, A., Klein, A.M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D.A., Laurance, W., Lindenmayer, D., Scherber, C., Sodhi, N., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., van der Putten, W.H., Westphal, C., 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biological Reviews*. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x>
- Wohlman, M., Stoddard, D., Scholer, J., Zachmann, J., Monson, P., Chahal, G., Mann, R., Scientist, R., 2016. Review of Neonicotinoid Use, Registration, and Insect Pollinator Impacts in Minnesota Review of Neonicotinoid Use, Registration, and Insect Pollinator Impacts in Minnesota.
- Wu, C., Wang, Z., Ma, Y., Luo, J., Gao, X., Ning, J., Mei, X., She, D., 2021. Influence of the neonicotinoid insecticide thiamethoxam on soil bacterial community composition and metabolic function. *J. Hazard. Mater.* 405. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124275>

Zhang, Y., Peng, S., Chen, X., Chen, H.Y.H., 2022. Plant diversity increases the abundance and diversity of soil fauna: A meta-analysis. *Geoderma* 411. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115694>

ANEXOS

ANEXO A - CONEXÕES TRÓFICAS REGISTRADAS PARA OS TÁXONS AMOSTRADOS NO EXPERIMENTO

resource	consumer
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	<i>Aeolus</i> sp.
Detrito	<i>Ahasverus</i> sp.
Detrito	<i>Anthicus</i> sp.
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Aphididae sp.1
<i>Aeolus</i> sp.	Araneae
Aphididae sp.1	Araneae
<i>Blapstinus fortis</i>	Araneae
Cicadellidae sp.1	Araneae
Cicadellidae sp.2	Araneae
Cicadellidae sp.3	Araneae
Conoderus sp.	Araneae
<i>Eriopis conexa</i>	Araneae
Gomphocerinae sp.1	Araneae
<i>Gryllus</i> sp.1	Araneae
Lepidoptera larva	Araneae
Nabidae sp.1	Araneae
<i>Ommexecha</i> sp.1	Araneae
<i>Phelister</i> sp.	Araneae
Staphylininae	Araneae
Thysanoptera	Araneae
<i>Urophorus</i> sp.	Araneae
Detrito	<i>Atherigona orientalis</i>
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	<i>Atta</i> sp.7
Araneae	<i>Baeus</i> sp.3
<i>Polybia</i> sp.1	<i>Bischoffitilla</i> sp.1
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	<i>Blapstinus fortis</i>
<i>Atherigona orientalis</i>	<i>Brachymeria podagrica</i>
Diptera Diadociididae	<i>Brachymeria podagrica</i>
<i>Elachiptera</i> sp.	<i>Brachymeria podagrica</i>
<i>Euxesta</i> sp.2	<i>Brachymeria podagrica</i>
<i>Megaselia</i> sp.8	<i>Brachymeria podagrica</i>
Sarcophagidae sp.2	<i>Brachymeria podagrica</i>
Detrito	<i>Bruchaphodius</i> sp.
Aphididae sp.1	<i>Calathus</i> sp.1
<i>Seira</i> sp.	<i>Calathus</i> sp.1
<i>Xenylla</i> sp.	<i>Calathus</i> sp.1
Aphididae sp.1	<i>Camponotus</i> sp.8

