



RAPHAEL RODRIGUES LYRA

**EFEITO DA CONVERSÃO DE CAMPOS NATIVOS POR
PASTAGENS EXÓTICAS E O USO DE IVERMECTINA NA
RELAÇÃO ENTRE ÁCAROS MACROCHELIDAE (ACARI:
MESOSTIGMATA) E *Dichotomius bos* (COLEOPTERA:
SCARABAEIDAE)**

LAVRAS – MG

2024

RAPHAEL RODRIGUES LYRA

**EFEITO DA CONVERSÃO DE CAMPOS NATIVOS POR PASTAGENS EXÓTICAS
E O USO DE IVERMECTINA NA RELAÇÃO ENTRE ÁCAROS MACROCHELIDAE
(ACARI: MESOSTIGMATA) E *Dichotomius bos* (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas para a obtenção do título de Mestre.

Orientador
Prof. Dr. Júlio Neil Cassa Louzada

**LAVRAS – MG
2024**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Lyra, Raphael Rodrigues.

Efeito da conversão de campos nativos por pastagens exóticas e o uso de ivermectina na relação entre ácaros Macrochelidae (Ácari: Mesostigmata) e *Dichotomius bos* (Coleoptera: Scarabaeidae) / Raphael Rodrigues Lyra. - 2024.
37 p.

Orientador: Júlio Neil Cassa Louzada

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2024.
Bibliografia.

1. Ecologia de Comunidades. 2. Ecologia de Interações. 3. Antropização. 4. Scarabaeinae. 5. Ácaros. I. Louzada, Júlio Neil Cassa. II. Universidade Federal de Lavras. III. Título.

RAPHAEL RODRIGUES LYRA

**EFEITO DA CONVERSÃO DE CAMPOS NATIVOS POR PASTAGENS EXÓTICAS
E O USO DE IVERMECTINA NA RELAÇÃO ENTRE ÁCAROS MACROCHELIDAE
(ACARI: MESOSTIGMATA) E *Dichotomius bos* (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE)**

**EFFECTS OF THE CONVERSION OF NATIVE GRASSLANDS TO EXOTIC
PASTURES AND THE USE OF IVERMECTIN ON THE RELATIONSHIP
BETWEEN MACROCHELIDAE MITES (ACARI: MESOSTIGMATA) AND
Dichotomius bos (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas para a obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 27 de Setembro de 2024.

Prof. Dr. Marcelo Passamani

UFLA

Prof. Dr. César Murilo de Albuquerque Correa

UEMS

Orientador

Prof. Dr. Júlio Neil Cassa Louzada

LAVRAS – MG

2024

*À todas as pessoas que acreditam na educação como o caminho.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, por disponibilizar a melhor estrutura possível para seus alunos, tendo professores, técnicos e funcionários qualificados para atender ao público.

Ao Departamento de Ecologia e Conservação e o PPG-ECO pela oportunidade concedida para a realização do Mestrado.

Aos professores e amigos que fiz ao longo dos anos no nosso querido departamento.

Ao meu orientador, Dr. Júlio Louzada, que abriu as portas do laboratório enquanto eu ainda estava na graduação, e desde então vem me orientando e capacitando, passando um conhecimento no qual é inextimável para a minha formação como cientista.

Ao professor Doutor Raphael Castilho e a Ávyla de Albuquerque por prontamente identificarem os ácaros, assim tornando possível a realização desse trabalho, sendo essa a primeira colaboração de muitas.

Ao pessoal do Laboratório de Ecologia e Conservação de Invertebrados (Rola-bosteiros), no qual tenho um carinho imenso por todos. Um agradecimento em especial ao Luiz e Arnol.

Aos meus amigos, que mesmo com a distância e a correria do cotidiano sempre se fizeram presentes

À minha Mãe, Daniela Rodrigues Lyra, que sempre me apoiou e incentivou a estudar, sem medir nenhum tipo de esforço.

À minha Avó Manoela, e a minha Tia/Dinda Luciana, que em conjunto com a minha mãe sempre fizeram de tudo para me ajudar a chegar nesse momento.

Aos meus irmãos, Breno e Miguel Gaspar, no qual desejo ser apenas um espelho para vocês.

À minha namorada e companheira, Francilene, por me apoiar, acreditar e estar do meu lado durante todo esse processo.

