

**ESTADO DE MATO GROSSO**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AMBIENTE E SISTEMA DE**  
**PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

**IANA MAYARA DE ALMEIDA BANDEIRA**

**BESOUROS PREDADORES EM PAISAGENS AGRÍCOLAS: AVALIAÇÃO DE**  
**MÉTODOS DE COLETA E DA INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL**  
**NATIVA NO CERRADO E AMAZÔNIA**

**TANGARÁ DA SERRA, MATO GROSSO - BRASIL**

**2025**

**IANA MAYARA DE ALMEIDA BANDEIRA**

**BESOUROS PREDADORES EM PAISAGENS AGRÍCOLAS: AVALIAÇÃO DE  
MÉTODOS DE COLETA E DA INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL  
NATIVA NO CERRADO E AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Danielle Storck Tonon

Coorientador: Ricardo José da Silva

**TANGARÁ DA SERRA, MATO GROSSO - BRASIL**

**2025**

Ficha catalográfica elaborada pela Supervisão de Bibliotecas da UNEMATCatalogação de Publicação na Fonte.  
UNEMAT - Unidade padrão

B214b Bandeira, Iana Mayara de Almeida.

Besouros predadores em paisagens agrícolas: avaliação de métodos de coleta e da influência da cobertura vegetal nativa no Cerrado e Amazônia / Iana Mayara de Almeida Bandeira. - Cáceres, 2025.

59f.: il.

Universidade do Estado de Mato Grosso "Carlos Alberto Reyes Maldonado", Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola/TGA-PPGASP - TANGARA DA SERRA - Mestrado Acadêmico, Campus Universitário de Tangará da Serra "Eugênio Carlos Stieler".

Orientadora: Danielle Storck Tonon.

Coorientador: Ricardo José da Silva.

1. <i>Carabidae</i>. 2. <i>Staphylinidae</i>. 3. Manejo Integrado de Pragas. I. Tonon, Danielle Storck. II. Silva, Ricardo José da. III. Título.

## SUMÁRIO

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Capítulo 1: .....                                          | 9  |
| 1. Introdução.....                                         | 11 |
| 2. Material e métodos.....                                 | 14 |
| 2.1. Área de Estudo.....                                   | 14 |
| 2.2. Amostragem de insetos e identificação taxonômica..... | 15 |
| 2.3. Análise de dados .....                                | 16 |
| 3. Resultados .....                                        | 17 |
| 3.1 Eficiência amostral.....                               | 17 |
| 3.2. Efeito da isca para Carabidae.....                    | 18 |
| 3.3. Efeito da isca para Staphylinidae.....                | 20 |
| 3.4 Implicações da isca sobre as espécies.....             | 21 |
| 4. Discussão.....                                          | 23 |
| 4.1. Carabidae: implicações da presença da isca .....      | 23 |
| 4.2. Staphylinidae: implicações da presença da isca.....   | 24 |
| 5. Conclusão .....                                         | 25 |
| 6. Referências Bibliográficas .....                        | 26 |
| Capítulo 2: .....                                          | 35 |
| 1. Introdução.....                                         | 37 |
| 2. Material e métodos.....                                 | 39 |
| 2.1. Área de estudo.....                                   | 39 |
| 2.2. Amostragem e identificação .....                      | 40 |
| 2.3. Variáveis de paisagem .....                           | 41 |
| 2.4. Análise de dados .....                                | 41 |
| 3. Resultados .....                                        | 41 |
| 4. Discussão.....                                          | 43 |
| 5. Conclusão .....                                         | 46 |
| 6. Referências Bibliográficas .....                        | 47 |
| Considerações finais.....                                  | 53 |

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, pelo apoio e carinho.

Aos meus orientadores, Dra. Danielle Storck-Tonon e Dr. Ricardo José da Silva, pelos ensinamentos que levarei para toda a vida e pela paciência.

Aos meus amigos, por estarem comigo em todos os momentos.

Ao Dr. Ayr de Moura Bello, pela identificação das espécies coletadas.

À Rede de Biotecnologia Aplicada aos Serviços e Desserviços da Biodiversidade à Agricultura no Cerrado e na Amazônia, bem como a toda a sua equipe, pelo suporte fundamental que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola e a seus docentes, pelo conhecimento transmitido e pela contribuição essencial à minha formação acadêmica durante o mestrado.

## RESUMO

O Brasil é considerado um dos maiores exportadores de produtos agrícolas do mundo, e a soja é a commodity de maior destaque, possuindo uma vasta gama de utilidades, por ser utilizada principalmente na produção de rações e biodiesel. O estado de Mato Grosso é o líder nacional na produção de soja. Com o objetivo de aumentar a produção, as áreas de Reserva Legal estão ameaçadas, pois seus benefícios são pouco conhecidos pelos produtores. Essas áreas de vegetação nativa próximas às plantações favorecem a presença de diversos insetos, servindo como abrigo, ponto de reprodução, etc. Alguns destes são benéficos para as culturas, contribuindo para a polinização, aeração e saúde do solo, além do controle biológico e podem ser facilmente amostrados com armadilhas do tipo *pitfall*, que é um método conveniente de investigar a ecologia de invertebrados. O controle biológico tem ganhado bastante visibilidade por reduzir o uso de defensivos agrícolas, sendo um método que consiste na redução populacional de pragas por meio de seus inimigos naturais. Dentre os organismos que desempenham esse papel, destacam-se os besouros das famílias Carabidae e Staphylinidae. Esses besouros são importantes bioindicadores e podem ser utilizados no Manejo Integrado de Pragas (MIP), sendo, normalmente, amostrados utilizando *pitfalls*, com e sem isca. Algumas espécies de besouros da família Staphylinidae atuam como predadores de ovos de dípteros, enquanto outras são essenciais para a ciclagem de nutrientes e a manutenção do solo. Já os besouros da família Carabidae são importantes predadores da lagarta-da-soja, e algumas espécies contribuem para o controle de plantas daninhas ao se alimentarem de suas sementes. Este estudo tem como objetivo investigar os efeitos da categoria de armadilha, tipo de habitat e características da paisagem sobre a assembléia de besouros predadores em paisagens agrícolas de Mato Grosso.

Palavras-chaves: Carabidae, Staphylinidae, Manejo Integrado de Pragas.

## ABSTRACT

Brazil is considered one of the largest exporters of agricultural products in the world, with soybeans being the most prominent commodity due to their wide range of uses, particularly in the production of animal feed and biodiesel. The state of Mato Grosso is the national leader in soybean production. In the pursuit of increased productivity, Legal Reserve areas are under threat, as their ecological benefits are often poorly understood by landowners. These native forest areas adjacent to croplands support the presence of various organisms by providing shelter, breeding grounds, and other ecological functions. Some of these organisms offer essential benefits to agricultural systems, contributing to pollination, soil aeration and health, as well as biological control, and can be effectively sampled using *pitfall* traps, an efficient method for investigating the ecology of invertebrates. Biological control has gained increasing attention for its role in reducing the use of chemical pesticides. This method relies on the control of agricultural pests by their natural enemies. Among the organisms that fulfill this role, beetles from the families Carabidae and Staphylinidae stand out. These beetles are important bioindicators and can be used in Integrated Pest Management (IPM). Certain Staphylinidae species act as predators of dipteran eggs, while others play key roles in nutrient cycling and soil maintenance. Carabidae beetles are notable predators of the soybean looper (*Anticarsia gemmatilis*), and some species also contribute to weed control by feeding on their seeds. This study aims to investigate the effects of trap type, habitat type, and landscape characteristics on the assemblage of predatory beetles in agricultural landscapes of Mato Grosso.

Keywords: Carabidae, Staphylinidae, Integrated Pest Management.

## Introdução geral

A expansão de áreas agrícolas tem ocorrido de forma acelerada em diversas regiões do mundo, impulsionada pela crescente demanda por commodities agrícolas. Esse avanço, no entanto, impõe desafios à conservação da biodiversidade, especialmente em regiões com remanescentes de vegetação nativa. Como as áreas agrícolas já ocupam cerca de 32% da superfície terrestre (FAO, 2024), torna-se essencial compreender os impactos da conversão de habitats naturais sobre as comunidades biológicas, de modo a alinhar produção e conservação. A perda de espécies associadas a esses ambientes pode comprometer funções ecológicas relevantes, com efeitos indiretos sobre a própria produtividade agrícola.

Nesse cenário, a cultura da soja (*Glycine max* L.) assume papel central, tanto por sua importância econômica quanto pelo impacto territorial que exerce. Considerada uma das principais commodities globais, a soja é amplamente utilizada na alimentação humana e animal, além de ser empregada na produção de biocombustíveis (SENTELHAS et al., 2015). Entretanto, a expansão do seu cultivo tem levado à conversão direta de áreas de floresta em lavouras, com registros de transições imediatas após o desmatamento em diferentes regiões da Amazônia (SEIXAS et al., 2025).

Com um dos maiores potenciais produtivos do mundo, o Brasil destaca-se como principal produtor e exportador de soja, sendo o agronegócio responsável por cerca de 20% do Produto Interno Bruto do país (TOLOI et al., 2021). Na safra de 2021/22, o país liderou as exportações globais de soja (USDA, 2024). O estado de Mato Grosso, por sua vez, representa um dos maiores polos agrícolas do país, sendo responsável por 27% da produção nacional e atingindo, na safra de 2022/23, um total de 12,08 milhões de toneladas (ORMONDE et al., 2024). Contudo, o avanço da soja e de outras culturas agrícolas tem provocado alterações profundas nas paisagens naturais brasileiras, resultando na degradação ou perda de cobertura vegetal nativa e afetando biomas como o Cerrado e a Amazônia (FREITAS, 2021; RAMOS et al., 2023).

A fim de contornar a situação, foi implementado o Código Florestal que determinou a proteção de áreas de vegetação nativa em locais próximos às culturas (BRASIL, 2012). Essa legislação obriga os proprietários de áreas agrícolas a manter uma parcela de área nativa em suas propriedades, chamadas Áreas de Reserva Legal. Tais áreas protegem a biodiversidade local, e sua ausência acarreta diversas consequências

irreversíveis, como emissões substanciais de gases de efeito estufa, erosão e perda de solo, redução da resiliência dos rios, queda na qualidade da água e extinções em massa de espécies endêmicas ou ameaçadas (POWER, 2010). A vegetação nativa abriga espécies que prestam serviços ecossistêmicos essenciais à agricultura. Entre eles, destacam-se a polinização, o controle biológico de pragas e a decomposição da matéria orgânica. Esses processos favorecem a fertilidade do solo e aumentam a resiliência dos sistemas produtivos (METZGER et al., 2019).

Besouros são amplamente reconhecidos como bioindicadores eficazes por responderem rapidamente às alterações ambientais, refletindo mudanças na estrutura e na qualidade dos habitats (COMAR et al., 2016). Essa sensibilidade é comum entre os insetos, cujo sistema sensorial apurado permite detectar variações no ambiente, tornando-os ferramentas úteis na avaliação de impactos antrópicos e na qualidade ambiental (OLIVEIRA et al., 2014). A análise das famílias e espécies mais abundantes de coleópteros facilita o monitoramento ambiental, pois reduz as dificuldades na identificação de táxons raros, otimiza o tempo de análise e aprofunda o entendimento das interações entre a fauna e o meio, consolidando esses organismos como indicadores eficientes de condições ecológicas (ALVES et al., 2011). Entre os táxons mais utilizados com essa finalidade, destacam-se as famílias Carabidae e Staphylinidae.

Besouros carabídeos e estafilínídeos são bastante evidentes em agroecossistemas (MARTINS et al., 2012). Devido à sua natureza predatória, possuem potencial para controle de lagartas desfolhadoras da soja, que são pragas importantes da cultura (HADDAD et al., 2011; CIVIDANES et al., 2014). A riqueza e diversidade de espécies dessas famílias são influenciadas pela complexidade vegetal do ambiente (CORREIA et al., 2019), podendo desempenhar um papel importante no Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Os estafilínídeos possuem entre 1 e 35mm de comprimento, corpo alongado e élitros curtos (ROSS; MICHAEL, 2001). Apresentam hábitos bastante variados, sendo que muitas espécies vivem em excrementos, carniças e matéria orgânica vegetal ou animal em decomposição, onde atuam como predadores. Já os carabídeos são ágeis e eficazes, considerados predadores dominantes nos ecossistemas em que estão inseridos, desempenhando um papel importante na dinâmica de cadeias, além de apresentarem um amplo conjunto de especializações alimentares, dado por seu hábito generalista, que pode

incluir desde pequenos insetos e larvas até sementes de ervas daninhas (CIVIDANES, 2021).

As armadilhas do tipo *pitfall* consistem em potes que são enterrados no solo no nível da superfície, capturando organismos que caminham. Esse método de amostragem é simples e econômico, com vantagens em sua instalação rápida, facilidade no transporte e boa eficiência na captura de organismos da entomofauna edáfica (ARAÚJO et al., 2010), principalmente besouros Carabidae e Staphylinidae. Entretanto, ainda existe uma lacuna no conhecimento quanto ao uso de iscas na coleta desses besouros, uma vez que não há protocolos padronizados ou estudos que avaliem sistematicamente sua eficácia. Cividanes et al. (2014) realizaram a coleta de besouros Carabidae e Staphylinidae utilizando *pitfalls* sem isca para sua pesquisa e foram obtidos bons resultados. Já Comar et al. (2016) usaram *pitfalls* iscados e obtiveram diferentes respostas para os tipos de iscas, com maior riqueza e abundância de besouros estafilínídeos em iscas de fezes de porco e carne bovina moída.

Apesar de existirem muitos estudos sobre a coleta desses organismos, ainda há a necessidade de se estabelecer protocolos mais eficientes, especialmente no que diz respeito ao uso de iscas (ALVES et al., 2011; MARSH et al., 2013; CIVIDANES et al., 2014; COMAR et al., 2016; CORREIA et al., 2019; MARTINS; CIVIDANES, 2020). A ausência de um protocolo padronizado e eficaz para a coleta de besouros predadores limita comparações entre estudos e restringe o avanço no uso desses grupos como bioindicadores funcionais em paisagens agrícolas.

Características como a quantidade de habitat nativo, diversidade de usos do solo, e a distância entre fragmentos naturais e lavouras afetam a riqueza, abundância e até mesmo as características de vida dos Carabidae (KĘDZIOR; KOSEWSKA, 2022). A diversidade desses besouros tende a diminuir da borda para o interior dos cultivos, mas esse efeito pode variar conforme o tipo de cultura e os habitats ao redor, com inversões no padrão em cultivos de oleaginosas e culturas perenes (BOETZL et al., 2024). Entretanto, ainda se sabe pouco sobre como essas comunidades respondem às variações da paisagem em áreas tropicais agrícolas, como as lavouras de soja em Mato Grosso.

Além disso, compreender como as características da paisagem e o uso de iscas influenciam na estrutura das comunidades de Staphylinidae e Carabidae pode fornecer subsídios relevantes para o MIP, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis que conciliem conservação da biodiversidade com a produtividade. Dessa forma, este estudo busca preencher essa lacuna, ao analisar os fatores que influenciam na estrutura da

comunidade de besouros dessas famílias em áreas de cultivo de soja e habitat nativo adjacente, no estado de Mato Grosso, considerando o efeito do uso de iscas na coleta e a influência das características da paisagem na riqueza, abundância e composição dessas comunidades. O trabalho foi dividido em dois capítulos sendo: 1) Otimização de protocolo de amostragem: É viável coletar besouros predadores (Staphylinidae e Carabidae) utilizando armadilhas para besouros rola bostas (Scarabaeinae)? 2) Efeito da quantidade de habitat nativo sobre a diversidade de besouros predadores em plantações de soja.

### Referências bibliográficas

ALVES, S. S.; OLIVEIRA, R.; BARBOSA, V. O.; SOUZA, M. S.; BATISTA J. L. Staphylinidae e Silphidae (Coleoptera) como potenciais famílias bioindicadoras de qualidade ambiental. *Revista Eletrônica TECCEN*, [S. l.], dez. 2011. Disponível em: <https://editora.univassouras.edu.br/index.php/TECCEN/article/view/278>. Acesso em: 12 jul. 2025.

ARAÚJO, C. C.; NOMELINI, Q. S. S.; PEREIRA, J. M.; LIPORACCI, H. S. N.; KATAGUIRI, V. S. Comparação da abundância de invertebrados de solo por meio da estimação intervalar encontrados em diferentes ambientes na cidade de Ituiutaba-MG. *Bioscience Journal*, v. 26, n. 1, p. 817–823, 2010.

BOETZL, F. A.; SPONSLER, D.; ALBRECHT, M.; BATÁRY, P.; BIRKHOFER, K.; KNAPP, M.; KRAUSS, J.; MAAS, B.; MARTIN, E. A.; SIRAMI, C.; SUTTER, L.; BERTRAND, C.; BOSEM BAILLOD, A.; BOTA, G.; BRETAGNOLLE, V.; BROTONS, L.; FRANK, T.; FUSSE, M.; GIRALT, D.; GONZÁLEZ, E.; HOF, A. R.; LUKA, H.; MARREC, R.; NASH, M. A.; NG, K.; PLANTEGENEST, M.; POULIN, B.; SIRIWARDENA, G. M.; TSCHARNTKE, T.; TSCHUMI, M.; VIALATTE, A.; VAN VOOREN, L.; ZUBAIR-ANJUM, M.; ENTLING, M. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; SCHIRMEL, J. Distance functions of carabids in crop fields depend on functional traits, crop type and adjacent habitat: a synthesis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 291, art. 20232383, 2024. DOI: 10.1098/rspb.2023.2383.

BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 out. 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm). Acesso em: 28 jan. 2025.

CIVIDANES, F. J. Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) and biological control of agricultural pests in Latin America. *Annals of the Entomological Society of America*, v. 114, n. 2, p. 175–191, 2021.

CIVIDANES, F. J.; IDE, S.; RIBEIRO, A. A.; CIVIDANES, T. M. S. Potencial predatório de Carabidae e Staphylinidae (Coleoptera) sobre a lagarta-da-soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n. 8, p. 652–655, 2014.

COMAR, K. C.; VICENTE, T. S.; COPPO T. L.; LOPES, J.; ZEQUI, J. A. C. Abundância e diversidade de Staphylinidae (Coleoptera) em fragmento e reflorestamento no norte do Paraná. *EntomoBrasilis*, v. 9, n. 2, p. 114–119, 2016.

CORREIA, R. G.; OLIVEIRA, F. A.; SOUZA, L. S.; NEVES, R. L. P.; SENADO, J. A. V.; SANTOS, J. T. S.; BATISTA, T. F. V. Coleopterans prospection associated to forest ecosystems of *Swietenia macrophylla* (King), Eastern Amazonia. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 40, n. 5, p. 1775–1787, 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Land statistics 2001–2022 global, regional and country trends. Rome: FAO, 2024. p. 17.

FREITAS, E. P. Agronegócio e geopolítica do liberalismo transnacional: biodiversidade e soberania alimentar em risco na América do Sul. *Tramas y Redes*, n. 1, dez. 2021, p. 69–84. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/7223/722376024006/722376024006.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2025.

HADDAD, G. Q.; CIVIDANES, F. J.; MARTINS, I. C. F. Species diversity of myrmecofauna and araneofauna associated with agroecosystem and forest fragments and their interaction with Carabidae and Staphylinidae (Coleoptera). *Florida Entomologist*, v. 94, n. 3, p. 500–509, 2011.

KĘDZIOR, R.; KOSEWSKA, A. Landscape heterogeneity determines the diversity and life history traits of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Sustainability*, Basel, v. 14, n. 21, art. 13980, 2022. DOI: 10.3390/su142113980.

MARSH, C. J.; LOUZADA, J.; BEIROZ, W.; EWERS, R. M. Optimising bait for *pitfall* trapping of Amazonian dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae). *PLoS ONE*, v. 8, n. 8, e72865, 2013.

MARTINS, I. C. F.; CIVIDANES, F. J. Composição de Carabidae (Coleoptera) em área agrícola com sistema de rotação soja, milho e pousio. *Entomological Communications*, v. 2, p. 2–5, 2020.

MARTINS, I. C. F.; CIVIDANES, F. J.; IDE, S.; HADDAD, Q. Diversity and habitat preferences of Carabidae and Staphylinidae (Coleoptera) in two agroecosystems. *Bragantia*, v. 71, n. 4, p. 471–480, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052012005000039>.

METZGER, J. P.; BUSTAMANTE, M. M. C.; FERREIRA, J.; FERNANDES, G. W.; EMBID, F. L.; PILLAR, V. D.; PRIST, P. R.; RODRIGUES, R. R.; VIEIRA, I. C. G.; OVERBECK, G. E. Por que o Brasil precisa de suas reservas legais. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 17, n. 3, p. 104–116, 2019.

OLIVEIRA, M. A. GOMES, C. F. F.; PIRES, E. M.; MARINHO, C. G. S.; LUCIA T. M. C. D. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. *Revista Ceres, Viçosa*, v. 61, n. 7, 8 maio 2014.

ORMONDE, S. O.; PEREIRA, R. S.; PROCÓPIO, D. P. Risco econômico na produção de soja em Mato Grosso no período de 2016/17 a 2022/23. *Revista de Gestão e Secretariado*, v. 15, n. 9, e4141, 2024. DOI: 10.7769/gesec.v15i9.4141

POWER, A. G. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 365, n. 1554, p. 2959–2971, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0143>.

RAMOS, A. W. P.; AZEVEDO, U. R.; XAVIER, F. V.; NEVES, S. M. A. S.; GALVANIN, E. A. S. Padrões de desmatamento nos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal na bacia hidrográfica do Alto Paraguai, Mato Grosso - Brasil. *Revista Geografia Acadêmica*, v. 17, p. 136–158, 2023. Disponível em: <https://revistageoacademica.com/ojs/index.php/geografiaacademica/article/view/526>. Acesso em: 30 jan. 2025.

ROSS, H. A. J.; MICHAEL, C. T. Archostemata, Myxophaga, Adephaga, Polyphaga: Staphyliniformia. In: ARNETT, R. H.; THOMAS, M. C. (ed.). *American beetles*. Vol. 1. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 1–418.

SEIXAS, H. T.; SILVEIRA, H. L. F.; MENDES, A. P. S. F.; SOARES, F. S.; SILVA, R. F. B. Conversion from forest to agriculture in the Brazilian Amazon from 1985 to 2021. *Land*, Basel, v. 14, n. 2, p. 300, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/land14020300>.

SENTELHAS, P. C.; BATTIST, R.; CÂMARA, G. M. S.; FARIAS, R. B.; HAMPF, A. C.; NENDEL, C. The soybean yield gap in Brazil – magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. *The Journal of Agricultural Science*, v. 153, n. 8, p. 1394–1411, 2015.

TOLOI, M. N. V.; BONILLA, S. H.; TOLOI, R. C.; SILVA, H. R. O.; NAAS, I. A. Development indicators and soybean production in Brazil. *Agriculture*, v. 11, n. 11, 1122, 2021.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *Oilseeds: world markets and trade*. Washington, DC: USDA, 2024. Disponível em: <https://public.govdelivery.com/accounts/USDAFAS/subscriber/new>. Acesso em: 30 jan. 2025.

## Capítulo 1:

Otimização de protocolo de amostragem: É viável coletar besouros predadores (Staphylinidae e Carabidae) utilizando armadilhas para besouros rola-bostas (Scarabaeinae)?

[Environmental Entomology]

### Resumo

Em programas de monitoramento ambiental, otimizar protocolos de coleta é fundamental para gerar dados consistentes com menor custo e esforço. Os besouros (Coleoptera) são um grupo de insetos bem distribuídos, com muitas famílias que são utilizadas em pesquisas ambientais e monitoramentos. Dentre as famílias mais estudadas, destacam-se os besouros rola-bostas, organismos cujo protocolo amostral já é bem estabelecido e amplamente aplicado. Considerando isso, surge o interesse em investigar se os mesmos métodos usados para coletar rola-bostas também podem ser eficientes para outros grupos funcionais importantes, como Carabidae e Staphylinidae. Esses grupos, amplamente distribuídos e sensíveis a alterações ambientais, são reconhecidos como bioindicadores eficazes e possuem amostragem facilitada por meio de armadilhas de queda (*pitfall traps*). No entanto, ainda há lacunas quanto à eficácia do uso de iscas para sua coleta. Carabídeos e estafilínídeos são frequentemente encontrados em ambientes agrícolas, como lavouras de soja, onde contribuem para o Manejo Integrado de Pragas (MIP). Assim, otimizar protocolos de coleta para esses grupos é essencial para melhorar o conhecimento sobre sua diversidade e distribuição. Este estudo teve como objetivo avaliar a riqueza, abundância e composição de besouros predadores coletados em armadilhas do tipo *pitfall*, com e sem isca (fezes humanas), instaladas em dois tipos de habitat: nativo e cultivo de soja. As coletas foram realizadas em 44 pontos distribuídos em fazendas no estado de Mato Grosso. Em cada ponto, dois transectos foram estabelecidos, contendo armadilhas iscadas e não iscadas. Os resultados mostraram diferenças na riqueza, abundância e composição entre os tipos de armadilhas, com maior número de estafilínídeos nas iscadas e de carabídeos nas não iscadas. Esses achados indicam que o uso de iscas pode aumentar a eficiência na captura de Staphylinidae, e, no caso dos Carabidae, a não utilização pode ser benéfica para a presença destes organismos. Dessa forma, temos condições mais específicas para a coleta desses grupos, o que pode ser útil na padronização de protocolos de amostragem em estudos de diversidade funcional e monitoramento ambiental.

Palavras-chave: Comunidades de solo, bioindicadores, esforço de amostragem, *pitfalls*, iscas.

## Abstract

In environmental monitoring programs, optimizing sampling protocols is essential to generate consistent data with lower cost and effort. Beetles (Coleoptera) are a well-distributed group of insects, with many families used in environmental research and monitoring. Among the most studied families are dung beetles, organisms whose sampling protocol is already well established and widely applied. Considering this, there is interest in investigating whether the same methods used to collect dung beetles can also be effective for other important functional groups, such as Carabidae and Staphylinidae. These groups, widely distributed and sensitive to environmental changes, are recognized as effective bioindicators and are easily sampled using *pitfall* traps. However, there are still gaps regarding the effectiveness of using baits for their collection. Carabids and staphylinids are frequently found in agricultural environments, such as soybean crops, where they contribute to Integrated Pest Management (IPM). Thus, optimizing sampling protocols for these groups is essential to improve knowledge about their diversity and distribution. This study aimed to evaluate the richness, abundance, and composition of predatory beetles collected in *pitfall* traps, with and without bait (human feces), installed in two types of habitats: native and soybean cultivation. Collections were carried out at 44 sampling points distributed across farms in the state of Mato Grosso. At each point, two transects were established, containing baited and unbaited traps. The results showed differences in richness, abundance, and composition between the types of traps, with a higher number of staphylinids species in baited traps and carabids in unbaited ones. These findings indicate that the use of bait can increase the efficiency of capturing Staphylinidae, while in the case of Carabidae, unbaited traps may be more beneficial for their presence. In this way, we obtain more specific guidelines for sampling these groups, which may be useful for standardizing sampling protocols in studies of functional diversity and environmental monitoring.

**KEYWORDS:** Soil communities, bioindicators, sampling effort, *pitfalls*, baits.

## 1. Introdução

A ordem Coleoptera representa um dos grupos de insetos mais diversos e amplamente distribuídos, tanto em termos de morfologia quanto de nichos ecológicos, desempenhando papéis fundamentais nos ecossistemas (MCKENNA et al., 2015). Eles prestam diversos serviços ecológicos, como polinização, dispersão de sementes, decomposição e predação (MOURA et al., 2022; LIMA et al., 2015; CIVIDANES; YAMAMOTO, 2002; CIARLEGLIO et al., 2020). Diante dessa diversidade funcional e ecológica, compreender a composição e dinâmica das comunidades de besouros é essencial para a conservação da biodiversidade, especialmente em ambientes sujeitos a alterações antrópicas, como as paisagens agrícolas. Para isso, é fundamental o uso de métodos de amostragem eficientes, que reflitam com precisão a presença e a função ecológica desses organismos.

Os coleópteros apresentam alto potencial como indicadores biológicos devido à sua sensibilidade a alterações ambientais, o que os torna úteis para detectar perturbações nos habitats (PRADO et al., 2009). Diversos métodos amostrais são utilizados para sua coleta, como a extração de serapilheira (Berlese–Tullgren), eficaz para besouros menores (ARENHARDT et al., 2017), armadilhas de interceptação de voo, que capturam besouros em deslocamento aéreo (GANHO; MARINONI, 2003), e armadilhas de funil tipo Lindgren, eficientes para besouros voadores (LINDGREN, 1983). No entanto, o método mais amplamente empregado na coleta de invertebrados são as armadilhas de solo (*pitfall traps*) (GREENSLADE, 1964), devido à sua praticidade, baixo custo e eficácia (IANNUZZI; LIBERAL; SOUZA et al., 2021), sendo amplamente utilizadas em pesquisas científicas, monitoramentos ambientais e consultorias.

Vários estudos já demonstraram que a entomofauna edáfica pode ser facilmente amostrada através de *pitfalls* (TEIXEIRA; HOFFMANN; SILVA-FILHO, 2009). A presença e o tipo de isca no *pitfall* pode influenciar a composição das espécies capturadas, sendo ajustados conforme o grupo de interesse (ARAÚJO et al., 2005; GRODSKY et al., 2018). Por exemplo, em estudos com formigas, utiliza-se sardinha ou nenhuma isca (SHEN et al., 2023; COSTA et al., 2024). Enquanto para besouros rola-bosta são comuns fezes humanas (MACHADO et al., 2023). Taki e Watanabe (2009) observaram ainda que a presença da isca pode influenciar a proporção sexual dos besouros capturados. Além dos grupos-alvo, os *pitfalls* frequentemente registram outros táxons, como aranhas,

opiniões e dípteras (GARCIA et al., 2004). Duas famílias comumente registradas em *piffals* são Carabidae e Staphylinidae.

Os Carabidae compreendem mais de 40.000 espécies no mundo, com 1.809 registradas no Brasil, distribuídas em 194 gêneros (GOMEZ; MÁRQUEZ; PONCE, 2022; MORAES; MENDONÇA; OTT, 2013). Como predadores dominantes, desempenham um papel crucial na regulação das cadeias tróficas nos ecossistemas em que estão presentes. Os carabídeos apresentam um amplo conjunto de especializações alimentares, podendo variar de pequenos artrópodes, larvas, e até sementes de ervas daninhas (LUCKY; ERWIN; WITMAN, 2002). Os integrantes dessa família desempenham um papel crucial no controle de pragas agrícolas, sendo predadores naturais de diversos insetos que são considerados prejudiciais para as culturas (CIVIDANES; CIVIDANES, 2008a).

Algumas espécies de carabídeos funcionam como bioindicadores, associadas à ciclagem de nutrientes e à decomposição de matéria orgânica (KOIVULA, 2011). Em função dessa dieta generalista, a utilização de iscas representa uma estratégia potencialmente eficaz na amostragem desses organismos, uma vez que pode atrair presas naturais que compõem sua alimentação, favorecendo sua captura. Por serem organismos edáficos, tendem a se concentrar em áreas não agrícolas, especialmente fora da estação de cultivo (CIVIDANES, 2021). Em paisagens agrícolas, os Carabidae frequentemente se concentram em áreas periféricas às lavouras, como faixas de vegetação nativa e campos de vegetação secundária, onde encontram refúgio e recursos alimentares (CIVIDANES et al., 2008b). Portanto, a comparação de métodos de amostragem com e sem isca pode revelar a importância de incluir iscas em áreas onde os besouros possam ser mais dispersos ou menos visíveis em armadilhas.

A família Staphylinidae, uma das maiores de Coleoptera, inclui mais de 67.000 espécies em 37 subfamílias (GUZMAN et al., 2024), sendo 2.688 espécies e 453 gêneros registrados no Brasil (ASENJO et al., 2013). Os adultos variam de tamanho entre 1-35 mm de comprimento, possuem corpo alongado e élitros curtos (NEWTON et al., 2000). Os Staphylinidae incluem predadores generalistas, micófagos, saprófagos e parasitoides (GRUSS et al., 2018), sendo associados à serapilheira e ambientes ricos em matéria orgânica, além de estarem presentes em diversos tipos de habitat, inclusive em lavouras de soja (CORREIA et al., 2019; CIVIDANES et al., 2014). Devido a sua associação e

alimentação, a utilização de iscas no *pitfall* pode ser uma boa estratégia para o levantamento de espécies dessa família.

Os besouros das famílias Carabidae e Staphylinidae podem contribuir para a sustentabilidade ao promoverem a conservação ambiental, redução no uso de pesticidas e manutenção da qualidade do solo (WANG et al., 2021; JASIM et al., 2024; SALDANHA et al., 2022). Apesar de sua relevância ecológica, ainda não há protocolos amostrais específicos para sua coleta (CIVIDANES et al., 2008b). A definição de um protocolo amostral é fundamental para estudos de ecologia de insetos, pois permite a comparação entre as pesquisas, além de garantir a otimização dos trabalhos de campo. Como exemplo, podemos citar os trabalhos com os besouros rola-bostas (Scarabaeinae), que apresentam um protocolo bem definido com a utilização de armadilhas *pitfall* com isca (MARSH et al., 2013, MORA-AGUILAR et al., 2023). Por isso, são amplamente utilizados em estudos ecológicos e de biomonitoramento (BROWN; MATTHEWS, 2016; SILVA; HERNÁNDEZ, 2015). Considerando que esse protocolo já é amplamente aplicado e padronizado, investigar se os mesmos métodos também capturam Carabidae e Staphylinidae abre a possibilidade de integrar coletas em um único esforço amostral, tornando os levantamentos mais eficientes e economicamente viáveis.

O estado de Mato Grosso, líder nacional de produção de soja (IBGE, 2024), dispõe de grandes áreas de cultivo que vêm substituindo as áreas de vegetação nativas por áreas agrícolas, em decorrência do aumento da demanda por alimentos (FAO, 2020). Nesse processo, remanescentes de vegetação nativa são mantidos como área de reserva legal cercados por extensas áreas de monocultura. Apesar dos impactos desse processo de conservação sobre a biodiversidade, as paisagens agrícolas da região abrigam um elevado número de espécies de insetos, tanto no habitat nativo quanto nas lavouras (PRZYBYSZEWSKI et al., 2022; MACHADO et al., 2023). Esses dois ambientes são bem diferentes com relação a composição, microclima e intensidade de manejo. Portanto, em agroecossistemas, a eficiência da presença da isca das armadilhas deve ser avaliada nesses dois tipos de ambiente.