Detrito	<i>Camponotus</i> sp.8
Diptera Diadociididae	<i>Camponotus</i> sp.8
<i>Elachiptera</i> sp.	<i>Camponotus</i> sp.8
<i>Liposcelis</i> sp.	<i>Camponotus</i> sp.8
<i>Litargus</i> sp.	<i>Camponotus</i> sp.8
<i>Megaselia</i> sp.8	<i>Camponotus</i> sp.8
Phoridae sp.1	<i>Camponotus</i> sp.8
Phoridae sp.13	<i>Camponotus</i> sp.8
<i>Seira</i> sp.	<i>Camponotus</i> sp.8
<i>Sericoderus</i> sp.1	<i>Camponotus</i> sp.8
<i>Xenylla</i> sp.	<i>Camponotus</i> sp.8
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Cicadellidae sp.1
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Cicadellidae sp.2
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Cicadellidae sp.3
Detrito	Coleoptera larva
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	<i>Conoderus</i> sp.
Detrito	Diptera Diadociididae
Aphididae sp.1	<i>Dorymyrmex</i> sp.1
Detrito	<i>Dorymyrmex</i> sp.1
Diptera Diadociididae	<i>Dorymyrmex</i> sp.1
<i>Elachiptera</i> sp.	<i>Dorymyrmex</i> sp.1
<i>Liposcelis</i> sp.	<i>Dorymyrmex</i> sp.1
<i>Litargus</i> sp.	<i>Dorymyrmex</i> sp.1
<i>Megaselia</i> sp.8	<i>Dorymyrmex</i> sp.1
Phoridae sp.1	<i>Dorymyrmex</i> sp.1
Phoridae sp.13	<i>Dorymyrmex</i> sp.1
<i>Seira</i> sp.	<i>Dorymyrmex</i> sp.1
<i>Sericoderus</i> sp.1	<i>Dorymyrmex</i> sp.1
<i>Xenylla</i> sp.	<i>Dorymyrmex</i> sp.1
Aphididae sp.1	<i>Dorymyrmex</i> sp.11
Detrito	<i>Dorymyrmex</i> sp.11
Diptera Diadociididae	<i>Dorymyrmex</i> sp.11
<i>Elachiptera</i> sp.	<i>Dorymyrmex</i> sp.11
<i>Liposcelis</i> sp.	<i>Dorymyrmex</i> sp.11
<i>Litargus</i> sp.	<i>Dorymyrmex</i> sp.11
<i>Megaselia</i> sp.8	<i>Dorymyrmex</i> sp.11
Phoridae sp.1	<i>Dorymyrmex</i> sp.11
Phoridae sp.13	<i>Dorymyrmex</i> sp.11
<i>Seira</i> sp.	<i>Dorymyrmex</i> sp.11
<i>Sericoderus</i> sp.1	<i>Dorymyrmex</i> sp.11
<i>Xenylla</i> sp.	<i>Dorymyrmex</i> sp.11
Detrito	<i>Elachiptera</i> sp.
Aphididae sp.1	<i>Eriopis conexa</i>

Thysanoptera	<i>Eriopsis conexa</i>
Aphididae sp.1	<i>Euborellia</i> sp.
<i>Euxesta</i> sp.2	<i>Euborellia</i> sp.
Lepidoptera larva	<i>Euborellia</i> sp.
<i>Megaselia</i> sp.8	<i>Euborellia</i> sp.
Sarcophagidae sp.2	<i>Euborellia</i> sp.
<i>Seira</i> sp.	<i>Euborellia</i> sp.
<i>Xenylla</i> sp.	<i>Euborellia</i> sp.
Detrito	<i>Euxesta</i> sp.2
Aphididae sp.1	Formicidae sp.2
Detrito	Formicidae sp.2
Diptera Diadociididae	Formicidae sp.2
<i>Elachiptera</i> sp.	Formicidae sp.2
<i>Liposcelis</i> sp.	Formicidae sp.2
<i>Litargus</i> sp.	Formicidae sp.2
<i>Megaselia</i> sp.8	Formicidae sp.2
Phoridae sp.1	Formicidae sp.2
Phoridae sp.13	Formicidae sp.2
<i>Seira</i> sp.	Formicidae sp.2
<i>Sericoderus</i> sp.1	Formicidae sp.2
<i>Xenylla</i> sp.	Formicidae sp.2
Detrito	<i>Formicomus</i> sp.1
Detrito	<i>Formicomus</i> sp.2
Aphididae sp.1	Geocoridae sp.
Cicadellidae sp.1	Geocoridae sp.
Cicadellidae sp.2	Geocoridae sp.
Cicadellidae sp.3	Geocoridae sp.
Lepidoptera larva	Geocoridae sp.
<i>Liposcelis</i> sp.	Geocoridae sp.
Thysanoptera	Geocoridae sp.
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Gomphocerinae sp.1
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	<i>Gryllus</i> sp.1
Aphididae sp.1	<i>Labidura riparia</i>
<i>Euxesta</i> sp.2	<i>Labidura riparia</i>
Lepidoptera larva	<i>Labidura riparia</i>
<i>Megaselia</i> sp.8	<i>Labidura riparia</i>
Sarcophagidae sp.2	<i>Labidura riparia</i>
<i>Seira</i> sp.	<i>Labidura riparia</i>
<i>Xenylla</i> sp.	<i>Labidura riparia</i>
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Lepidoptera larva
Detrito	<i>Liposcelis</i> sp.
Detrito	<i>Litargus</i> sp.
Detrito	<i>Mecynotarsus</i> sp.