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

*“A educação não transforma o mundo.
A educação muda as pessoas.
Pessoas transformam o mundo.”
- Paulo Freire*

RESUMO

O bioma Cerrado apresenta elevada biodiversidade e desempenha papel fundamental na manutenção de processos ecológicos e na provisão de serviços ecossistêmicos. Contudo, a conversão de áreas naturais em sistemas agropecuários e a adoção de práticas intensivas de manejo têm promovido alterações significativas na estrutura e no funcionamento desses ambientes, especialmente na biota edáfica e nas interações ecológicas associadas ao solo. Entre os organismos potencialmente afetados por essas mudanças, destacam-se os besouros coprófagos da subfamília Scarabaeinae e os ácaros foréticos da família Macrochelidae, grupos funcionalmente interdependentes e importantes para a dinâmica do esterco bovino. Esta dissertação teve como objetivo avaliar os efeitos da conversão de pastagens nativas em pastagens exóticas e do uso de ivermectina no manejo pecuário sobre as métricas populacionais e as relações foréticas entre o besouro rola-bosta *Dichotomius bos* (Coleoptera: Scarabaeidae) e os ácaros Macrochelidae associados, em áreas de pecuária na região de Carrancas, Minas Gerais. Para isso, foram realizadas coletas de besouros em áreas com diferentes tipos de pastagem e histórico de uso de ivermectina, seguidas da quantificação e identificação dos ácaros foréticos associados aos indivíduos amostrados. Foram coletados 8.776 ácaros associados a 288 indivíduos de *Dichotomius bos*, pertencentes a oito espécies de Macrochelidae. Os resultados indicaram que o uso de ivermectina esteve associado à redução na abundância da comunidade de ácaros foréticos, enquanto a conversão de pastagens nativas em pastagens exóticas não resultou em diferenças significativas nas métricas avaliadas. A riqueza de espécies manteve-se constante entre os diferentes tipos de manejo, possivelmente em função da abordagem focada em uma única espécie de hospedeiro. De modo geral, os resultados evidenciam que práticas de manejo pecuário podem influenciar a estrutura das comunidades edáficas e as interações ecológicas associadas ao esterco bovino. Assim, este estudo contribui para a compreensão dos efeitos da antropização sobre a biodiversidade edáfica do Cerrado e reforça a importância de considerar interações interespecíficas em avaliações ecológicas de sistemas pastoris.

Palavras-chave: ácaro; rola-bosta; ivermectina; pasto; cerrado.

ABSTRACT

The Cerrado biome harbors high biodiversity and plays a fundamental role in maintaining ecological processes and providing ecosystem services. However, the conversion of natural areas into agro-pastoral systems and the adoption of intensive management practices have promoted significant changes in the structure and functioning of these environments, particularly affecting edaphic biota and soil-associated ecological interactions. Among the organisms potentially impacted by these changes are dung beetles of the subfamily Scarabaeinae and phoretic mites of the family Macrochelidae, functionally interdependent groups that are important for the dynamics of bovine dung. This dissertation aimed to evaluate the effects of the conversion of native pastures into exotic pastures and the use of ivermectin in livestock management on population metrics and phoretic relationships between the dung beetle *Dichotomius bos* (Coleoptera: Scarabaeidae) and associated Macrochelidae mites in cattle ranching areas in the region of Carrancas, Minas Gerais, Brazil. To this end, beetles were collected in areas with different pasture types and histories of ivermectin use, followed by the quantification and identification of phoretic mites associated with the sampled individuals. A total of 8,776 mites associated with 288 individuals of *Dichotomius bos* were collected, belonging to eight Macrochelidae species. The results indicated that ivermectin use was associated with a reduction in the abundance of the phoretic mite community, whereas the conversion of native pastures into exotic pastures did not result in significant differences in the evaluated metrics. Species richness remained constant among the different management types, possibly due to the approach focusing on a single host species. Overall, the results demonstrate that livestock management practices can influence the structure of edaphic communities and the ecological interactions associated with bovine dung. Thus, this study contributes to a better understanding of the effects of anthropization on Cerrado edaphic biodiversity and reinforces the importance of considering interspecific interactions in ecological assessments of pastoral systems.

Keywords: mites; dung beetles; ivermectin; pasture; cerrado.