Diante disso, levantamos a hipótese de que armadilhas *pitfall* iscadas com fezes humanas, tradicionalmente usadas para a captura de Scarabaeinae, também podem ser eficazes para amostrar besouros predadores (Carabidae e Staphylinidae), otimizando esforços amostrais em diferentes habitats. Deste modo, este estudo busca analisar o efeito da presença de isca (Fezes humana) nas armadilhas *pitfall* sobre a riqueza, abundância e

composição de besouros das famílias Carabidae e Staphylinidae, coletados em habitat nativo e lavouras de soja. Com isso, poderemos maximizar esforços de campo, utilizando os *pitfalls* para besouros rola-bostas (Scarabaeidae: Scarabaeinae) com fezes humanas para coletas de besouros das famílias Carabidae e Staphylinidae. Isso auxiliará no desenvolvimento de protocolos amostrais mais eficientes em diferentes tipos de habitats, como os remanescentes de habitat nativo e as lavouras de soja, estabelecendo métodos eficazes para a amostragem de diversos grupos de besouros.

## **2. Material e métodos**

### **2.1. Área de Estudo**

A área de estudo se concentra no estado de Mato Grosso, localizado na região Centro-Oeste, do Brasil. Nossa área de estudo possui estações climáticas bem definidas com características inverno seco e verão/outono quentes e chuvosos, com temperaturas que podem atingir 40°C nos dias mais quentes com precipitação anual variando entre 1000 mm a 1800mm (SOUZA et al., 2013). A média anual de temperaturas é de 28°C a aproximadamente 33°C contudo, a sensação térmica pode ser reduzida com o adicional de cobertura vegetal, favorecendo a presença de organismos de grande importância ecológica, tais como os besouros, carabídeos e estafilínídeos.

No total, foram amostrados 44 pontos distribuídos em fazendas nos municípios de Brasnorte (9), Campo Novo do Parecis (10), Diamantino (4), Nova Maringá (6), Nova Marilândia (1), Santo Afonso (1), Sapezal (6) e Tangará da Serra (7) (Figura 1). Estes municípios possuem fitofisionomias características dos biomas Cerrado e Amazônia.

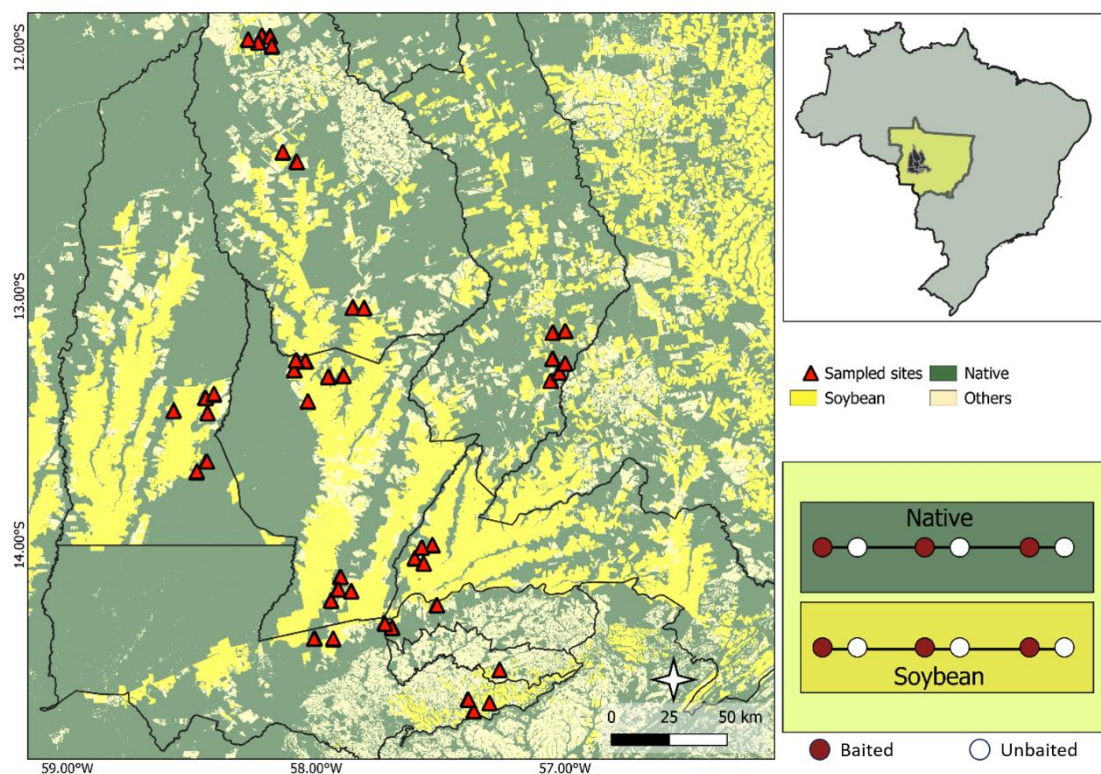


Figura 1 - Mapa dos municípios e tipo de uso do solo no Estado de Mato Grosso, local de amostragem dos besouros. A figura do lado inferior direito, se refere a configuração das armadilhas, sendo marrom para armadilhas com isca, e branco para armadilhas sem isca.

## 2.2. Amostragem de insetos e identificação taxonômica

As coletas dos insetos ocorreram entre os períodos de novembro de 2017 e dezembro de 2020, durante a estação chuvosa, período de maior atividade de organismos coleópteros (CASSENTE et al., 2019), vinculadas ao Projeto Rede de Biotecnologia Aplicada aos Serviços e Desserviços da Biodiversidade à Agricultura no Cerrado e na Amazônia - BioAgro (Edital FAPEMAT, N°. 037/2016). Em cada ponto amostral, foram delimitados dois transectos lineares de 100m de comprimento, um por paisagem (Nativo e Cultivo), ambos localizados a 150m da borda nativa. Ao longo de cada transecto, foram instaladas três unidades amostrais equidistantes 50m em linha. Em cada unidade amostral foi instalado um par de armadilhas do tipo *pitfall*, a 10m de distância entre si, um com e outro sem isca. Para as armadilhas com isca foram utilizadas aproximadamente 20g de fezes humanas. Os potes utilizados para as armadilhas possuíam capacidade para 1000ml (11 cm de profundidade e 14 cm de diâmetro). A solução utilizada foi uma mistura de água, sal e detergente neutro 9%, despejada em 1/4 do recipiente.

Para as armadilhas com isca, foi posto um pequeno copo (50ml) suspenso por arame. As armadilhas foram ajustadas de maneira que a borda dos potes ficasse alinhada à superfície do solo e para protegê-las da chuva e do sol foi adicionada uma proteção suspensa a 15 cm de altura do recipiente plástico. As armadilhas ficaram expostas por um período de 48 horas. Após esse processo, o conteúdo foi armazenado em sacos plásticos contendo etanol 98%. A partir dessa configuração, foi possível avaliar o efeito que a isca exerce na presença de besouros das famílias Carabidae e Staphylinidae.

As coletas ocorreram durante as fases R1 (floração) e R7 (maturidade fisiológica) da soja (CÂMARA et al., 1997), como um método de padronização do período de coletas. A identificação taxonômica foi realizada pelo taxonomista Dr. Ayr de Moura Bello até o nível de espécie. O material foi depositado na coleção entomológica da Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra.

### 2.3. Análise de dados

Para avaliar a eficiência amostral e comparar a riqueza de espécies entre as categorias de armadilha, foram construídas curvas de rarefação e extrapolação utilizando a função *ggiNEXT* do pacote *iNEXT* (HSIEH et al., 2016). As curvas foram geradas com base na abundância dos indivíduos capturados, separando as armadilhas com isca (baited) e sem isca (unbaited) em cada tipo de habitat (cultivo de soja e habitat nativo). A análise permitiu estimar a riqueza esperada e visualizar os intervalos de confiança por meio das áreas sombreadas (desvios padrão), possibilitando a comparação da riqueza observada e estimada entre as diferentes categorias de armadilha.

Para testar se a presença da isca teve efeito sobre a riqueza (número de espécies) e abundância (número de indivíduos), foram utilizados Modelos Lineares Generalizados (GLM) com a função *glm* do pacote *MuMIn*. As análises foram conduzidas separadamente para as famílias Carabidae e Staphylinidae e para os dois habitats (Nativo e Cultura). Adotamos a distribuição de Poisson por se tratar de dados de contagem (abundância e riqueza), cuja suposição de média  $\approx$  variância foi avaliada por meio do índice de dispersão (razão entre a deviance residual e os graus de liberdade), que indicou adequação do modelo (ZUUR et al., 2009).

Posteriormente, utilizou-se a função *summ* do pacote *jtools* (LONG, 2024), a fim de obter resumos estatísticos detalhados dos modelos, incluindo o cálculo do  $R^2$  de

McFadden, baseado no poder de explicação da *deviance* utilizado como medida de qualidade de ajuste dos modelos.

Para visualizar as diferenças na composição de espécies entre os tipos de armadilhas, foram utilizadas Análises de Coordenadas Principais (PCoA) utilizando os dados de abundância (Log10+1) e índice de distância de Bray-Curtis. Para isso, utilizamos a função *vegdist* do pacote *vegan* (OKSANEN; BLANCHET, MINCHIN 2017). Para analisar o efeito da categoria de armadilha sobre a composição de espécies, utilizamos a Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA), função *adonis* (ANDERSON, 2001). Posteriormente foi utilizada análise de dispersão permutacional (Multivariate homogeneity of groups dispersions: PERMDISP) (ANDERSON; ELLINGSEN; MCARDLE, 2006). Esta análise testa a diferença na dispersão da composição de espécies (homogeneidade da variância) entre as armadilhas com e sem isca. Para isso, usamos a função *betadisper* do pacote *vegan*.

A análise de espécies indicadoras foi realizada com o método IndVal (DUFRÊNE; LEGENDRE, 1997) utilizando o pacote *indicspecies*. As análises foram feitas separadamente para Carabidae e Staphylinidae, em áreas de cultivo e habitat nativo. Utilizou-se a função *multipatt* com 999 permutações para identificar espécies associadas significativamente aos grupos de armadilhas. Foram extraídas a frequência relativa e a abundância relativa das espécies por grupo. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R.

### 3. Resultados

Foram coletados um total de 1.594 indivíduos, distribuídos em 172 espécies. A família Carabidae apresentou uma abundância de 683 indivíduos, distribuídos em 57 espécies. Nas armadilhas com isca, foram capturados 214 indivíduos, com uma riqueza de 23 espécies, enquanto nas armadilhas sem isca a abundância foi de 469 indivíduos, com 34 espécies. Já a família Staphylinidae teve 911 indivíduos, distribuídos em 116 espécies. As armadilhas com isca capturaram 809 indivíduos e 83 espécies, enquanto as sem isca registraram 102 indivíduos e 33 espécies.

#### 3.1 Eficiência amostral

As curvas indicam que a riqueza observada e estimada entre as categorias de armadilha demonstra padrões distintos, com diferenças para cada família avaliada (Figura 2). Na soja, a curva de rarefação para Carabidae revelou maior riqueza acumulada nas

armadilhas sem isca, em comparação com as iscadas (Figura 2A). Em áreas com vegetação nativa, o padrão se inverteu: armadilhas com isca apresentaram maior riqueza registrada, enquanto aquelas sem isca demonstraram menor eficiência (Figura 2B).

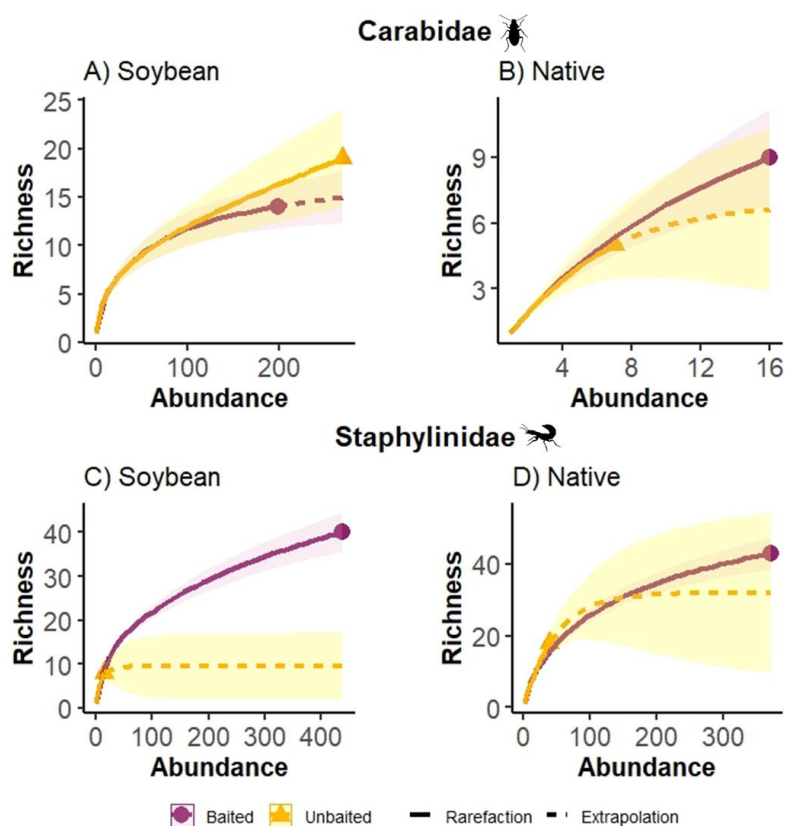


Figura 2 - Curvas de rarefação e extrapolação da riqueza de besouros Carabidae e Staphylinidae, obtidas por armadilhas do tipo *pitfall* com isca (roxo) e sem isca (laranja), em áreas de cultivo de soja (A e C) e habitat nativo (B e D).

Para Staphylinidae, no cultivo da soja, a riqueza acumulada foi expressivamente maior nas armadilhas com isca em relação às não iscadas (Figura 2C). No habitat nativo, ambas as curvas apresentaram valores semelhantes, mas as armadilhas com isca ainda resultaram em maior riqueza, e mesmo com esforço adicional, as armadilhas sem isca tendem a capturar menos espécies (Figura 2D).

### 3.2. Efeito da isca para Carabidae

A presença da isca teve efeito para abundância em ambos os habitats e para riqueza no cultivo. Para a abundância de Carabidae em áreas nativas, a presença da isca causou a redução do número de indivíduos ( $p < 0,05$ ;  $R^2 = 0,12$ ). As armadilhas sem isca capturaram 33 indivíduos, enquanto as com isca coletaram apenas 16 indivíduos (Figura 3B). Resultado similar foi observado na cultura, onde a presença da isca causou a redução



Para Carabidae, a presença da isca não teve efeito sobre a composição de espécies, tanto para soja (Figura 3E;  $R^2=0,02$ ;  $F=2,12$ ;  $p=0,05$ ) quanto para as áreas nativas (Figura 3F;  $R^2=0,04$ ;  $F=1,3$ ;  $p>0,05$ ).

### 3.3. Efeito da isca para Staphylinidae

Para Staphylinidae, no cultivo de soja, a armadilha com isca capturou 459 indivíduos, enquanto a sem isca registrou apenas 21, com efeito positivo da presença da isca sobre a abundância ( $p < 0,05$ ;  $R^2 = 0,63$ ) (Figura 4A). Resultado similar foi observado no habitat nativo, onde as armadilhas com isca coletaram 371 exemplares, e as sem isca apenas 81, demonstrando efeito positivo para a presença de isca ( $p < 0,05$ ;  $R^2=0,29$ ) (Figura 4B).

Em relação à riqueza, no cultivo, a armadilha com isca capturou 40 espécies e a sem isca apenas nove, indicando efeito positivo da presença da isca ( $p < 0,05$ ;  $R^2 = 0,60$ ) (Figura 4C). No habitat nativo, a riqueza foi maior nas armadilhas com isca (43 espécies) em comparação com as sem isca (24) ( $p < 0,05$ ;  $R^2 = 0,26$ ) (Figura 4D).

Para Staphylinidae a presença da isca ocasionou variação da composição de espécies tanto para soja (Figura 4E;  $R^2=0,27$ ;  $F=26,8$ ;  $p<0,05$ ), quanto para as áreas nativas (Figura 4F;  $R^2=0,17$ ;  $F=12,5$ ;  $p<0,05$ ).