Detrito	<i>Megaselia</i> sp.8
<i>Elachiptera</i> sp.	Mesostigmata
<i>Megaselia</i> sp.8	Mesostigmata
<i>Seira</i> sp.	Mesostigmata
Thysanoptera	Mesostigmata
<i>Xenylla</i> sp.	Mesostigmata
Aphididae sp.1	Nabidae sp.1
Cicadellidae sp.1	Nabidae sp.1
Cicadellidae sp.2	Nabidae sp.1
Cicadellidae sp.3	Nabidae sp.1
Lepidoptera larva	Nabidae sp.1
<i>Liposcelis</i> sp.	Nabidae sp.1
Thysanoptera	Nabidae sp.1
Aphididae sp.1	<i>Nylanderia</i> sp.6
Detrito	<i>Nylanderia</i> sp.6
Diptera Diadociididae	<i>Nylanderia</i> sp.6
<i>Elachiptera</i> sp.	<i>Nylanderia</i> sp.6
<i>Liposcelis</i> sp.	<i>Nylanderia</i> sp.6
<i>Litargus</i> sp.	<i>Nylanderia</i> sp.6
<i>Megaselia</i> sp.8	<i>Nylanderia</i> sp.6
Phoridae sp.1	<i>Nylanderia</i> sp.6
Phoridae sp.13	<i>Nylanderia</i> sp.6
<i>Seira</i> sp.	<i>Nylanderia</i> sp.6
<i>Sericoderus</i> sp.1	<i>Nylanderia</i> sp.6
<i>Xenylla</i> sp.	<i>Nylanderia</i> sp.6
Aphididae sp.1	<i>Nylanderia</i> sp.9
Detrito	<i>Nylanderia</i> sp.9
Diptera Diadociididae	<i>Nylanderia</i> sp.9
<i>Elachiptera</i> sp.	<i>Nylanderia</i> sp.9
<i>Liposcelis</i> sp.	<i>Nylanderia</i> sp.9
<i>Litargus</i> sp.	<i>Nylanderia</i> sp.9
<i>Megaselia</i> sp.8	<i>Nylanderia</i> sp.9
Phoridae sp.1	<i>Nylanderia</i> sp.9
Phoridae sp.13	<i>Nylanderia</i> sp.9
<i>Seira</i> sp.	<i>Nylanderia</i> sp.9
<i>Sericoderus</i> sp.1	<i>Nylanderia</i> sp.9
<i>Xenylla</i> sp.	<i>Nylanderia</i> sp.9
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	<i>Ommexechea</i> sp.1
Detrito	Oribatida
Aphididae sp.1	<i>Pheidole</i> sp.
Detrito	<i>Pheidole</i> sp.
Diptera Diadociididae	<i>Pheidole</i> sp.
<i>Elachiptera</i> sp.	<i>Pheidole</i> sp.

<i>Liposcelis</i> sp.	<i>Pheidole</i> sp.
<i>Litargus</i> sp.	<i>Pheidole</i> sp.
<i>Megaselia</i> sp.8	<i>Pheidole</i> sp.
Phoridae sp.1	<i>Pheidole</i> sp.
Phoridae sp.13	<i>Pheidole</i> sp.
<i>Seira</i> sp.	<i>Pheidole</i> sp.
<i>Sericoderus</i> sp.1	<i>Pheidole</i> sp.
<i>Xenylla</i> sp.	<i>Pheidole</i> sp.
<i>Elachiptera</i> sp.	<i>Phelister</i> sp.
<i>Megaselia</i> sp.8	<i>Phelister</i> sp.
Sarcophagidae sp.2	<i>Phelister</i> sp.
<i>Seira</i> sp.	<i>Phelister</i> sp.
<i>Xenylla</i> sp.	<i>Phelister</i> sp.
Detrito	Phoridae sp.13
Detrito	Phoridae sp.1
Aphididae sp.1	<i>Polybia</i> sp.1
Cicadellidae sp.1	<i>Polybia</i> sp.1
Cicadellidae sp.2	<i>Polybia</i> sp.1
Cicadellidae sp.3	<i>Polybia</i> sp.1
<i>Elachiptera</i> sp.	<i>Polybia</i> sp.1
<i>Euxesta</i> sp.2	<i>Polybia</i> sp.1
Lepidoptera larva	<i>Polybia</i> sp.1
<i>Megaselia</i> sp.8	<i>Polybia</i> sp.1
Detrito	Sarcophagidae sp.2
Detrito	Scarabaeinae
Diptera Diadociididae	<i>Scarites</i> sp.
<i>Elachiptera</i> sp.	<i>Scarites</i> sp.
Lepidoptera larva	<i>Scarites</i> sp.
<i>Megaselia</i> sp.8	<i>Scarites</i> sp.
<i>Seira</i> sp.	<i>Scarites</i> sp.
<i>Xenylla</i> sp.	<i>Scarites</i> sp.
Cicadellidae sp.1	Scelionidae sp.1
Cicadellidae sp.2	Scelionidae sp.1
Cicadellidae sp.3	Scelionidae sp.1
Gomphocerinae sp.1	Scelionidae sp.1
<i>Gryllus</i> sp.1	Scelionidae sp.1
<i>Ommexecha</i> sp.1	Scelionidae sp.1
Cicadellidae sp.1	Scelionidae sp.2
Cicadellidae sp.2	Scelionidae sp.2
Cicadellidae sp.3	Scelionidae sp.2
Gomphocerinae sp.1	Scelionidae sp.2
<i>Gryllus</i> sp.1	Scelionidae sp.2
<i>Ommexecha</i> sp.1	Scelionidae sp.2