INDICADORES DE IMPACTO

Este trabalho apresenta impactos de natureza ambiental, científica e social, com reflexos potenciais nos âmbitos tecnológico, produtivo e de saúde ambiental, ao investigar os efeitos da conversão de pastagens nativas em pastagens exóticas e do uso de ivermectina sobre a interação entre besouros coprófagos (*Dichotomius bos*) e ácaros foréticos (Macrochelidae) em áreas de pecuária no município de Carrancas, sul de Minas Gerais. Os resultados evidenciam que práticas de manejo pecuário, especialmente o uso de antiparasitários veterinários, podem alterar a estrutura de comunidades edáficas e interações ecológicas associadas ao esterco bovino, com potenciais consequências para processos ecológicos como ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica e controle biológico natural de organismos associados ao esterco. Embora não tenha sido desenvolvido com caráter extensionista direto, o estudo possui impacto potencial sobre produtores rurais, técnicos agropecuários e gestores ambientais, ao fornecer subsídios científicos que podem orientar práticas de manejo mais sustentáveis em sistemas pastoris do bioma Cerrado. O território impactado compreende áreas rurais do Cerrado mineiro, bioma estratégico para a conservação da biodiversidade e para a produção agropecuária nacional. Os resultados contribuem para a área temática de Meio Ambiente (5), ao ampliar o conhecimento sobre biodiversidade edáfica e efeitos da antropização, e de Tecnologia e Produção (7), ao gerar informações relevantes para o manejo pecuário e o uso racional de insumos veterinários. O estudo também dialoga com a área de Saúde (6), ao abordar efeitos indiretos de fármacos veterinários sobre organismos não alvo e serviços ecossistêmicos. No contexto da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas, a pesquisa apresenta alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao discutir impactos do uso de medicamentos veterinários; ODS 15 (Vida Terrestre), ao tratar da conservação da biodiversidade do solo; e ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ao contribuir com informações que podem subsidiar sistemas produtivos mais equilibrados e ambientalmente responsáveis. Dessa forma, o trabalho reforça a importância de abordagens integrativas na avaliação dos impactos da atividade humana sobre ecossistemas naturais e produtivos.

IMPACT INDICATORS

This work presents environmental, scientific, and social impacts, with potential repercussions in the technological, productive, and environmental health spheres, by investigating the effects of the conversion of native pastures into exotic pastures and the use of ivermectin on the interaction between dung beetles (*Dichotomius bos*) and phoretic mites (Macrochelidae) in livestock farming areas in the municipality of Carrancas, southern Minas Gerais, Brazil. The results demonstrate that livestock management practices, particularly the use of veterinary antiparasitic drugs, can alter the structure of edaphic communities and ecological interactions associated with bovine dung, with potential consequences for ecological processes such as nutrient cycling, organic matter decomposition, and the natural biological control of dung-associated organisms. Although the study was not developed with a direct extension-oriented approach, it presents potential impacts for rural producers, agricultural technicians, and environmental managers by providing scientific evidence that may support more sustainable management practices in pasture-based systems of the Cerrado biome. The impacted territory comprises rural areas of the Minas Gerais Cerrado, a biome that is strategic for biodiversity conservation and national agricultural production. The results contribute to the thematic area of Environment (5) by expanding knowledge on soil biodiversity and the effects of anthropization, and to Technology and Production (7) by generating relevant information for livestock management and the rational use of veterinary inputs. The study also relates to the Health area (6) by addressing indirect effects of veterinary pharmaceuticals on non-target organisms and ecosystem services. Within the context of the United Nations 2030 Agenda, the research aligns with the Sustainable Development Goals SDG 12 (Responsible Consumption and Production), by discussing the impacts of veterinary drug use; SDG 15 (Life on Land), by addressing soil biodiversity conservation; and SDG 2 (Zero Hunger and Sustainable Agriculture), by contributing information that may support more balanced and environmentally responsible production systems. Thus, this work reinforces the importance of integrative approaches in assessing the impacts of human activities on natural and productive ecosystems.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE.....	13
1	INTRODUÇÃO.....	13
	SEGUNDA PARTE.....	15
	ARTIGO - Efeito da conversão de campos nativos por pastagens exóticas e o uso de ivermectina na relação entre ácaros Macrochelidae (Ácari: Mesostigmata) e <i>Dichotomius bos</i> (Coleoptera: Scarabaeidae)	16
	TERCEIRA PARTE.....	35
2	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
	REFERÊNCIAS.....	36