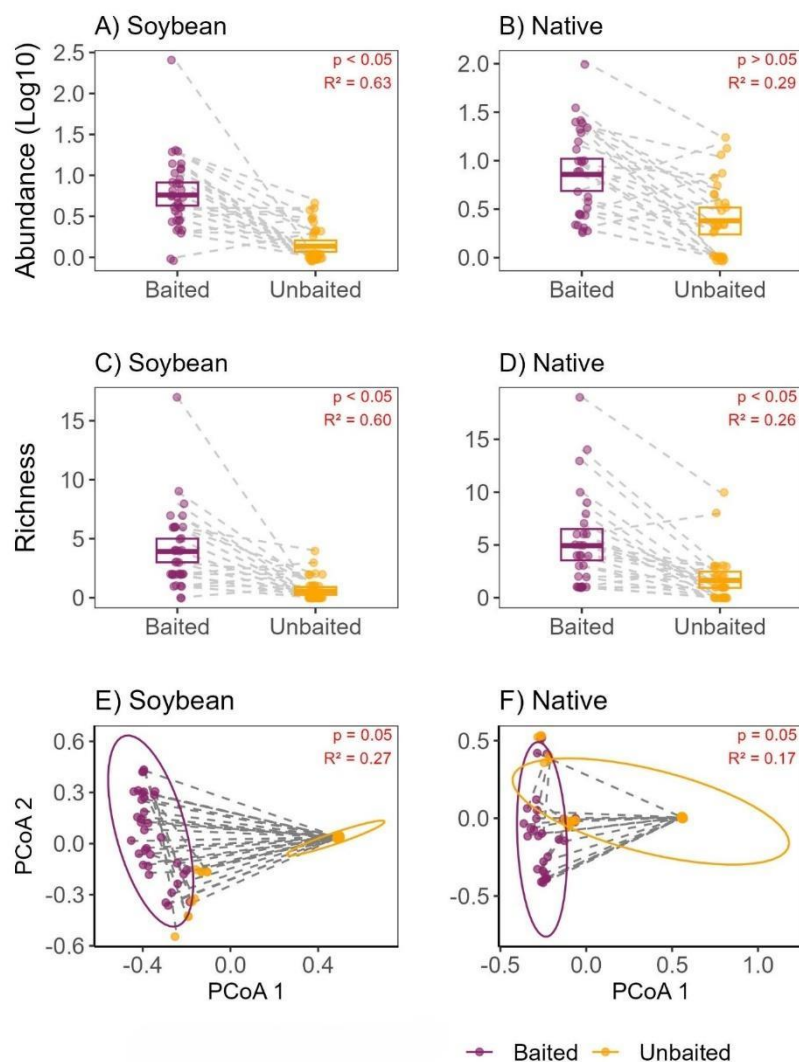


Figura 4 - Abundância, riqueza e composição de espécies de besouros Staphylinidae coletados em áreas nativas e áreas de cultivo de soja, utilizando armadilhas do tipo *pitfall* com isca (roxo) e sem isca (laranja). As subfiguras A–D mostram a abundância (log10) e a riqueza de espécies nos dois tipos de habitat, enquanto as subfiguras E–F representam a composição de espécies por meio de análises de ordenação (PCoA).

### 3.4 Implicações da isca sobre as espécies

Entre os Carabidae, as armadilhas sem isca registraram maior abundância de *Selenophorus alternans* (200), *Tetracha brasiliensis* (111), *Galerita collaris* (66), *Odontocheila cayennensis* (27) e *Calosoma castida alternans* (24). Nas armadilhas com isca, destacaram-se *Selenophorus alternans* (68), *T. brasiliensis* (64), *G. collaris* (34), *C. castida alternans* (21) e *Distichus (lophogenius) sp 1* (13). Apesar da variação na abundância, nenhuma das 30 espécies de Carabidae apresentou associação exclusiva com armadilhas iscadas ou não iscadas, indicando baixa seletividade na categoria de armadilha.

Já para a família Staphylinidae, nas armadilhas iscadas, destacaram-se *Aleochara* (Xenochara) sp. 2 (307 indivíduos), *Oligotergus* sp. 1 (140), *Eulissus rutilus* (128), *Neohypnus* sp. 1 (127) e *Atheta* sp. 2 (101). Nas armadilhas sem isca, as espécies mais abundantes foram *Neohypnus* sp. 1 (56), *Platydracus femoratus* (22), *Xantholinus* sp. (22), *Tetradonia* sp. (10) e *Acrotona* sp. 1 (9). Além disso, das 73 espécies de Staphylinidae registradas, sete foram associadas exclusivamente às armadilhas iscadas no habitat nativo (*Aleochara* (X) sp. 2, *Neohypnus* sp. 1, *Oligotergus* sp. 1, *Platydracus* sp. 3, *E. rutilus*, *Platydracus* sp. 4, *P. femoratus*), e outras sete estiveram associadas às armadilhas iscadas em cultivo de soja (*Aleochara* (X) sp. 2, *Oligotergus* sp. 1, *Philonthus flavolimbatus*, *Belonuchus docilis*, *Philonthus* sp. 2, *Aleochara* (Coprochara) sp. 1, *Belonuchus rufipennis*).

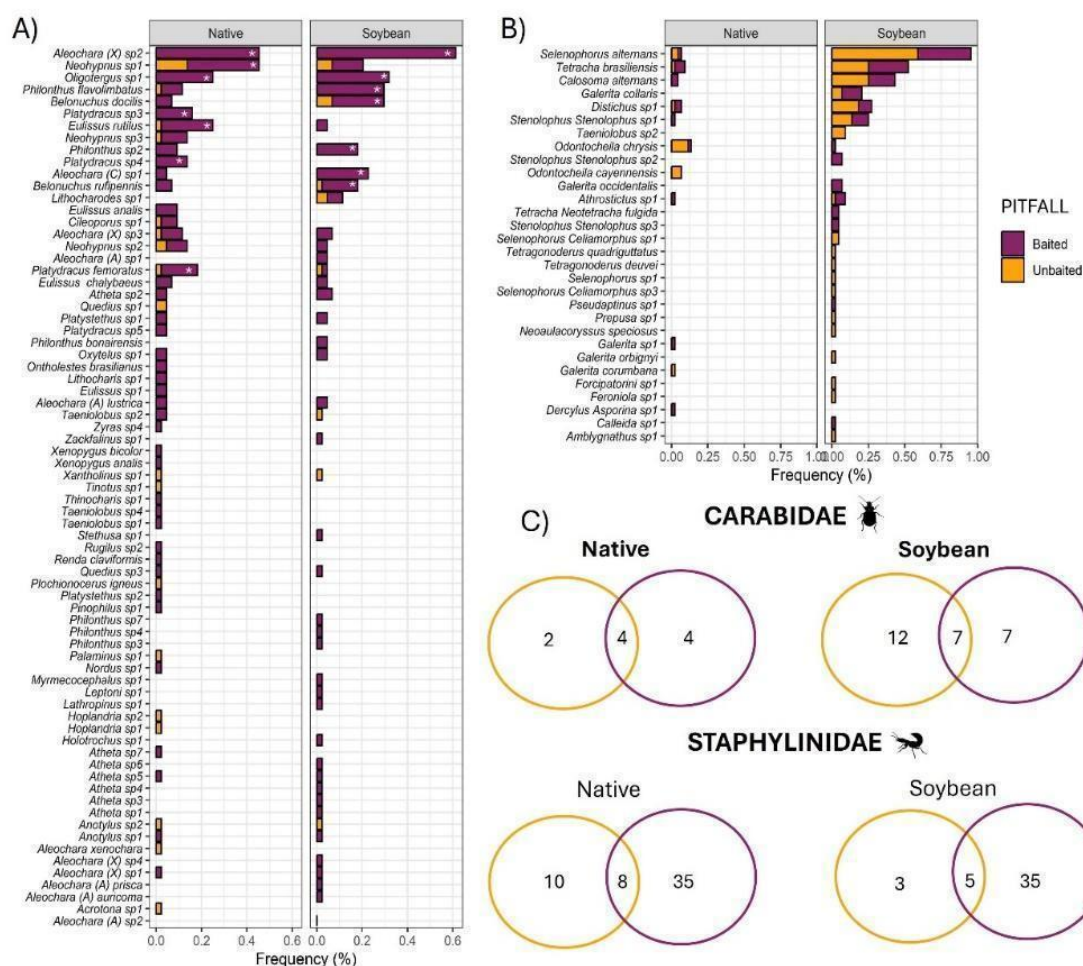


Figura 5 - Espécies de besouros predadores capturadas por armadilhas de queda (pitfall) com isca (roxo) e sem isca (laranja) em habitats nativos e lavouras de soja. (A) Frequência relativa de espécies da família Staphylinidae por categoria de armadilha e habitat; asteriscos indicam espécies significativamente associadas a um dos tipos de armadilha. (B) Frequência relativa de espécies da família Carabidae, nas mesmas condições descritas em (A). (C) Diagramas de Venn indicando o número de espécies exclusivas e compartilhadas entre armadilhas com e sem isca em cada habitat, para as famílias Carabidae (acima) e Staphylinidae (abaixo).

Espécies como *S. alternans* e *T. brasiliensis* ocorreram com alta frequência em ambos os tipos de armadilha, sugerindo que não possuem preferência marcante pela presença ou ausência da isca. Em contraste, *Aleochara* (X) sp. 2 e *E. rutilus* mostraram preferência pelas armadilhas iscadas, indicando possível atração à isca (Figura 5).

#### 4. Discussão

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito do uso de isca em armadilhas *pitfall* sobre a captura de besouros predadores das famílias Carabidae e Staphylinidae. Os resultados obtidos indicam que a presença e ausência da isca influenciou a riqueza e abundância, embora de forma distinta entre as duas famílias.

##### 4.1. Carabidae: implicações da presença da isca

Os resultados deste estudo indicam que armadilhas *pitfall* sem isca foram mais eficientes na captura de besouros da família Carabidae, tanto em termos de abundância nos dois habitats amostrados, quanto de riqueza, particularmente na lavoura de soja. Essa diferença pode estar relacionada ao comportamento de forrageamento dos carabídeos, que são predadores ativos do solo, explorando o ambiente em busca de presas, e não são atraídos por recursos coprófagos como fezes (LÖVEI; SUNDERLAND, 1996). A captura em armadilhas *pitfall* reflete tanto da atividade locomotora dos indivíduos quanto a densidade populacional, então espécies mais abundantes com alta atividade no solo tem maior probabilidade de serem registradas. Além disso, estudos experimentais demonstraram que a eficiência de captura em armadilhas *pitfall* varia significativamente entre espécies de Carabidae, independentemente do tamanho corporal ou velocidade de deslocamento, sugerindo que características comportamentais específicas influenciam a suscetibilidade à captura (HALSALL; WRATTEN, 1988). Seldon e Beggs (2010) também observaram que armadilhas iscadas não aumentaram a captura de carabídeos, reforçando que a ausência de isca não compromete a eficiência de amostragem deste grupo e pode, em alguns casos, ser preferível para evitar interferências comportamentais ou competição com outros grupos atraídos pela isca.

Embora iscas coprófagas sejam amplamente utilizadas para atrair besouros que se alimentam de matéria fecal, como os Scarabaeinae (MARSH et al., 2013), os resultados deste estudo indicam que, para os besouros predadores da família Carabidae, a adição desse tipo de atrativo não resultou em alterações significativas na composição das espécies capturadas. Esse padrão pode estar relacionado ao hábito alimentar desses

predadores, que caçam ativamente outros invertebrados no solo e não respondem diretamente a esse tipo de recurso. Além disso, a presença da isca coprófaga pode introduzir viés ao atrair grupos não desejados ou até mesmo inibir a presença de predadores. Esse efeito foi observado por Przybyszewski et al. (2020), que relataram mudanças na composição e redução na riqueza de formigas em armadilhas com isca fecal. No entanto, a ausência de diferença na composição da fauna de Carabidae neste estudo pode refletir, não apenas as preferências comportamentais das espécies, mas também limitações metodológicas das armadilhas *pitfall*. Esse tipo de armadilha favorece espécies com maior mobilidade no solo (SPENCE; NIEMELÄ, 1994), e tende a ser seletiva, capturando preferencialmente determinados grupos em detrimento de outros (ANDERSEN, 1995).

Dessa forma, tanto o comportamento dos besouros quanto a natureza do método de amostragem podem ter contribuído para a similaridade observada na composição entre armadilhas com e sem isca. Esses resultados reforçam a importância de alinhar a escolha da isca com o hábito alimentar do grupo alvo, a fim de evitar distorções na representatividade da comunidade amostrada.

#### **4.2. Staphylinidae: implicações da presença da isca**

Os resultados deste estudo demonstram que a adição de isca coprófaga nas armadilhas *pitfall* teve um efeito positivo tanto na riqueza quanto na abundância de Staphylinidae, em ambos os habitats amostrados. Isso sugere que os Staphylinidae respondem à presença de recursos orgânicos em decomposição, como fezes humanas, o que está de acordo com os hábitos alimentares de muitos representantes da família. Essa resposta pode estar associada à ampla diversidade funcional do grupo, que inclui espécies detritívoras, coprófagas e predadoras (ASENJO et al., 2013). Gêneros como *Oligotergus*, *Philonthus* e *Platydracus* são frequentemente encontrados em microhabitats ricos em matéria orgânica, como esterco e carcaças (PIETRYKOWSKA-TUDRUJ; STANIEC, 2011; MORALES; ASTUDILLO, 2012; KHILKOVICH; SHABALIN, 2023), o que pode explicar seu aumento em armadilhas com isca. Além disso, predadores como *Aleochara* spp. e *Neohypnus* spp., que consomem ovos e larvas de dípteros (MOORE; LEGNER, 1971; FRANK; THOMAS, 1999), também podem ser atraídas indiretamente pela presença de presas associadas à isca. A maior diversidade registrada, com 116 espécies ao todo, representa cerca de 89% das espécies conhecidas para o Estado de Mato Grosso (ASENJO et al., 2013), reforçando o potencial da isca coprófaga para maximizar

a eficiência amostral da família. Assim, os resultados reforçam que a isca coprófaga pode ser uma ferramenta útil para ampliar a detecção de espécies de Staphylinidae, sobretudo em áreas agrícolas.

Os resultados deste estudo indicam que a composição de espécies de Staphylinidae foi afetada pela presença de isca, em ambos os habitats amostrados, com maior relevância para a áreas de cultivo de soja do que no habitat nativo. A sensibilidade da composição ao uso de isca pode estar relacionada à diversidade de hábitos alimentares presentes na família, que inclui espécies predadoras, necrófagas, coprófagas e até micófagas (NAVARRETE-HEREDIA et al., 2002; THAYER, 2005). Espécies necrófagas ou coprófagas, por exemplo, podem ser mais atraídas por iscas orgânicas como fezes humanas, alterando o conjunto de espécies capturadas em relação às armadilhas sem isca (HANSKI; CAMBEFORT, 1991; FRANK; THOMAS, 1999). No cultivo da soja, a estrutura simplificada do habitat pode intensificar o efeito da isca ao atrair espécies oportunistas ou generalistas, que são comuns em ambientes perturbados (DIDHAM et al., 1998; MAGURA et al., 2004). Por outro lado, no habitat nativo, a maior heterogeneidade estrutural e de recursos pode reduzir a atratividade relativa da isca, o que pode explicar o menor poder de explicação da presença da isca na troca de espécies entre os tipos de armadilhas. Além disso, estudos anteriores mostram que a composição de estafilínídeos pode mudar substancialmente com o uso de diferentes métodos de coleta ou atrativos, refletindo tanto a diversidade funcional da família quanto sua plasticidade comportamental (BOHAC, 1999; KLIMASZEWSKI et al., 2005). Esses resultados reforçam que a escolha metodológica influencia diretamente na caracterização da fauna de Staphylinidae, especialmente em ambientes agrícolas, onde espécies mais sinantrópicas ou oportunistas podem responder mais fortemente à presença de atrativos orgânicos.

## 5. Conclusão

Concluimos que a presença de isca interfere na captura dos besouros predadores. Porém, este efeito variou para cada família. Observamos o forte efeito da isca para Staphylinidae, com aumento na riqueza e abundância e mudança na composição de espécies com a presença da isca. Por isso, sugerimos a utilização de fezes humanas em armadilhas pitfall para estudos multitáxons com Staphylinidae, uma vez que obtivemos uma boa representatividade para a família. Estas conclusões se aplicam tanto para área de

vegetação nativa quanto para área de plantação de soja. Com isso, estudos com besouros rola-bostas que utilizam fezes humanas como atrativo podem ser aproveitados para estudos com Staphylinidae, otimizando assim o protocolo amostral. Por outro lado, para os besouros Carabidae houve uma menor consistência do efeito da isca. Observamos que a presença da isca não aumentou a riqueza e abundância desta família, pelo contrário, reduziu. Na soja, a diferença na composição de espécies foi menos expressiva. Desta forma, não recomendamos o uso de iscas coprófagas para a coletas multitáxons e de Carabidae, especialmente em ambientes agrícolas, pois pode reduzir a eficiência amostral. Para essa família, a armadilha sem isca é mais adequada para mostrar com fidelidade a comunidade local, especialmente em cultivos.

### **Contribuições dos autores**

### **Agradecimentos**

Este estudo faz parte dos projetos Rede Bioagro e “Distribuição de insetos práticos da soja e seus inimigos naturais em diferentes contextos de paisagem em Mato Grosso: desafios frente às mudanças climáticas e uso do solo”, que foram financiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT/037/2016) e (FAPEMAT Nº. 018/2022). Gostaríamos também de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Universidade do Estado de Mato Grosso e ao Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola. Somos gratos a todos os proprietários de terras em nossas 100 paisagens de estudo pelo acesso às suas propriedades e apoio logístico.