Detrito	<i>Seira</i> sp.
Detrito	<i>Sericoderus</i> sp.1
Aphididae sp.1	<i>Solenopsis</i> sp.4
Detrito	<i>Solenopsis</i> sp.4
Diptera Diadociididae	<i>Solenopsis</i> sp.4
<i>Elachiptera</i> sp.	<i>Solenopsis</i> sp.4
<i>Liposcelis</i> sp.	<i>Solenopsis</i> sp.4
<i>Litargus</i> sp.	<i>Solenopsis</i> sp.4
<i>Megaselia</i> sp.8	<i>Solenopsis</i> sp.4
Phoridae sp.1	<i>Solenopsis</i> sp.4
Phoridae sp.13	<i>Solenopsis</i> sp.4
<i>Seira</i> sp.	<i>Solenopsis</i> sp.4
<i>Sericoderus</i> sp.1	<i>Solenopsis</i> sp.4
<i>Xenylla</i> sp.	<i>Solenopsis</i> sp.4
<i>Elachiptera</i> sp.	Staphylininae
Lepidoptera larva	Staphylininae
<i>Liposcelis</i> sp.	Staphylininae
<i>Megaselia</i> sp.8	Staphylininae
Mesostigmata	Staphylininae
Sarcophagidae sp.2	Staphylininae
<i>Seira</i> sp.	Staphylininae
<i>Xenylla</i> sp.	Staphylininae
Detrito	Tenebrionidae sp.
Aphididae sp.1	<i>Tetracha brasiliensis</i>
<i>Atherigona orientalis</i>	<i>Tetracha brasiliensis</i>
Cicadellidae sp.1	<i>Tetracha brasiliensis</i>
Cicadellidae sp.2	<i>Tetracha brasiliensis</i>
Cicadellidae sp.3	<i>Tetracha brasiliensis</i>
<i>Elachiptera</i> sp.	<i>Tetracha brasiliensis</i>
<i>Megaselia</i> sp.8	<i>Tetracha brasiliensis</i>
Sarcophagidae sp.2	<i>Tetracha brasiliensis</i>
<i>Seira</i> sp.	<i>Tetracha brasiliensis</i>
<i>Xenylla</i> sp.	<i>Tetracha brasiliensis</i>
Aphididae sp.1	<i>Tetragonoderus</i> sp.
Cicadellidae sp.1	<i>Tetragonoderus</i> sp.
Cicadellidae sp.2	<i>Tetragonoderus</i> sp.
Cicadellidae sp.3	<i>Tetragonoderus</i> sp.
<i>Seira</i> sp.	<i>Tetragonoderus</i> sp.
<i>Xenylla</i> sp.	<i>Tetragonoderus</i> sp.
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Thysanoptera
<i>Aeolus</i> sp.	<i>Tityus</i> sp.
Aphididae sp.1	<i>Tityus</i> sp.
<i>Araneae</i>	<i>Tityus</i> sp.

<i>Atta</i> sp.7	<i>Tityus</i> sp.
<i>Bischoffitilla</i> sp.1	<i>Tityus</i> sp.
<i>Blapstinus fortis</i>	<i>Tityus</i> sp.
<i>Calathus</i> sp.1	<i>Tityus</i> sp.
Cicadellidae sp.1	<i>Tityus</i> sp.
Cicadellidae sp.2	<i>Tityus</i> sp.
Cicadellidae sp.3	<i>Tityus</i> sp.
Conoderus sp.	<i>Tityus</i> sp.
<i>Eriopis conexa</i>	<i>Tityus</i> sp.
<i>Euborellia</i> sp.	<i>Tityus</i> sp.
Gomphocerinae sp.1	<i>Tityus</i> sp.
<i>Gryllus</i> sp.1	<i>Tityus</i> sp.
<i>Labidura riparia</i>	<i>Tityus</i> sp.
Lepidoptera larva	<i>Tityus</i> sp.
Nabidae sp.1	<i>Tityus</i> sp.
<i>Ommexecha</i> sp.1	<i>Tityus</i> sp.
<i>Phelister</i> sp.	<i>Tityus</i> sp.
<i>Polybia</i> sp.1	<i>Tityus</i> sp.
Staphylininae	<i>Tityus</i> sp.
Thysanoptera	<i>Tityus</i> sp.
<i>Urophorus</i> sp.	<i>Tityus</i> sp.
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	<i>Urophorus</i> sp.
Detrito	<i>Vacusus</i> sp.
Detrito	<i>Xenylla</i> sp.