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas terrestres tropicais abrigam elevada biodiversidade e desempenham papel fundamental na manutenção de processos ecológicos essenciais, como a ciclagem de nutrientes, a estruturação do solo e o fluxo de energia nos sistemas naturais (KLINK; MACHADO, 2005; OVERBECK et al., 2015). Entre esses ecossistemas, o bioma Cerrado destaca-se por sua grande heterogeneidade ambiental e elevada riqueza de espécies, sendo considerado um dos principais hotspots de biodiversidade do planeta (OLIVEIRA et al., 2008). Entretanto, a intensa conversão de áreas naturais em sistemas agropecuários tem provocado profundas alterações na estrutura e funcionamento desses ambientes, afetando especialmente a biota edáfica e os organismos associados à matéria orgânica do solo (BENITO et al., 2005; BRANDO et al., 2013).

A substituição da vegetação nativa por pastagens exóticas representa uma das principais formas de uso da terra no Cerrado, promovendo mudanças significativas na composição da fauna do solo e na disponibilidade de recursos tróficos (ALMEIDA et al., 2011; LOUZADA; SILVA, 2009; MACEDO et al., 2020). Essas alterações podem impactar diretamente organismos que desempenham funções ecológicas chave, como os besouros coprófagos da subfamília Scarabaeinae, reconhecidos por sua importância na remoção e incorporação de fezes ao solo, controle de parasitas e melhoria das propriedades físicas e químicas do ambiente edáfico (HALFFTER; EDMONDS, 1982; HANSKI; CAMBEFORT, 1991; FRANÇA et al., 2018).

Além das mudanças no uso da terra, práticas comuns no manejo pecuário, como a administração de antiparasitários veterinários, também podem afetar a fauna associada ao esterco bovino. A ivermectina, amplamente utilizada no controle de parasitas internos e externos do gado, é excretada em grande parte de forma ativa nas fezes, onde pode persistir por períodos prolongados e causar efeitos adversos sobre organismos não alvo (WALL; STRONG, 1987; FLOATE, 1998; LUMARET et al., 1993). Diversos estudos têm demonstrado que resíduos desse fármaco reduzem a abundância, diversidade e atividade funcional de besouros coprófagos, com potenciais consequências para a degradação do esterco e os serviços ecossistêmicos associados (VERDÚ et al., 2018).

Associados aos besouros coprófagos, encontram-se diversos grupos de ácaros, muitos dos quais utilizam esses insetos como vetores de dispersão por meio da forésia (KRANTZ; WALTER, 2009; PEROTTI; BRAIG, 2009). Entre esses, destacam-se espécies da ordem Mesostigmata, frequentemente encontradas em ambientes ricos em matéria orgânica e

reconhecidas por sua importância ecológica, incluindo o potencial de controle biológico de organismos associados ao esterco, como larvas de dípteros (GERSON et al., 2003; AZEVEDO et al., 2015; AZEVEDO et al., 2018). A dinâmica dessas associações foréticas pode ser influenciada tanto por características do hospedeiro quanto por alterações ambientais, sendo sensível a mudanças no habitat e no manejo dos sistemas produtivos (MASÁN; HALLIDAY, 2009; LYRA et al., 2024).

Apesar do reconhecimento da importância ecológica dos besouros coprófagos e dos ácaros foréticos, ainda são escassos os estudos que avaliam de forma integrada como diferentes fatores antrópicos afetam simultaneamente esses organismos e suas interações. Considerando que relações interespecíficas constituem componentes fundamentais da organização e funcionamento dos ecossistemas, compreender como essas associações respondem à antropização é essencial para uma avaliação mais abrangente dos impactos das atividades humanas sobre a biodiversidade edáfica (DORMANN et al., 2009; MELLO et al., 2016).

Diante desse contexto, compreender como diferentes formas de manejo pecuário afetam não apenas organismos isolados, mas também as interações ecológicas entre grupos funcionalmente interdependentes, torna-se fundamental para a avaliação dos impactos da antropização sobre os ecossistemas pastoris. Esta dissertação adota uma abordagem integrativa para investigar os efeitos da conversão de pastagens nativas em pastagens exóticas e do uso de ivermectina no trato do gado sobre as métricas populacionais e as relações foréticas entre o besouro rola-bosta *Dichotomius bos* e os ácaros associados. Ao considerar simultaneamente alterações no habitat, práticas de manejo e interações interespecíficas, este estudo busca contribuir para uma compreensão mais ampla dos efeitos da atividade antrópica sobre a biodiversidade edáfica e os serviços ecossistêmicos no bioma Cerrado.