### **6. Referências Bibliográficas**

- ANDERSEN, J. A comparison of pitfall trapping and quadrat sampling of Carabidae (Coleoptera) on river banks. *Entomologica Fennica*, v. 6, n. 2–3, p. 65–77, 1995.
- ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, v. 26, n. 1, p. 32–46, 2001.
- ANDERSON, M. J.; ELLINGSEN, K. E.; McARDLE, B. H. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology Letters*, v. 9, n. 6, p. 683–693, 2006.
- ANDRADE, C. L. B.; CIVIDANES, F. J.; MATOS, S. T. S.; ANDRADE, D. J. The life cycle of neotropical ground beetle, *Abaris basistriata* (Coleoptera: Carabidae) reared on different substrates. *Brazilian Journal of Biology*, v. 78, n. 3, p. 457–463, 2018.

- ARAÚJO, R. A.; ARAÚJO, M. S.; GONRING, A. H. R.; GUEDES, R. N. C. Impacto da queima controlada da palhada da cana-de-açúcar sobre a comunidade de insetos locais. *Neotropical Entomology*, v. 34, n. 4, p. 649–658, 2005.
- ARENHARDT, T. C. P.; KLUNK, G. A.; FILHO, E. A.; VITORINO, M. D. Influência de diferentes técnicas de restauração ecossistêmica na composição de artrópodes de serapilheira na Mata Atlântica, Brasil. *Espacios*, v. 38, n. 44, p. 26, 2017.
- ASENJO, A.; IRMLER, U.; KLIMASZEWSKI, J.; HERMAN, L. H.; CHANDLER, D. S. A complete checklist with new records and geographical distribution of the rove beetles (Coleoptera, Staphylinidae) of Brazil. *Insecta Mundi*, v. 277, p. 1–419, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5184652>. Acesso em: 12 jul. 2025.
- BOHAC, J. Staphylinid beetles as bioindicators. *Agriculture, ecosystems & environment*, v. 74, n. 1-3, p. 357-372, 1999.
- BONG, L. J.; NEOH, K. B.; JAAL, Z.; LEE, C. Y. Life table of *Paederus fuscipes* (Coleoptera: Staphylinidae). *Journal of Medical Entomology*, v. 49, n. 3, p. 451–460, 2012.
- BROWN, G. R.; MATTHEWS, I. M. A review of extensive variation in the design of pitfall traps and a proposal for a standard pitfall trap design for monitoring ground-active arthropod biodiversity. *Ecology and Evolution*, v. 6, n. 12, p. 3953–3964, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ece3.2176>. Acesso em: 12 jul. 2025.
- CÂMARA, G. M. S.; SEDIYAMA, T.; DOURADO-NETO, D.; BERNARDES, M. S. Influence of photoperiod and air temperature on the growth, flowering and maturation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Scientia Agricola*, v. 54, p. 149–154, 1997.
- CASSENOTE, S.; SILVA, P. G.; DI MARE, R. A.; PALADINI, A. (2019). Seasonality of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in Atlantic Forest sites with different levels of disturbance in southern Brazil. *Iheringia, Série Zoologia*, 109, e2019035. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2019035>.
- CIARLEGLIO, J. E. S.; PEREZ, K. M.; MOTOLA, H. L.; DiGANI, E. A. Recommendations for maintaining a dermestid beetle colony (*Dermestes maculatus*) for processing human remains. *Journal of Forensic Sciences*, v. 65, n. 5, p. 1698–1703, 2020.

CIVIDANES, F. J. Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) and biological control of agricultural pests in Latin America. *Annals of the Entomological Society of America*, v. 114, n. 2, p. 175–191, 2021.

CIVIDANES, F. J.; IDE, S.; RIBEIRO, A. A.; CIVIDANES, T. M. S. Potencial predatório de Carabidae e Staphylinidae (Coleoptera) sobre a lagarta-da-soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n. 8, p. 652–655, 2014.

CIVIDANES, F. J.; CIVIDANES, T. M. S. Flutuação populacional e análise faunística de Carabidae e Staphylinidae (Coleoptera) em Jaboticabal, São Paulo. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 75, n. 4, p. 449–456, 2008a.

CIVIDANES, F. J.; YAMAMOTO, F. T. Pragas e inimigos naturais na soja e no milho cultivados em sistemas diversificados. *Scientia Agricola*, v. 59, p. 683–687, 2002.

CIVIDANES, J. F.; CIVIDANES, T. M. S. Distribution of Carabidae and Staphylinidae in agroecosystems. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 2, p. 157–162, 2008b.

CORREIA, R. G.; OLIVEIRA, F. A.; SOUZA, L. S.; NEVES, R. L. P.; SENADO, J. A. V.; SANTOS, J. T. S.; BATISTA, T. F. V. Coleopterans prospection associated to forest ecosystems of *Swietenia macrophylla* (King), eastern Amazonia. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 40, n. 5, p. 1775–1787, 2019.

COSTA, M. L.; SALOMÃO, R. P.; ALENCAR, J. B. R.; CORREA, C. M. A.; IANNUZZI, L. The most attractive is not always the preferred: lessons from necrophagous dung beetle assemblages in a region of the central Amazon. *Ecology and Evolution*, v. 14, n. 12, p. 1–10, 2024.

DIDHAM, R. K.; LAWTON, H. J.; HAMMOND, P. M.; EGGLETON, P. Trophic structure stability and extinction dynamics of beetles (Coleoptera) in tropical forest fragments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, v. 353, n. 1367, p. 437–451, 1998.

DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, v. 67, n. 3, p. 345–366, 1997.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Land statistics 2001–2022: global, regional and country trends. Rome: FAO, 2024. 17 p.

- FRANK, J. H.; THOMAS, M. C. Rove beetles of Florida, Staphylinidae (Insecta: Coleoptera). Gainesville: University of Florida, IFAS; EDIS, 1999. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/in272>. Acesso em: 12 jul. 2025.
- GARCIA, F. R. M.; NARDI, N.; COSTA, M. K. M.; BRESCOVIT, A. D. Ocorrência de artrópodes em lavoura de milho (*Zea mays*) no município de Arvoredo, SC. *Bioikos*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 21–28, jun. 2004.
- GANHO, N. G.; MARINONI, R. C. Fauna de Coleoptera no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil: abundância e riqueza das famílias capturadas através de armadilhas malaise. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 20, n. 4, p. 727–736, 2003.
- GOMEZ, R. C.; MÁRQUEZ, J.; PONCE, A. R. Fauna de Carabidae (Insecta: Coleoptera) del estado de Hidalgo, México: lista de especies, primeros registros y datos de distribución geográfica. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, v. 38, p. 1–38, 2022.
- GREENSLADE, P. J. M. Pitfall trapping as a method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). *Journal of Animal Ecology*, v. 33, p. 301–310, 1964.
- GRODSKY, S. M.; MOORMAN, C. E.; FRITTS, S. R.; CAMPBELL, J. W.; SORENSON, C. E.; BERTONE, M. A.; CASTLEBERRY, S. B.; WIGLEY, T. B. Invertebrate community response to coarse woody debris removal for bioenergy production from intensively managed forests. *Ecological Applications*, v. 28, n. 1, p. 135–148, 2018.
- GRUSS, I.; TWARDOWSKI, J. P.; HUREJ, M.; KOZAK, M. Effect of intercropping narrow-leafed lupin with spring triticale on the abundance and diversity of rove beetles. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, v. 22, n. 4, p. 220–229, 2018.
- GUZMAN, Y. C.; TOKAREVA, A.; KOSZELA, K.; ŻYŁA, D. Twenty-one new species of the Neotropical rove beetle genus *Neolindus* Scheerpeltz (Coleoptera, Staphylinidae, Paederinae). *European Journal of Taxonomy*, v. 942, p. 1–76, 2024.
- HALSALL, N. B.; WRATTEN, S. D. The efficiency of pitfall trapping for polyphagous predatory Carabidae. *Ecological Entomology*, v. 13, n. 3, p. 293–299, 1988.
- HANSKI, I.; CAMBERFORT, Y. Species Richness. 350-365. *Dung Beetle Ecology*. 1991.

HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, A. iNEXT: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, v. 7, n. 12, p. 1451–1456, 2016.

IANNUZZI, L.; LIBERAL, C. N.; SOUZA, T. B.; PELLEGRINI, T. G.; CUNHA, J. C. S.; KOROIVA, R.; ALBUQUERQUE, L. S. C.; COSTA, F. C.; SALOMÃO, R. P.; MAIA, A. C. D.; LEIVAS, F. W. T. Sampling methods for beetles (Coleoptera). In: SANTOS, J. C.; FERNANDES, G. W. (ed.). *Measuring arthropod biodiversity: a handbook of sampling methods*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2021. p. 125-185. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-53226-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-53226-0_6).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Soja, milho, arroz e feijão apresentam as maiores estimativas previstas para 2025. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 maio 2025.

JASIM, S. A.; YASIN, G.; CARTONO, C.; SEVBITOV, A.; SHICHIYAKH, R. A.; AL-HUSSEINI, Y.; MUSTAFA, Y. F.; JALIL, A. T.; ISWANTO, A. H. Survey of ground beetles inhabiting agricultural crops in South-East Kazakhstan. *Brazilian Journal of Biology*, v. 84, e264446, 2024.

KHILKOVICH, A. K.; SHABALIN, S. A. Review of the genus *Platydracus* (Coleoptera: Staphylinidae) from the Russian Far East. *Far Eastern Entomologist*, n. 489, p. 8–15, 2023.

KOIVULA, M. J. Useful model organisms, indicators, or both? Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) reflecting environmental conditions. *ZooKeys*, v. 100, p. 287–317, 2011.

KLIMASZEWSKI, Jan et al. Canadian species of the Zyras group of genera and review of the types from America north of Mexico (Coleoptera, Staphylinidae, Aleocharinae). *Revue suisse de Zoologie*, v. 112, n. 3, p. 703-734, 2005.

LIMA, J. D. N.; SILVA, V. C.; BIANCHI, V.; SILVA, P. G.; MARE, R. A. Estrutura e organização de assembleias de Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) em diferentes fitofisionomias no sul do Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, v. 105, n. 4, p. 393–402, 2015.

LINDGREN, B. S. A multiple funnel trap for scolytid beetles (Coleoptera). *The Canadian Entomologist*, v. 115, n. 3, p. 299–302, 1983.

- LONG, J. A. Jtools: analysis and presentation of social scientific data. *Journal of Open Source Software*, v. 9, n. 101, p. 6610, 2024.
- LÖVEI, G. L.; SUNDERLAND, K. D. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology*, v. 41, p. 231–256, 1996.
- LUCKY, A.; ERWIN, T. L.; WITMAN, J. D. Temporal and spatial diversity and distribution of arboreal Carabidae (Coleoptera) in a western Amazonian rain forest. *Biotropica*, v. 34, n. 3, p. 376–386, 2002.
- MACHADO, A. F.; SILVA, R. J.; CORREA, C. M. A.; SILVA, R. S. A. S.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; PEREIRA, M. J. B.; PERES, C. A.; SILVA, D. J.; STORCK-TONON, D. Severe simplification of the structure of dung beetle assemblages in Neotropical soybean croplands regardless of the native vegetation domain. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 357, 108654, 2023.
- MAGURA, T.; TÓTHMÉRÉSZ, B.; ELEK, Z. Effects of leaf-litter addition on carabid beetles in a non-native Norway spruce plantation. 2004.
- MARSH, C. J.; LOUZADA, J.; BEIROZ, W.; EWERS, R. M. Optimising bait for pitfall trapping of Amazonian dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae). *PLoS ONE*, v. 8, n. 8, e73147, 2013.
- MCKENNA, D. D.; WILD, A. L.; KANDA, K.; BELLAMY, C. L.; BEUTEL, R. G.; CATERINO, M. S.; FARNUM, C. W.; HAWKS, D. C.; IVIE, M. A.; JAMESON, M. L.; LESCHEN, R. A. B.; MARVALDI, A. E.; MCHUGH, J. V.; NEWTON, A. F.; ROBERTSON, J. A.; THAYER, M. K.; WHITING, M. F.; LAWRENCE, J. F.; SLIPINSKI, A.; MADDISON, D. R.; FARRELL, B. D. The beetle tree of life reveals that Coleoptera survived end-Permian mass extinction to diversify during the Cretaceous terrestrial revolution. *Systematic Entomology*, v. 40, n. 4, p. 835–880, 2015.
- MOORE, I.; LEGNER, E. F. Host records of parasitic staphylinids of the genus *Aleochara* in America (Coleoptera: Staphylinidae). *Annals of the Entomological Society of America*, v. 64, n. 5, p. 1110–1119, 1971.
- MORA-AGUILAR, E. F.; ARRIAGA-JIMÉNEZ, A.; CORREA, C. M. A.; DA SILVA, P. G.; KORASAKI, V.; LÓPEZ-BEDOYA, P. A.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; PABLO-CEA, J. D.; SALOMÃO, R. P.; VALENCIA, G.; VULINEC, K.; EDWARDS, F. A.; EDWARDS, D. P.; HALFFTER, G.; NORIEGA, J. A. Toward a standardized

methodology for sampling dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in the Neotropics: a critical review. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 11, p. 1096208, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1096208>. Acesso em: 15 jul. 2025.

MORAES, R. M.; MENDONÇA, M. S.; OTT, R. Carabid beetle assemblages in three environments in the araucaria humid forest of southern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 57, n. 1, p. 67–74, 2013.

MORALES, C. J.; ASTUDILLO, E. A. Primer registro de *Oligotergus mexicanus* (Sharp, 1884) (Coleoptera: Staphylinidae: Staphylininae) para Chiapas, México. *Dugesiana*, v. 19, n. 1, p. 1–4, 2012.

MOURA, J. I. L.; PEREIRA, R. R. C.; CALIMAN, M. E.; PEREIRA, C. E. Occurrence of pollinating beetles on oil palm inflorescences with insecticides injection. *Scientia Plena*, v. 18, n. 7, e072201, 2022.

NAVARRETE-HEREDIA, J. L.; NEWTON, A. F.; THAYER, M. K.; ASHE, J. S.; CHANDLER, D. S. Guía ilustrada para los géneros de Staphylinidae (Coleoptera) de México. México: Universidad de Guadalajara y CONABIO, 2002. 401 p.

NEWTON, A. F.; THAYER, M. K.; ASHE, J. S.; CHANDLER, D. S. American beetles: Archostemata, Myxophaga, Adephaga, Polyphaga: Staphyliniformia. In: ARNETT, R. H. Jr.; THOMAS, M. C. (eds.). *American beetles*. Volume 1. Boca Raton (FL): CRC Press, 2000. p. 272–418.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G. vegan: Community ecology package. Version 2.0-2, 2017. Disponível em: <https://github.com/vegandevs/vegan>. Acesso em: 15 maio 2025.

PIETRYKOWSKA-TUDRUJ, E.; STANIEC, B. The morphology of the pupae of six species of Philonthina (Coleoptera: Staphylinidae: Staphylinini) with taxonomic remarks. *Zootaxa*, v. 2865, p. 1-15, 2011. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2865.1.3>.

PRADO, M. U.; FERNANDES, J. O.; BELLO, A. M.; MACHADO, G.; SANTOS, A. J.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; FREITAS, A. V. L. Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: a first approach in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, v. 142, n. 6, p. 1220–1228, 2009.

PRZYBYSZEWSKI, K. R.; SILVA, R. J.; VICENTE, R. E.; FREITAS, J. V. G.; PEREIRA, M. J. B.; IZZO, T. J.; STORCK-TONON, D. Can baited pitfall traps for

sampling dung beetles replace conventional traps for sampling ants? *Sociobiology*, v. 67, n. 3, p. 376–387, 2020.

PRZYBYSZEWSKI, K. R.; VICENTE, R. E.; FERREIRA, J. V. A.; PEREIRA, M. J. B.; IZZO, T. J.; STORCK-TONON, D. Legal reserves ensure alpha and beta ant diversity in highly modified agricultural landscapes. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 20, n. 4, p. 330–337, 2022.

SALDANHA, M. A.; WALKER, C.; QUEVEDO, A. C.; PEDRON, L.; MUNIZ, M. F. B.; COSTA, E. C. Morphophysiological characterization of entomopathogenic fungi for the biological control of *Oncideres impluviata*. *Ciência Florestal*, v. 32, n. 2, p. 776–792, 2022.

SELDON, D. S.; BEGGS, J. R. The efficacy of baited and live capture pitfall traps in collecting large-bodied forest carabids. *New Zealand Entomologist*, v. 33, n. 1, p. 30–37, 2010.

SILVA, P. G. DA; HERNÁNDEZ, M. I. M. Spatial patterns of movement of dung beetle species in a tropical forest suggest a new trap spacing for dung beetle biodiversity studies. *PLoS ONE*, v. 10, n. 5, e0126112, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126112>. Acesso em: 15 jul. 2025.

SHEN, L.; WEN, C.; CHEN, X.; HUA, Y.; DU, C.; CAI, J.; WEN, X.; WANG, L.; WANG, C. Paving behavior in ants and its potential application in monitoring two urban pest ants, *Solenopsis invicta* and *Tapinoma melanocephalum*. *Insects*, v. 14, n. 3, p. 1–15, 2023.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. *Nativa*, v. 1, n. 1, p. 34–43, 2013. Disponível em: <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa>. Acesso em: 15 jul. 2025.

SPENCE, J. R.; NIEMELÄ, J. Sampling carabid assemblages with pitfall traps: the madness and the method. *The Canadian Entomologist*, v. 126, n. 3, p. 881–889, 1994.

TAKI, W.; WATANABE, M. Food intake and number of eggs laid by the carrion beetle, *Eusilpha japonica* (Coleoptera: Silphinae), collected using pitfall traps. *Applied Entomology and Zoology*, v. 44, n. 1, p. 73–79, 2009.

TEIXEIRA, C. C. L.; HOFFMANN, M.; SILVA-FILHO, G. Comunidade de Coleoptera de solo em remanescente de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Biota Neotropica*, v. 9, n. 4, p. 91–95, 2009. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n4/en/abstract?article+bn02709042009>. Acesso em: 15 jul. 2025.

THAYER, M. K. Staphylinidae Latreille, 1802. In: KRISTENSEN, N. P.; BEUTEL, R. G. (ed.). *Handbuch der Zoologie. Arthropoda: Insecta. Coleoptera, beetles. Volume 1: Morphology and systematics (Archostemata, Adephaga, Myxophaga, Polyphaga partim)*. Berlin; New York: Walter de Gruyter, 2005. p. 296-344.

WANG, M.; AXMACHER, J. C.; YU, Z.; ZHANG, X.; DUAN, M.; WU, P.; ZOU, Y.; LIU, Y. Perennial crops can complement semi-natural habitats in enhancing ground beetle (Coleoptera: Carabidae) diversity in agricultural landscapes. *Ecological Indicators*, v. 126, p. 107705, 2021.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; WALKER, N.; SABELIEV, A. A.; SMITH, G. M. *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. New York: Springer, 2009. 574 p. (Statistics for Biology and Health). DOI: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-87458-6>.

## Capítulo 2:

Efeito da quantidade de habitat nativo sobre a diversidade de besouros predadores em  
plantações de soja

[Journal of Insect Conservation]

### Resumo

Os besouros da família Carabidae desempenham diversas funções ecológicas essenciais em agroecossistemas. Eles são responsáveis por predação de lagartas e promovem o controle biológico dessas pragas. A presença de vegetação nativa favorece as populações funcionais de inimigos naturais, promovendo o aumento dos serviços ecossistêmicos como o controle biológico. No entanto, pouco se sabe sobre a influência da porcentagem de habitat nativo sobre as comunidades de besouros predadores, em especial os Carabidae. Este estudo investigou como a composição da paisagem, representada pela quantidade de habitat nativo, influencia a riqueza e a abundância de Carabidae em lavouras de soja adjacentes às áreas de reserva legal. As amostragens foram realizadas em 100 pontos distribuídos no estado de Mato Grosso. Os besouros foram coletados com armadilhas de solo (*pitfall*), triados e identificados. A quantidade de habitat nativo foi quantificada com base em buffers de 5km radiais. Os resultados indicam que a quantidade de habitat nativo teve efeito positivo na abundância de Carabidae, tanto para as áreas no Cerrado quanto para as áreas de floresta Amazônica. Porém, não observamos efeito sobre a riqueza de espécies. Entre as espécies mais abundantes, as quatro espécies com maior frequência de ocorrência tiveram efeito da quantidade de habitat, e dentre elas, o gênero *Distichus* apresentou uma relação positiva com a porcentagem de habitat, especialmente no Cerrado. Concluímos que a quantidade de habitat nativo na paisagem influencia positivamente a abundância de Carabidae em lavouras de soja, reforçando a importância da conservação de remanescentes nativos para a manutenção de inimigos naturais e o fortalecimento dos serviços ecossistêmicos em agroecossistemas.

Palavras-chave: Composição da paisagem, habitat nativo, lavouras de soja, fragmentos florestais.

## Abstract

Beetles of the Carabidae family play several essential ecological roles in agroecosystems. They are responsible for preying on caterpillars and contribute to the biological control of these pests. The presence of native vegetation supports functional populations of natural enemies, promoting the enhancement of ecosystem services such as biological control. However, little is known about the influence of the proportion of native habitat on predatory beetle communities, particularly Carabidae. This study investigated how landscape structure, represented by the amount of native habitat, influences the richness and abundance of Carabidae in soybean fields adjacent to legal reserve areas. Sampling was carried out at 100 points distributed across the state of Mato Grosso. Beetles were collected using *pitfall* traps, sorted, and identified. The amount of native habitat was quantified using 5 km radial buffers. The results indicated that the amount of native habitat had a positive effect on the abundance of Carabidae, both in the Cerrado and Amazon Forest areas. However, no effect was observed on species richness. Among the most abundant species, the four species with the highest frequency of occurrence were affected by the amount of habitat, and among them, the genus *Distichus* showed a positive relationship with habitat percentage, especially in the Cerrado biome. We conclude that the amount of native habitat in the landscape positively influences the abundance of Carabidae in soybean fields, reinforcing the importance of conserving native remnants for maintaining natural enemies and enhancing ecosystem services in agroecosystems.

**Keywords:** Landscape structure, native habitat, soybean fields, forest fragments.

## 1. Introdução

Os besouros predadores da família Carabidae exercem funções ecológicas essenciais, como o controle natural de pragas agrícolas, sendo frequentemente utilizados como indicadores biológicos em ecossistemas terrestres. O interesse por esse grupo tem aumentado devido ao seu papel no equilíbrio dos agroecossistemas e sua resposta à alteração do uso do solo (SILVA et al., 2024; JASIM et al., 2022).

A expansão das áreas agrícolas, especialmente do cultivo de soja, tem promovido intensas transformações na paisagem, incluindo a redução da vegetação nativa e a modificação de sua distribuição espacial (RICHARDS et al., 2015; BROADBENT et al., 2008). Nos biomas Amazônia e Cerrado, o avanço do desmatamento impulsionado pela agricultura tem levado a alterações na composição da paisagem e comprometido a biodiversidade local (RAMOS et al., 2023). Para mitigar esses impactos, o Código Florestal de 2012 estabeleceu a obrigatoriedade da manutenção de áreas de vegetação nativa próximas às lavouras (BRASIL, 2012), contribuindo para a conservação da diversidade biológica em ambientes agrícolas. Essa discussão é especialmente relevante no estado de Mato Grosso, principal produtor nacional de soja, responsável por cerca de 27% da produção brasileira (TOLOI et al., 2021), onde a expansão agrícola ocorre em larga escala sobre áreas de vegetação nativa, exigindo maior atenção quanto à efetividade das medidas legais de conservação.

A quantidade total de habitat disponível na paisagem é mais importante para a manutenção da biodiversidade do que a configuração dos fragmentos isolados que a compõem, originando a hipótese da quantidade de habitat (FAHRIG, 2013). Além disso, os efeitos observados em pequenas escalas, como nas bordas desses fragmentos, não podem ser utilizados como indicadores confiáveis para a escala da paisagem, pois podem gerar interpretações equivocadas sobre estratégias de conservação (FAHRIG, 2023). Esses achados reforçam a importância de se considerar, não apenas a presença dos fragmentos, mas também a proporção e a distribuição do habitat remanescente como aspectos fundamentais da composição da paisagem.

Estudos realizados em paisagens agrícolas de Mato Grosso demonstraram que a maior quantidade de habitat nativo está positivamente associada à riqueza de abelhas e vespas sociais, grupos-chave nos serviços de polinização e controle biológico (FERREIRA et al.,

2021; OLIVEIRA et al., 2022). Assim como a proximidade e quantidade de vegetação nativa contribui na dispersão e manutenção de espécies mais sensíveis de besouros rolabostas (MACHADO et al., 2023). Estes organismos são influenciados de forma indireta pela composição e estrutura da vegetação (SILVA; LOPES, 2018).

Da mesma forma, besouros Carabidae são influenciados por características físicas do ambiente, como a quantidade de habitat nativo e a diversidade de usos do solo (KĘDZIOR; KOSEWSKA, 2022). Esses fatores afetam sua riqueza e abundância, que tendem a diminuir no interior dos cultivos, especialmente em lavouras de oleaginosas, como a soja (BOETZL et al., 2024). No entanto, ainda são escassas as pesquisas que abordam essa relação, o que reforça a importância de estudos voltados para compreender a resposta das comunidades de Carabidae a composição da paisagem em áreas de soja.

Nesse contexto, a composição da paisagem, especialmente a quantidade de habitat nativo disponível no entorno das lavouras, pode influenciar significativamente a composição das comunidades de besouros predadores (LIU et al., 2015). Fragmentos de vegetação nativa atuam como habitats para carabídeos, favorecendo sua presença em áreas cultivadas e contribuindo para o controle biológico de pragas nos agroecossistemas (MARTINS et al., 2009). Assim, a presença de vegetação nativa nas paisagens agrícolas é fundamental para sustentar populações funcionais de inimigos naturais, promovendo serviços ecossistêmicos como o controle biológico (BLANCHI; BOOIJ; TSCHARNTKE, 2006).

Carabídeos com grande potencial no controle de pragas, são frequentemente encontrados em solos agrícolas, e a composição dessas comunidades pode ser influenciada por características da paisagem, como densidade de árvores e quantidade de serapilheira (CIVIDANES; CIVIDANES, 2008). De fato, a heterogeneidade da paisagem e a presença de fragmentos naturais influenciam significativamente a riqueza e a composição das comunidades de Carabidae em áreas agrícolas (VANBERGEN et al., 2005), indicando que mudanças na composição da paisagem alteram a diversidade desses besouros predadores. No entanto, compreender como a composição da paisagem, incluindo a proporção de habitat natural, influencia as comunidades desses organismos ainda é uma questão pouco explorada.

Apesar do avanço nessas metodologias, ainda são escassas as investigações que avaliem se a porcentagem de habitat nativo na paisagem influencia a comunidade de Carabidae dentro de áreas de cultivo de soja, especialmente em proximidade a reservas legais. Neste contexto, o presente estudo busca investigar se a diversidade de Carabidae em lavouras de soja é influenciada pela proporção de vegetação nativa na paisagem circundante, considerando os biomas Cerrado e Amazônia. Nossa hipótese é que lavouras inseridas em paisagens com maior cobertura de vegetação nativa apresentam maior diversidade de carabídeos, devido à maior heterogeneidade ambiental e à disponibilidade de microhabitats. Além disso, de forma complementar, avaliamos a ocorrência das quatro espécies mais frequentes em função da proporção de habitat nativo, a fim de identificar possíveis respostas espécie-específicas não contempladas pela hipótese central.

## **2. Material e métodos**

### **2.1. Área de estudo**

Os pontos amostrais foram estabelecidos em fazendas com plantação de soja e áreas de reserva legal adjacente, distribuídas em municípios do estado de Mato Grosso. Esses municípios abrangem vegetação característica dos biomas Cerrado e Amazônia. No total, foram analisados 77 pontos. Para garantir a independência amostral, os pontos foram separados por uma distância mínima de 3,5 km.

O clima em Mato Grosso é marcado por uma forte sazonalidade, com um período seco predominante no inverno e meses de verão e outono caracterizados por altas temperaturas e chuvas intensas. As temperaturas podem alcançar até 40°C nos períodos mais quentes do ano, enquanto a precipitação anual varia entre 1000 mm e 1800 mm (SOUZA et al., 2013). A temperatura média anual oscila entre 28°C e 33°C, mas a presença de cobertura vegetal pode amenizar a sensação térmica, criando condições mais favoráveis à ocorrência de organismos ecologicamente relevantes, como os besouros da família Carabidae.

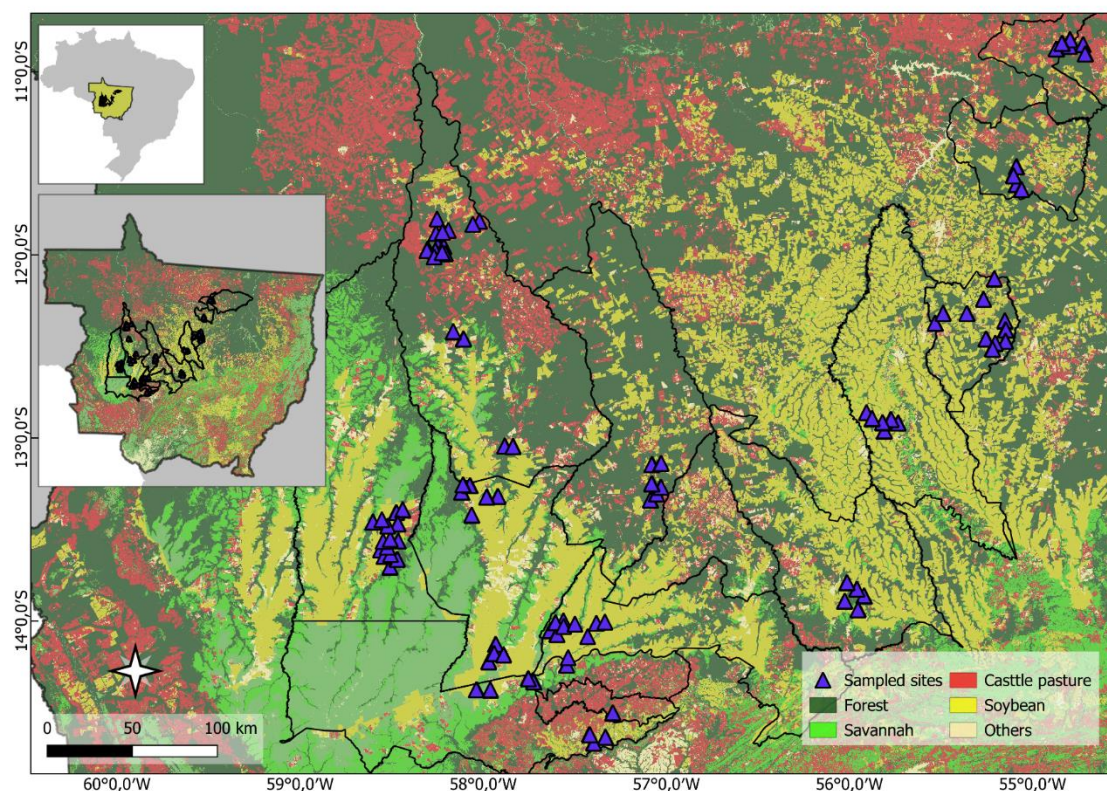


Figura 1 - Mapa dos municípios e tipo de uso do solo no Estado de Mato Grosso, pontos de amostragem dos besouros Carabidae.

## 2.2. Amostragem e identificação

As coletas ocorreram entre os anos de 2017 e 2020, nos meses de novembro e dezembro, durante os estágios fenológicos R1 (início da floração) e R7 (maturação fisiológica) da soja (TRENTIN et al., 2013). Para coletar os besouros, em cada ponto amostral, foi definido um transecto linear a 150 metros da borda da soja. Em cada transecto, foram instaladas seis armadilhas do tipo *pitfall* sem isca, espaçadas aproximadamente 10 metros entre si. As coletas ocorreram vinculadas ao Projeto Rede de Biotecnologia Aplicada aos Serviços e Desserviços da Biodiversidade à Agricultura no Cerrado e na Amazônia - BioAgro (Edital FAPEMAT, N°. 037/2016). As armadilhas tinham capacidade de 1000 ml, com 11 cm de profundidade e 14 cm de diâmetro. A solução utilizada consistia em uma mistura de água, sal e detergente neutro. A amostragem durou 48 horas, após as quais o conteúdo das armadilhas foi levado ao laboratório para triagem.

Após a triagem, o material foi encaminhado para identificação taxonômica, realizada pelo taxonomista Ayr de Moura Bello, até o menor nível taxonômico possível.

O material foi depositado na Coleção Entomológica de Tangará da Serra, da Universidade do Estado de Mato Grosso.

### 2.3. Variáveis de paisagem

O habitat nativo foi quantificado a partir de imagens de satélite *Sentinel* do sensor MODIS, com resolução espacial de 10 metros. Para cada ponto amostral, foi delimitado um buffer de 5.000 metros de raio a partir da borda da armadilha. A quantidade de habitat nativo corresponde à porcentagem da área do *buffer* coberta por vegetação nativa. A métrica foi obtida por meio de geoprocessamento no software QGIS, utilizando os dados do projeto MapBiomass para classificação do uso e cobertura da terra.

### 2.4. Análise de dados

Para avaliar o efeito da proporção de habitat nativo na paisagem sobre a riqueza e abundância de besouros predadores, foram utilizados Modelos Lineares Generalizados (GLMs) com distribuição Poisson, utilizando como variável preditora a quantidade de habitat. Para uma melhor compreensão desses efeitos, as análises foram realizadas separadamente para os biomas Cerrado e Amazônia.

Para testar se a frequência de ocorrência de besouros Carabidae em áreas de cultivo de soja é afetada pela quantidade de habitat na paisagem, utilizamos um Modelo Linear Generalizado com distribuição Binomial. Para isso, os dados de abundância das espécies mais frequentes foram transformados em presença-ausência com a função *decostand* do pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2007). As análises subsequentes focaram nas quatro espécies com maior frequência de ocorrência: *Selenophorus alternans*, *Tetracha brasiliensis*, *Calosoma castrida alternans* e *Distichus* (Lophogenius) *sp 1*. As análises foram realizadas para os biomas Cerrado e Amazônia separadamente. Essa abordagem nos permite analisar se o padrão observado para a abundância geral da comunidade também se expressa no nível das espécies, ou se haverá respostas distintas à composição da paisagem para diferentes táxons. A visualização foi feita com o pacote *ggplot2*, por meio de gráficos contendo pontos de ocorrência e curvas de tendência da regressão logística, organizados por bioma para destacar padrões distintos entre eles. Todas as análises foram realizadas no programa R.