SEGUNDA PARTE

Artigo	
Título do artigo:	Efeito da conversão de campos nativos por pastagens exóticas e o uso de ivermectina na relação entre ácaros Macrochelidae (Ácari: Mesostigmata) e <i>Dichotomius bos</i> (Coleoptera: Scarabaeidae)
Autores:	Raphael Rodrigues Lyra Júlio Neil Cassa Louzada



**EFEITO DA CONVERSÃO DE CAMPOS NATIVOS POR PASTAGENS
EXÓTICAS E O USO DE IVERMECTINA NA RELAÇÃO ENTRE ÁCAROS
MACROCHELIDAE (ACARI: MESOSTIGMATA) E *Dichotomius bos*
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE)¹**

**EFFECTS OF THE CONVERSION OF NATIVE GRASSLANDS TO EXOTIC
PASTURES AND THE USE OF IVERMECTIN ON THE RELATIONSHIP
BETWEEN MACROCHELIDAE MITES (ACARI: MESOSTIGMATA) AND
Dichotomius bos (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE)**

Raphael Rodrigues Lyra

<https://orcid.org/0000-0003-2646-210X>

Júlio Neil Cassa Louzada

<https://orcid.org/0000-0002-1481-3112>

Resumo: O Cerrado brasileiro, uma das maiores savanas do mundo, tem sofrido intensa degradação em decorrência da conversão de seus ambientes naturais em áreas de uso antrópico. Esse bioma é fundamental por fornecer serviços ecossistêmicos essenciais, como sequestro de carbono, produção de alimento para o gado em campos nativos, abastecimento de água e manutenção de uma biodiversidade rica e singular. Apesar de sua relevância ecológica e econômica, o Cerrado permanece entre os biomas menos contemplados por políticas públicas de conservação. A agricultura e a pecuária, tanto de corte quanto leiteira, são as principais responsáveis pela conversão dessas áreas, frequentemente substituindo pastagens naturais por pastagens exóticas, como as de braquiária. Além disso, é comum o uso de fármacos, como a ivermectina, para o controle de invertebrados considerados pragas do gado. Nesse contexto, os besouros *Dichotomius bos* (Scarabaeidae) e os ácaros foréticos da família Macrochelidae são organismos frequentes e desempenham papéis ecológicos importantes. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da conversão de pastagens naturais em pastagens exóticas e do uso de ivermectina sobre a comunidade de ácaros Macrochelidae associados a *Dichotomius bos* em fazendas de Carrancas, MG. Foram coletados 8.776 ácaros pertencentes a oito espécies a partir de 288 besouros. Observou-se maior abundância de ácaros em áreas sem uso de ivermectina ($p = 0,0083$), enquanto não houve diferença significativa entre os tipos de pastagens ($p = 0,4348$). A riqueza de espécies manteve-se constante, indicando que a ivermectina reduz a abundância e pode alterar a estrutura da comunidade de ácaros foréticos.

Palavras-chave: Ácaro; Rola-bosta; Ivermectina; Pasto; Cerrado.

Abstract: The Brazilian Cerrado, one of the largest savannas in the world, has undergone increasing degradation due to the conversion of natural environments into areas of anthropogenic use. This biome plays a crucial role by providing essential ecosystem services, such as carbon sequestration, forage production for cattle in native grasslands, water supply, and the maintenance of a rich and unique biodiversity. Despite its ecological and economic importance, the Cerrado remains one of the most neglected biomes in terms of public conservation policies. Agriculture and livestock farming, both beef and dairy, are the main drivers of this conversion, often replacing natural pastures with exotic grasses such as *Brachiaria*. In addition, the use of pharmaceuticals such as ivermectin to control invertebrates considered pests of livestock is common. In this context, dung beetles *Dichotomius bos* (Scarabaeidae) and phoretic mites of the family Macrochelidae are frequently found and play important ecological roles. This study aimed to evaluate the effects of converting native pastures into exotic pastures and the use of ivermectin on the community of Macrochelidae mites associated with *Dichotomius bos* on farms in the municipality of Carrancas, Minas Gerais, Brazil. A total of 8,776 mites, belonging to eight species, were collected from 288 *D. bos* beetles. Mite abundance was significantly higher in areas without ivermectin use ($p = 0.0083$), while no significant differences were observed between pasture types ($p = 0.4348$). Species richness remained constant across all evaluated parameters, indicating that ivermectin use reduces the abundance and may alter the structure of the phoretic mite community.