## 3. Resultados

Nossos dados demonstraram que a quantidade de habitat não teve efeito sobre a riqueza de besouros Carabidae, tanto para o Cerrado ( $p=0.29$ ; e  $R^2=0,01$ ), quanto para a

Amazônia ( $p=0.38$ ;  $R^2=0.01$ ). Por outro lado, para os dados de abundância observamos efeito positivo tanto no Cerrado ( $p<0,01$  e  $R^2=0,07$ ), quanto na Amazônia ( $p<0,01$  e  $R^2=0,14$ ) (Figura 2).

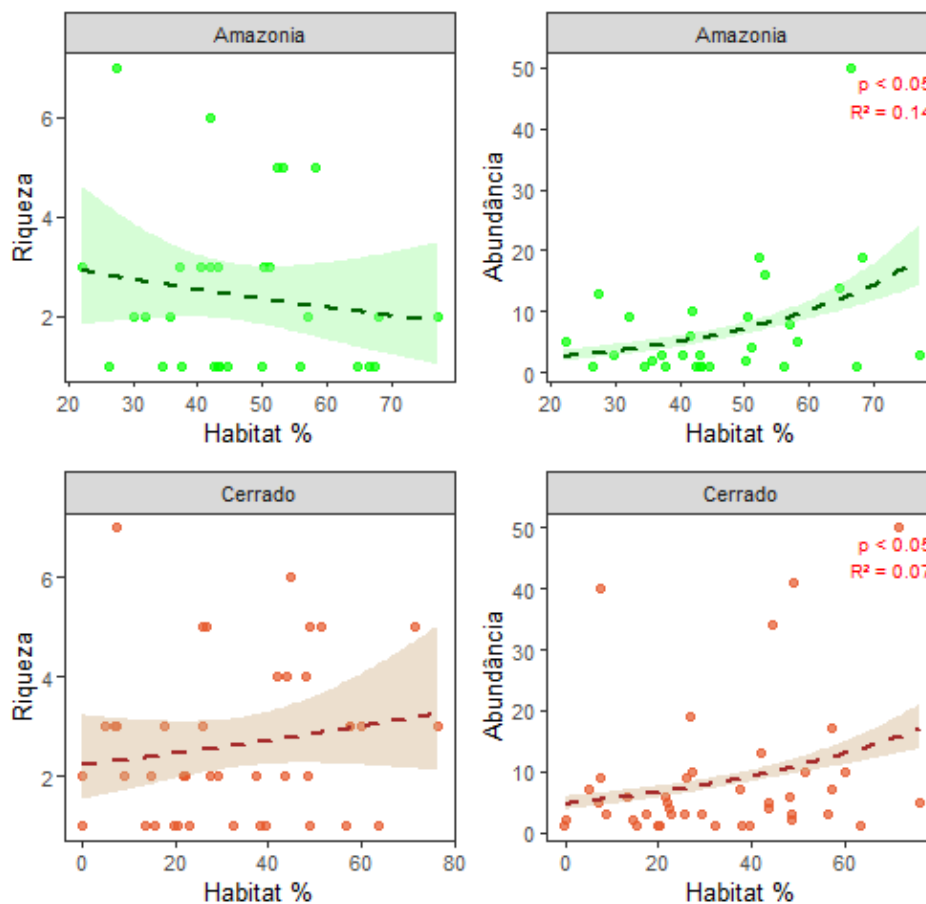


Figura 2 - Riqueza e abundância de besouros Carabidae nos Biomas Cerrado (laranja) e Amazônia (verde) em função da porcentagem de habitat nativo em um buffer de 5 km (Habitat %) em paisagens agrícolas de soja no Estado de Mato Grosso.

O modelo binomial com as quatro espécies combinadas revelou uma relação positiva entre a probabilidade de ocorrência e a porcentagem de habitat nativo ( $p < 0,05$ ), embora com baixo poder explicativo ( $R^2 = 0,01$ ) (Figura 3). Das quatro espécies com maior frequência de ocorrência, apenas *Distichus* (*Lophogenius*) *sp1* foi influenciada pela quantidade de habitat, especificamente para o bioma Cerrado ( $p<0,05$   $R^2=0,18$ ) (Figura 3).

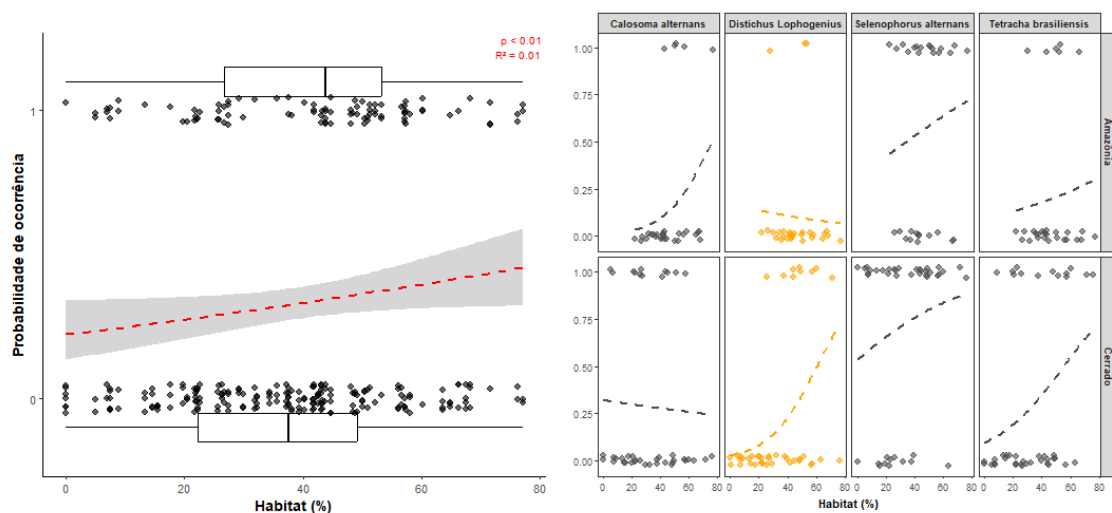


Figura 3 - Relação entre a porcentagem de habitat nativo na paisagem e a probabilidade de ocorrência geral de besouros Carabidae. À direita, são apresentadas as relações entre a cobertura de habitat nativo e a probabilidade de ocorrência de quatro espécies de Carabidae em áreas de cultivo de soja nos biomas Amazônia e Cerrado.

#### 4. Discussão

Nossos resultados mostraram efeito da cobertura de vegetação nativa sobre a comunidade de besouros predadores, com aumento na abundância de Carabidae em ambos os biomas. Esse achado reforça a importância das áreas nativas, principalmente as áreas de Reserva Legal na manutenção de populações de predadores em paisagens agrícolas, mesmo sob manejo intensivo (PRZYBYSZEWSKI et al., 2022). Esses fragmentos funcionam como fontes de indivíduos, sustentando populações em áreas adjacentes, especialmente no caso de espécies com baixa capacidade de dispersão (RISCHEN et al., 2022). Além disso, espécies com maior capacidade de deslocamento, que dispersam pelo voo, conseguem colonizar com sucesso áreas abertas, o que favorece sua presença em cultivos próximos a remanescentes nativos (CASTRO et al., 2017). A maior proporção de habitat seminatural na paisagem está associada ao aumento das populações de inimigos naturais móveis e generalistas, favorecendo o potencial de controle biológico em sistemas agrícolas (IULIANO et al., 2024). Por outro lado, não observamos efeito da cobertura de habitat sobre a riqueza de espécies. Esse padrão pode ser explicado pela troca de espécies entre áreas com diferentes proporções de vegetação nativa, o que leva a mudanças na composição das comunidades (beta-diversidade), mesmo que o número total de espécies registradas permaneça o mesmo (SOLAR et al., 2015).

A quantidade de habitat nativo na paisagem não afetou a riqueza de Carabidae nos biomas Cerrado e Amazônia. A ausência de variação na riqueza pode ser explicada pela predominância de espécies euritópicas e resistentes ao distúrbio, que formam comunidades funcionalmente homogêneas e a composição da vegetação, mais do que sua diversidade taxonômica, é considerada o principal fator responsável pelo controle “bottom-up” da diversidade de carabídeos, ao influenciar a eficiência de caça, a oferta de microhabitats e o acesso a espaços livres de inimigos (BROSE, 2003). Fatores vegetacionais e edáficos também modulam indiretamente a estrutura dessas comunidades, ao influenciarem o microclima e a disponibilidade de presas, afetando riqueza e abundância de forma distinta, conforme o contexto ambiental local (TSAFACK et al., 2019). Assim, embora nossos dados indiquem que a quantidade de habitat nativo não influencia a riqueza de Carabidae, estudos prévios apontam que a qualidade e a complexidade dos fragmentos podem exercer papel mais determinante na estruturação dessas comunidades (FEIT et al., 2021).

A baixa riqueza e a alta abundância de espécies dominantes pode ser explicada por mudanças físicas no ambiente, que aumentam a similaridade das comunidades em habitats adjacentes e favorecem a dispersão de espécies mais tolerantes entre esses habitats (HADDAD et al., 2011). Esses achados sustentam a ideia de que o número de espécies pode ser menos sensível às alterações na composição da paisagem, enquanto a abundância pode refletir tanto diferenças na sensibilidade das espécies às mudanças ambientais, quanto no papel de espécies dominantes na manutenção das populações locais, mesmo diante da perda de diversidade (JOWETT et al., 2019).

Considerando que a abundância de espécies teve efeito pela quantidade de habitat nativo em ambos os biomas, fizemos uma análise aprofundada, examinando a resposta de ocorrência das quatro espécies mais frequentes. Assim como para besouros rola-bostas, já está bem consolidado na literatura que diferentes espécies de Carabidae podem apresentar respostas específicas a cobertura de vegetação nativa, isso reflete adaptações distintas ao ambiente e graus variados de sensibilidade à fragmentação (ARIAS-ÁLVAREZ et al., 2022; RAINIO; NIEMELÄ, 2003; RIBERA et al., 2001). Em agroecossistemas, existe uma tendência de espécies generalistas persistirem, independente da composição da paisagem, por outro lado, espécies especialistas são favorecidas por uma maior conectividade e disponibilidade de habitat nativo (WOODCOCK et al., 2010). Essa diferenciação reforça a importância de análises em

nível de espécie para compreender de forma mais precisa o papel da paisagem na manutenção da fauna funcional em agroecossistemas.

*Tetracha brasiliensis* e *Calosoma* spp. são predadoras especializadas de lagartas de lepidópteros, com ocorrência preferencial em áreas agrícolas (CHOCOROSQUI; PASINI, 2000; MARTINS; CIVIDANES, 2020). Já o gênero *Selenophorus* inclui espécies macrópteras que atuam como herbívoras de sementes de plantas daninhas (CIVIDANES et al., 2018a). A presença abundante de plantas espontâneas nos cultivos pode sustentar elevadas populações de invertebrados benéficos, que, por sua vez, possuem potencial para contribuir no controle biológico e na regulação de espécies invasoras (SMITH et al., 2020). Dentre as espécies de *Selenophorus*, temos o *S. alternans* que se destaca por seu comportamento especializado em ambientes agrícolas, reforçando a afinidade do grupo com áreas cultivadas (CIVIDANES et al., 2018b). Essas espécies são frequentemente encontradas em cultivos devido ao seu hábito generalista e à ampla tolerância ecológica (euritropia), que lhes permite explorar eficientemente ambientes agrícolas.

Embora estudos específicos sobre o gênero *Distichus* em ecossistemas do Cerrado sejam escassos, pesquisas com carábidos predadores ressaltam que a estrutura e a disponibilidade de habitat nativo são fatores determinantes para a abundância de gêneros como *Calosoma* e *Odontochila* (QUINTEIRO et al., 2012; CIVIDANES et al., 2018b). Besouros do gênero *Distichus* são predadores de solo, que compartilham com besouros dos gêneros *Odontochila* e *Calosoma* características funcionais relacionadas ao hábito predador e à atividade em ambientes abertos, apesar de pertencerem a subgrupos distintos dentro de Carabidae (*Calosoma* - Carabinae; *Odontochila* - Cicindelidae; *Distichus* - Scaritinae).

No entanto, diferente dos outros dois gêneros, *Distichus* permanece pouco estudado do ponto de vista ecológico, dificultando a compreensão dos mecanismos que regulam sua ocorrência em paisagens agrícolas. Sua resposta à quantidade de habitat nativo pode estar relacionada a características comuns da subfamília Scaritinae, como hábitos escavadores e sensibilidade à compactação do solo (KROMP, 1999; HOLLAND; LUFF, 2000). Morfologicamente, o gênero *Distichus* é caracterizado por adaptações ao hábito escavador, apresentando corpo alongado, mandíbulas robustas e tíbias anteriores dentadas (DOSTAL, 1999). Essas características sugerem afinidade por solos mais estruturados e menor tolerância a perturbações severas, o que pode explicar sua maior

abundância em áreas com maior proporção de habitat nativo no Cerrado. Assim, besouros deste gênero podem servir como indicadores da qualidade do solo e da integridade do habitat natural em ambientes agrícolas (MAKWELA; SLOTOU; MUNYAI, 2023), reforçando a importância de conservar remanescentes naturais para manter a funcionalidade das comunidades de besouros predadores.

Com base nos resultados obtidos, é possível inferir que, embora a riqueza de Carabidae não tenha sido influenciada pela porcentagem de habitat nativo, a abundância e a resposta de espécies individuais revelam padrões ecologicamente relevantes, especialmente no bioma Cerrado. O efeito positivo do habitat nativo sobre a abundância e a frequência de ocorrência do gênero *Distichus* destaca o papel funcional das áreas de reserva como refúgios e fontes de organismos benéficos em agroecossistemas. Esses achados evidenciam que, mesmo diante da homogeneização funcional promovida por espécies generalistas, a conservação de habitats naturais adjacentes continua sendo essencial para manter a complexidade ecológica e o potencial de controle biológico em sistemas agrícolas. Reforça-se, assim, a importância de estratégias integradas de manejo da paisagem que incorporem a conservação de remanescentes nativos como aliada à sustentabilidade da produção, ao mesmo tempo em que se aponta a necessidade de se aprofundar o conhecimento sobre grupos pouco estudados, como *Distichus*, cuja ecologia pode fornecer novos indicadores sobre a qualidade ambiental e a funcionalidade de paisagens agrícolas.

## 5. Conclusão

Podemos concluir que a quantidade de habitat nativo tem efeito positivo sobre a abundância de besouros predadores. Este aumento da abundância pode favorecer os serviços ecossistêmicos como predação de lagartas e outras pragas. Também destacamos que *Distichus* (*Lophogenius*) *sp1* apresentou resposta significativa à quantidade de habitat, com maior probabilidade de ocorrência em paisagens mais conservadas no Cerrado. As demais espécies não demonstraram relação com essa variável, sugerindo que a influência da composição da paisagem sobre os besouros predadores é espécie-específica e modulada por fatores ecológicos e contextuais próprios de cada bioma. Esses achados reforçam a importância de considerar diferenças regionais e taxonômicas na formulação de estratégias de conservação e no planejamento de práticas agrícolas que favoreçam a manutenção de inimigos naturais em paisagens cultivadas.

## Agradecimentos

Este estudo faz parte dos projetos Rede Bioagro e “Distribuição de insetos práticos da soja e seus inimigos naturais em diferentes contextos de paisagem em Mato Grosso: desafios frente às mudanças climáticas e uso do solo”, que foram financiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT/037/2016) e (FAPEMAT N°. 018/2022). Gostaríamos também de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Universidade do Estado de Mato Grosso e ao Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola. Somos gratos a todos os proprietários de terras em nossas 100 paisagens de estudo pelo acesso às suas propriedades e apoio logístico.

## 6. Referências Bibliográficas

ARIAS-ÁLVAREZ, G. A.; VANEGAS-ALARCÓN, D. A.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, A. L.; SANTOS-HEREDIA, C.; ANDRESEN, E. Effect of vegetation cover on dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) and their ecological functions in an Andean Forest of Colombia. *Revista de Biología Tropical*, v. 70, n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v70i1.47849>.

BIANCHI, F. J. J. A.; BOOIJ, C. J. H.; TSCHARNTKE, T. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 121, n. 3, p. 245–260, 2006.