Keywords: mites; dung beetles; ivermectin; pasture; cerrado.

¹ Artigo científico apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas.

1 INTRODUÇÃO

A conversão de ambientes naturais em áreas de uso antrópico tem aumentado significativamente nos últimos anos na savana brasileira, tornando o Cerrado um dos biomas mais ameaçados do mundo (De Marco et al., 2013; Overbeck et al., 2015). Este bioma é o segundo maior no Brasil e abriga uma diversidade significativa de seres vivos (IBGE, 2012), sendo reconhecido como um hotspot de biodiversidade mundial. Isso se deve à sua grande riqueza de espécies, elevado grau de endemismo e à contínua redução de sua área natural devido a atividades antrópicas (Oliveira et al., 2008).

Além da rica biodiversidade, o Cerrado é responsável por fornecer diversos serviços ecossistêmicos essenciais, como o sequestro de carbono, a produção de alimento para o gado em campos nativos e o abastecimento de água. Rios que se originam no Cerrado são fundamentais para suprir oito dos doze principais corpos d'água do país, evidenciando a importância das savanas e campos nativos para a biodiversidade e para a qualidade e quantidade de água que abastecem cidades e hidrelétricas (Lima; Silva, 2008; Overbeck et al., 2015).

Apesar de sua importância ecológica e econômica, o Cerrado é um dos biomas mais negligenciados pelas políticas públicas de conservação (Overbeck et al., 2015). Apenas 8,21% de seu território está legalmente protegido por unidades de conservação; deste total, 2,85% são unidades de conservação de proteção integral e 5,36% de unidades de conservação de uso sustentável, incluindo RPPNs (0,07%) (ICMBio, 2021). Essa situação é agravada pelo crescimento do setor agropecuário nas últimas décadas, que tem aumentado a conversão de áreas naturais em sistemas agropecuários (Klink; Machado, 2005; Ferreira; Lino, 2021).

As principais atividades que transformam o Cerrado em áreas antropizadas são a agricultura e a pecuária de corte ou leiteira (Brando et al., 2013). Na pecuária, é comum a conversão de áreas naturais para pastagens exóticas, com a introdução de gramíneas exóticas como as braquiárias (*Urochloa* spp.), que alteram a composição física e ecológica do ecossistema, tornando-o uma região importante para a pecuária (Horgan et al., 2001; Klink; Machado, 2005). Diversos estudos identificaram que a conversão do Cerrado em pastagens exóticas altera drasticamente esse ecossistema, sendo considerada uma das principais causas de perda de biodiversidade, tanto em ambientes terrestres quanto nos aquáticos (Almeida et al., 2011; Calvão et al., 2018; Klink; Machado, 2005).

Além das transformações causadas pela conversão das pastagens, o uso de ivermectina, um fármaco amplamente utilizado na pecuária para o controle de endoparasitas e ectoparasitas, também tem gerado preocupações quanto aos seus impactos ecológicos. A ivermectina é excretada nas fezes do gado quase inalterada e, quando presente no esterco,

pode afetar diretamente a fauna fimícola, incluindo besouros rola-bosta, que desempenham um papel crucial na decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes (Wall; Strong, 1987; Lumaret et al., 1993).

Estudos mostram que a presença desse fármaco no ambiente tem o potencial de alterar a dinâmica das interações ecológicas, afetando não apenas a fauna associada ao esterco, mas também as espécies que dependem dessa cadeia trófica, contribuindo ainda mais para a perda de biodiversidade (Floate, 1998; Verdú et al., 2018). Dessa forma, além da modificação estrutural do Cerrado por meio da introdução de pastagens exóticas, o uso de ivermectina representa outro fator de pressão antropogênica que agrava a degradação desse ecossistema.

A conversão do Cerrado em diferentes tipos de sistemas agrícolas afeta a comunidade de invertebrados edáficos, alterando sua abundância, riqueza e composição de espécies (Silva et al., 2019), inclusive no Cerrado (Benito et al., 2005; Silva et al., 2019). Entre os invertebrados afetados, podemos destacar os besouros escarabeíneos e os ácaros foréticos (Almeida et al., 2011; Manticorena, 2017; Silva et al., 2019).

Os besouros escarabeíneos, conhecidos como besouros rola-bosta, pertencem à subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) (Hanski; Cambefort, 1991). Em sua maioria, são detritívoros e utilizam fezes como recurso para oviposição e nutrição de suas larvas (Halffter; Matthews, 1966; Halffter; Edmonds, 1982). Estão distribuídos em vários biomas, tornando-se um grupo bastante diverso (Hanski; Cambefort, 1991). Esses besouros desempenham diversas funções ecológicas, como a dispersão secundária de sementes, o revolvimento e deposição de nutrientes no solo, controle biológico e participam do processo de forese como carreadores de diversos invertebrados (Braga et al., 2012; Halffter et al., 1966; Quintero-Gutiérrez et al., 2020).

A forese é um comportamento em que indivíduos com baixa capacidade dispersiva utilizam um ou mais hospedeiros para percorrer longas distâncias e alcançar novos ambientes (Winniewski; Hirschmann, 1993; Kofler; Schomolzer, 2000). Os ácaros foréticos estão entre os vários grupos de invertebrados que utilizam besouros escarabeíneos como carreadores (Masán; Halliday, 2009). Os ácaros são pequenos invertebrados quelicerados da classe Arachnida, distribuídos globalmente e encontrados em todos os ambientes (Moraes; Flechtmann, 2008; O'Connor, 2009). Eles podem ser parasitas ou de vida livre, com diversos hábitos alimentares: fitófagos, predadores ou decompositores.

A diversidade de hábitos alimentares permite que esse grupo realize funções ecológicas como decomposição, ciclagem de nutrientes no solo (Walter; Proctor, 2013) e controle biológico de pragas e organismos que transmitem doenças médico-veterinárias (Perotti et al., 2000; Azevedo et al., 2018; Silva et al., 2016; Toledo et al., 2018). É comum entre as espécies de ácaros de vida livre ter baixa capacidade de dispersão, tornando a forese uma alternativa

para migrarem para outros locais (Krantz; Walter, 2009).

A família de ácaros Macrochelidae pertence à ordem Mesostigmata e é uma das mais abundantes e diversas no ambiente edáfico (Lindquist et al., 2009). É conhecida por sua diversidade de espécies predadoras, que atacam larvas e ovos em fezes ou animais em decomposição (Behan-Pelletier, 2003; Braig; Perotti, 2009; Gerson et al., 2003; Koehler et al., 1999; Perotti; Braig, 2009). Devido a essa abundância e diversidade, muitas espécies desse grupo são de interesse econômico, sendo estudadas e utilizadas para o controle biológico de pragas. Entre as várias espécies estudadas e utilizadas no controle biológico, podemos citar a *Macrocheles robustulus* (Berlese), que é comercializada e utilizada para o controle das larvas comedoras de fungo, popularmente conhecidas como “*Fungus gnats*” (Diptera: Sciriidae) e a tripes (Thysanoptera) (Azevedo et al., 2015; Azevedo et al., 2021; Borges et al., 2021; Knapp et al., 2018).

Dada a evidência de que essas espécies foréticas dependem de seus carreadores para se dispersarem no ambiente (Wisniewski; Hirschmann, 1993; Kofler; Schomolzer, 2000), e considerando que os besouros escarabeíneos são afetados pela conversão do Cerrado em pastagens exóticas (Almeida et al., 2011; Louzada et al., 2009; Macedo et al., 2020), há uma necessidade de entender como a relação entre esses dois grupos é impactada pela antropização. Existem poucos estudos na literatura que esclarecem onde, como e quais ácaros foréticos se associam aos besouros escarabeíneos (Rodrigues, 2000; Noriega et al., 2022) e como essa associação é afetada pela modificação de sistemas naturais, o que reforça a necessidade de novas pesquisas (Noriega et al., 2022; Lyra et al., 2023). Com o crescimento da agropecuária e a contínua modificação do Cerrado e suas fitofisnomias em ambientes antropizados, estudos que envolvem grupos prestadores de serviços ecossistêmicos, como os besouros escarabeíneos e ácaros foréticos, tornam-se cada vez mais relevantes. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar como a conversão do Cerrado em pastagens exóticas pode afetar a comunidade de ácaros Macrochelidae associados a esses besouros.