BOETZL, F. A.; SPONSLER, D.; ALBRECHT, M.; BATÁRY, P.; BIRKHOFER, K.; KNAPP, M.; KRAUSS, J.; MAAS, B.; MARTIN, E. A.; SIRAMI, C.; SUTTER, L.; BERTRAND, C.; BOSEM BAILLOD, A.; BOTA, G.; BRETAGNOLLE, V.; BROTONS, L.; FRANK, T.; FUSSER, M.; GIRALT, D.; GONZÁLEZ, E.; HOF, A. R.; LUKA, H.; MARREC, R.; NASH, M. A.; NG, K.; PLANTEGENEST, M.; POULIN, B.; SIRIWARDENA, G. M.; TSCHARNTKE, T.; TSCHUMI, M.; VIALATTE, A.; VAN VOOREN, L.; ZUBAIR-ANJUM, M.; ENTLING, M. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; SCHIRMEL, J. Distance functions of carabids in crop fields depend on functional traits, crop type and adjacent habitat: a synthesis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 291, art. 20232383, 2024. DOI: 10.1098/rspb.2023.2383.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, estabelece normas gerais para as áreas de preservação permanente e reserva legal, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12651-25-maio-2012-613076-normaatualizada-pl.html>. Acesso em: 11 jul. 2025.

BROADBENT, E. N.; ASNER G. P.; KELLER, M.; KNAPP, D. E.; OLIVEIRA, P. C.; SILVA, J. N. Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. *Biological conservation*, v. 141, n. 7, p. 1745-1757, 2008.

BROSE, U. Bottom-up control of carabid beetle communities in early successional wetlands: mediated by vegetation structure or plant diversity? *Oecologia*, [s. l.], v. 135, p. 407–413, maio 2003. DOI: 10.1007/s00442-003-1222-7.

CASTRO, A. V. CICCHINO, A. C.; PORRINI, D. P. Diversidad de Carabidae (Insecta: Coleoptera) en distintos ambientes de un agroecosistema del sudeste bonaerense, Argentina. *Ecología Austral*, Córdoba, v. 27, n. 2, p. 252–265, jul. 2017. DOI: 10.25260/EA.17.27.2.0.232.

CHOCOROSQUI, V. R.; PASINI, A. Predação de pupas de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) por larvas e adultos de *Calosoma granulatum* Perty (Coleoptera: Carabidae) em laboratório. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 29, p. 65-70, 2000.

CIVIDANES, F. J.; CIVIDANES, T. M. S.; RIBEIRO, A. A. Occurrence of carabid beetles in the phenological stages of weedy plants. *Advances in Entomology*, v. 6, n. 2, p. 176-188, 2018a.

CIVIDANES, F. J.; CIVIDANES, T. M. S.; FERRAUDO, A. S.; MATTA, D. H. Edge effects on carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) between forest fragments and agricultural fields in south-east Brazil. ***Austral Entomology***, v. 57, n. 1, p. 9-16, 2018b.

CIVIDANES, J. F.; CIVIDANES, T. M. S. Distribution of Carabidae and Staphylinidae in agroecosystems. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 2, p. 157–162, 2008.

DOSTAL, A. Beitrag zur Kenntnis der Gattung *Distichus* Motschulsky, 1857 (Coleoptera: Carabidae, Scaritini). *Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Entomologen*, Wien, v. 51, p. 99–107, 1999. Disponível em: [https://www.zobodat.at/publikation\\_articles.php?id=72195](https://www.zobodat.at/publikation_articles.php?id=72195). Acesso em: 18 jun. 2025.

FAHRIG, L. Rethinking patch size and isolation effects: the habitat amount hypothesis. *Journal of Biogeography*, [S.l.], v. 40, n. 9, p. 1649–1663, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/jbi.12130>.

FAHRIG, L. Patch-scale edge effects do not indicate landscape-scale fragmentation effects. *Conservation Letters*, [S.l.], v. 17, n. 1, e12992, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/conl.12992>.

FEIT, B.; CHAUVET, M.; BARBARO, L.; BRANDEBOURG, T.; BRETAGNOLLE, V.; GABA, S.; GOSSMANN, M.; PÉRÈS, G.; PLANTEGENEST, M.; THIERRY, M.; VEDIE, H.; VILLERIAS, C.; VÉRON, S.; RICHAUME, A.; VALLADARES, G.; THOMINE, E.; BILLETER, R. Landscape complexity promotes resilience of biological pest control to climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 288, n. 1952, p. 20210215, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.0215>.

FERREIRA, J. V. A.; OLIVEIRA, N. S.; PEREIRA, M. J. B.; SILVA, R. J.; BUTNARIU, A. R.; STORCK-TONON, D. Effects of landscape composition on social wasp diversity (Hymenoptera: Vespidae: Polistinae) in soybean crops in the Brazilian Cerrado. *Sociobiology*, v. 68, n. 4, p. 1–11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v68i4.6955>.

HADDAD, G. Q.; CIVIDANES, F. J.; MARTINS, I. C. F. Species diversity of myrmecofauna and araneofauna associated with agroecosystem and forest fragments and their interaction with Carabidae and Staphylinidae (Coleoptera). *Florida Entomologist*, v. 94, n. 3, p. 500–509, 2011.

HOLLAND, J. M.; LUFF, M. L. The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Integrated Pest Management Reviews*, v. 5, p. 109–129, 2000.

IULIANO, B.; GRATTON, C.; KIM, T. N.; SPIESMAN, B. J. Semi-natural habitat, but not aphid amount or continuity, predicts lady beetle abundance across agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, v. 61, p. 1881–1893, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14698>.

JASIM, S. A.; YASIN, G.; CARTONO, C.; SEVBITOV, A.; SHICHIYAKH, R. A.; AL-HUSSEINI, Y.; MUSTAFA, Y. F.; JALIL, A. T.; ISWANTO, A. H. Survey of ground beetles inhabiting agricultural crops in South-East Kazakhstan. *Brazilian Journal of Biology*, v. 84, e264446, 2024.

JOWETT, K.; MILNE, A. E.; METCALFE, H.; HASSALL, K. L.; POTTS, S. G.; SENAPATHI, D.; STORKEY, J. Species matter when considering landscape effects on

carabid distributions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 285, p. 106631, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106631>.

KĘDZIOR, R.; KOSEWSKA, A. Landscape heterogeneity determines the diversity and life history traits of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Sustainability*, Basel, v. 14, n. 21, art. 13980, 2022. DOI: 10.3390/su142113980.

KROMP, B. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 74, n. 1–3, p. 187–228, 1999.

LIU, J.; MA, K.; HAN, X.; XU, W.; LI, Z. Effects of plant diversity, habitat and agricultural landscape structure on the functional diversity of carabid assemblages in the North China Plain. *Insect Conservation and Diversity*, v. 8, n. 5, p. 404–413, 2015. DOI: 10.1111/icad.12096.

MACHADO, A. F.; SILVA, R. J.; CORREA, C. M. A.; SILVA, R. S. A.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; PEREIRA, M. J. B.; PERES, C. A.; SILVA, D. J.; STORCK-TONON, D. Severe simplification of the structure of dung beetle assemblages in neotropical soybean croplands regardless of the native vegetation domain. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 357, 108654, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108654>.

MAKWELA, M. M.; SLOTOW, R.; MUNYAI, T. C. Carabid Beetles (Coleoptera) as Indicators of Sustainability in Agroecosystems: A Systematic Review. *Sustainability*, v. 15, n. 5, art. 3936, 21 fev. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15053936>.

MARTINS, I. C. F.; CIVIDANES, F. J. Composição de Carabidae (Coleoptera) em área agrícola com sistema de rotação soja, milho e pousio. *Entomological Communications*, v. 2, p. 2–5, 2020.

MARTINS, I. C. F.; CIVIDANES, F. J.; BARBOSA, J. C.; ARAÚJO, E. S.; HADDAD, G. Q. Análise de fauna e flutuação populacional de Carabidae e Staphylinidae (Coleoptera) em sistemas de plantio direto e convencional. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 53, n. 3, p. 432–443, 2009.

QUINTEIRO, T.; LOPES, J.; MARTINS, I. C. F. Diversidade de Carabidae (Coleoptera) amostrados em áreas de reflorestamento de mata ciliar e fragmento florestal, no Estado do Paraná. *EntomoBrasilis*, v. 5, n. 5, p. 217–222, 2012. Disponível em:

<http://www.periodico.ebras.bio.br/ojs/index.php/ebras/article/view/255>. Acesso em: 23 jun. 2025.

OKSANEN, J.; KINDT, R.; BLANCHET, F. G.; MINCHIN, P. R. The vegan package. Community ecology package. R package version 5. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/228975085\\_The\\_Vegan\\_Package](https://www.researchgate.net/publication/228975085_The_Vegan_Package).

OLIVEIRA, N. S.; FERREIRA, J. V. A.; SILVA, R. J.; SOMAVILLA, A.; VOLFF, C. E. P.; PEREIRA, M. J. B.; SILVA, D. J.; BUTNARIU, A. R.; STORCK-TONON, D. The importance of legal reserve for predator social wasp diversity in an agroecosystem in the Brazilian Cerrado. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/01650521.2022.2147045>.

PRZYBYSZEWSKI, K. R.; VICENTE, R. E.; FERREIRA, J. V. A.; PEREIRA, M. J. B.; IZZO, T. J.; STORCK-TONON, D. Legal reserves ensure alpha and beta ant diversity in highly modified agricultural landscapes. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 20, n. 4, p. 330–337, 2022.

RAINIO, J.; NIEMELÄ, J. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity & Conservation*, [S.l.], v. 12, p. 487–506, 2003. DOI: 10.1023/A:1022412617568.

RAMOS, A. W. P.; AZEVEDO, U. R.; XAVIER, F. V.; NEVES, S. M. A. S.; GALVANIN, E. A. S. Padrões de desmatamento nos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal na bacia hidrográfica do Alto Paraguai, Mato Grosso - Brasil. *Revista Geografia Acadêmica*, v. 17, p. 136–158, 2023. Disponível em: <https://revistageoacademica.com/ojs/index.php/geografiaacademica/article/view/526>. Acesso em: 30 jan. 2025.

RIBERA, I.; DOLEDEC, S.; DOWNIE, I. S.; FOSTER, G. N. Effect of land disturbance and stress on species traits of ground beetle assemblages. *Ecology*, [S.l.], v. 82, n. 4, p. 1112–1129, 2001. DOI: 10.1890/0012-9658(2001)082 [1112: EOLDAS] 2.0.CO;2.

RICHARDS, P.; PALLEGRINA, H.; VANWEY, L.; SPERA, S. Soybean development: The impact of a decade of agricultural change on urban and economic growth in Mato Grosso, Brazil. *PLoS one*, v. 10, n. 4, p. e0122510, 2015.

RISCHEN, T.; EHRINGHAUSEN, K.; HEYER, M.; FISCHER, K. Responses of selected beetle families (Carabidae, Chrysomelidae, Curculionidae) to non-crop habitats

in an agricultural landscape. *Biologia* 77, 2149–2159 (2022).  
<https://doi.org/10.1007/s11756-022-01100-z>.

SILVA, J. H. B.; RODRIGUES, L. S.; GOMES C. L. S.; TARGINO, V. A.; SILVA, M. M.; NASCIMENTO, B. M. C.; SILVA, J. F.; SILVA, H. F.; SILVA, S. M.; SILVA, L. G.; DEUS, A. S.; ARAÚJO, P. M.; BARBOSA, E. S.; ASSIS, J. C. S.; GOMES, T. R. V. R. Controle biológico de pragas: o segredo da agricultura sustentável. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, v. 17, n. 4, p. e6367-e6367, 2024.

SOLAR, R. R. C.; BARLOW, J.; FERREIRA, J.; BERENGUER, E.; LEES, A. C.; THOMSON, J. R.; LOUZADA, J.; MAUÉS, M.; MOURA, N. G.; OLIVEIRA, V. H. F.; CHAUL, J. C. M.; SCHOEREDER, J. H.; VIEIRA, I. C. G.; MAC NALLY, R.; GARDNER, T. A. How pervasive is biotic homogenization in human-modified tropical forest landscapes? *Ecology Letters*, v. 18, p. 1108–1118, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/ele.12494>.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. 2013. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. *Nativa*. 1(1):34–43.  
<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa>.

SMITH, B. M.; AEBISCHER, N. J.; EWALD, J.; MOREBY, S.; POTTER, C.; HOLLAND, J. M. The potential of arable weeds to reverse invertebrate declines and associated ecosystem services in cereal crops. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 3, 2019 (publicado em 10 jan. 2020). DOI: 10.3389/fsufs.2019.00118.

TOLOI, M. N. V.; BONILLA, S. H.; TOLOI, R. C.; SILVA, H. R. O.; NAAS, I. A. Development indicators and soybean production in Brazil. *Agriculture*, v. 11, n. 11, 1122, 2021.

TSAFACK, N.; REBAUDO, F.; WANG, H.; NAGY, D. D.; XIE, Y.; WANG, X.; FATTORINI, S. Carabid community structure in northern China grassland ecosystems: Effects of local habitat on species richness, species composition and functional diversity. *PeerJ*, v. 6, p. e6197, 2019.

TRENTIN, R.; HELDWEIN, A. B.; STRECK, N. A.; TRENTIN, G.; SILVA, J. C. Subperíodos fenológicos e ciclo da soja conforme grupos de maturidade e datas de semeadura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 48, n. 7, p. 703–713, jul. 2013.

Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000700002>. Acesso em: 12 jul. 2025.

VANBERGEN, A. J.; WOODCOCK, B. A.; WATT, A. D.; NIEMELÄ, J. Efeito da heterogeneidade do uso da terra nas comunidades de carabídeos na escala da paisagem. *Ecological Entomology*, v. 30, n. 4, p. 421–430, 2005.

WOODCOCK, B. A.; REDHEAD, J.; VANBERGEN, A. J.; HULMES, L.; PEYTON, J.; NOWAKOWSKI, M.; PYWELL, R. F.; HEARD, M. S. Impact of habitat type and landscape structure on biomass, species richness and functional diversity of ground beetles. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, [S.l.], v. 139, n. 1-2, p. 181–186, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.07.018>.

### **Considerações finais**

Nesta dissertação, buscamos compreender a comunidade de besouros predadores das famílias Staphylinidae e Carabidae em paisagens agrícolas do estado de Mato Grosso, por meio de duas abordagens complementares: (i) a otimização de protocolos amostrais com armadilhas *pitfall* e (ii) a avaliação dos efeitos da composição da paisagem sobre a fauna predadora. Esses dois eixos permitiram investigar tanto aspectos metodológicos quanto ecológicos, essenciais para o estudo e o manejo da biodiversidade funcional em sistemas produtivos.

No primeiro capítulo, avaliamos o efeito do uso de iscas coprófagas (fezes humanas) em armadilhas *pitfall* na captura de besouros predadores. Nossos resultados demonstraram que a isca influencia significativamente a amostragem, porém de forma distinta entre as famílias estudadas. Para Staphylinidae, as iscas aumentaram a riqueza, abundância e alteraram a composição de espécies, indicando que esse recurso pode ser uma ferramenta útil em estudos com essa família. Isso também sugere que coletas feitas com foco em besouros coprófagos podem ser aproveitadas para avaliar a fauna de Staphylinidae, otimizando esforços de campo. Em contraste, Carabidae apresentou redução na riqueza e abundância com o uso da isca, especialmente em áreas agrícolas, indicando que armadilhas sem isca são mais indicadas para representar essa comunidade de forma fidedigna. Esses achados reforçam a necessidade de ajustar o protocolo amostral ao grupo-alvo, evitando vieses que comprometam a interpretação dos padrões ecológicos.

No segundo capítulo, analisamos a relação entre a quantidade de habitat nativo na paisagem e a abundância de besouros predadores. Observamos que paisagens mais conservadas favorecem o aumento da abundância, principalmente em áreas de cultivo de soja, o que evidencia o papel positivo da vegetação nativa no suporte ao controle biológico natural. No entanto, as respostas foram espécie-específicas: por exemplo, *Distichus (Lophogenius)* sp1 respondeu positivamente à cobertura de habitat no bioma Cerrado, enquanto outras espécies não apresentaram associação direta. Este padrão sugere que a influência da paisagem sobre a fauna predadora depende de características ecológicas particulares de cada espécie e do contexto ambiental, exigindo uma abordagem mais refinada para o manejo da biodiversidade funcional.

Assim, esta dissertação contribui em duas frentes centrais: (i) aprimora metodologicamente a coleta de dados ecológicos com armadilhas *pitfall*, oferecendo diretrizes mais precisas para o uso de iscas; e (ii) reforça a importância da composição da paisagem na manutenção de inimigos naturais em áreas agrícolas, apontando para a necessidade de políticas de uso da terra que priorizem a conservação de remanescentes nativos. Esses resultados podem subsidiar práticas de manejo mais sustentáveis e sensíveis à biodiversidade predadora, com potencial de ampliar a eficácia do controle biológico em agroecossistemas.

Por fim, os achados aqui apresentados abrem caminhos promissores para futuras investigações ecológicas e aplicadas. Estudos futuros podem aprofundar o papel funcional de espécies predadoras na regulação de populações de pragas agrícolas, por meio de modelagens funcionais. Além disso, há potencial para explorar como interações entre diferentes grupos de inimigos naturais (ex. besouros predadores, aranhas, formigas) são moduladas pela composição da paisagem. Outro desdobramento importante é o desenvolvimento de protocolos amostrais padronizados e eficientes, capazes de capturar múltiplos grupos funcionais. Também se faz necessário investigar como a composição espacial do habitat (e não apenas sua quantidade) afeta a movimentação e persistência desses predadores, especialmente em paisagens dominadas por monoculturas. Portanto, essa dissertação não apenas contribui para o conhecimento atual, como também fundamenta novas abordagens para integrar conservação e produção em agroecossistemas tropicais.