2 OBJETIVO E HIPÓTESES

O objetivo deste trabalho foi avaliar como a conversão das pastagens naturais e o uso de Ivermectina no gado afetam a relação entre ácaros da família Macrochelidae associados ao besouro *Dichotomius bos*.

Objetivos específicos

I: Investigar como as pastagens exóticas alteram a abundância, riqueza e composição de espécies da comunidade de ácaros Macrochelidae associados a besouros *Dichotomius bos*.

II: Investigar como o uso de Ivermectina altera a abundância, riqueza e composição de espécies da comunidade de ácaros Macrochelidae associados a besouros *Dichotomius bos*.

III: Investigar se a conversão das pastagens e o uso de Ivermectina ao mesmo tempo altera a abundância, riqueza e composição de espécies da comunidade de ácaros Macrochelidae associados a besouros *Dichotomius bos*.

Hipóteses

I: As pastagens exóticas causarão um efeito negativo na comunidade edáfica, alterando a abundância, riqueza e composição de espécies na comunidade de ácaros macrochelídeos associados aos besouros escarabeíneos.

II: O uso de Ivermectina causará um efeito negativo na comunidade edáfica, alterando a abundância, riqueza e composição de espécies na comunidade de ácaros macrochelídeos associados aos besouros escarabeíneos.

III: A conversão das pastagens naturais em conjunto com o uso de Ivermectina causará um efeito negativo na comunidade edáfica, alterando a abundância, riqueza e composição de espécies na comunidade de ácaros macrochelídeos associados aos besouros escarabeíneos.

3 METODOLOGIA

Área de estudo

Esse estudo foi realizado no município de Carrancas, na região Sul do Estado de Minas Gerais, Brasil (21°28'24" S, 44°39'05" W). As áreas amostradas estão localizadas no bioma

Cerrado. A altitude da região está entre 900 m e 1200 m, possuindo uma média de precipitação anual de 1480 mm e a temperatura média de 15° C (Oliveira-Filho et al. 2004).

Desenho amostral

Foram selecionadas 28 áreas amostrais independentes, distantes entre si, no mínimo, 300 m. Esses locais de amostragens estão divididos em dois sistemas, pastagens nativas (campo limpo) e pastagens exóticas, que são comumente compostas por braquiárias (*Urochloa spp.*); São 14 áreas de pastagens nativas e 14 de pastagens exóticas. As pastagens estão distribuídas em sete fazendas leiteiras de tamanho médio e grande, possuindo de 43 a 457ha. Todas essas pastagens são utilizadas pelo gado.

Coleta e identificação de Scarabaeinae

As coletas dos besouros escarabeíneos foram realizadas durante a estação chuvosa da região, especificamente ao longo do mês de janeiro de 2012 (De Sá Júnior et al., 2012). A estação chuvosa é conhecida por apresentar uma maior diversidade desses insetos (Halfpter; Mathews, 1966; Milhomem; Vaz-de-Melo; Diniz, 2003). Em cada pastagem, foram instaladas 6 armadilhas de queda (Pitfall), dispostas em um formato retangular com 100 m de distância entre si. As armadilhas foram iscadas com 20 g de fezes humanas para atrair um maior número de espécies (Correa et al., 2017) e permaneceram expostas no campo por 48 horas (França; Louzada; Barlow, 2018). Essas armadilhas consistem em um recipiente de plástico com 10 cm de profundidade e 20 cm de diâmetro, contendo 250 ml de uma solução salina com detergente, além de um copo plástico de 5 cm de diâmetro e 4 cm de profundidade contendo 20 g de fezes. Uma tampa plástica foi utilizada como proteção contra a chuva.

Os indivíduos coletados foram levados ao Laboratório de Ecologia e Conservação de Invertebrados (LECIN) na Universidade Federal de Lavras – UFLA, onde foram triados e identificados. Foram analisados somente os indivíduos pertencentes à espécie *Dichotomius bos*, reconhecida por sua alta importância em sistemas campestres, conforme destacado por Tissiani e colaboradores (2017). Esta espécie foi escolhida devido à sua relevância funcional para as pastagens brasileiras, considerando-se atributos como distribuição, frequência, hábitos de enterramento e o tamanho das espécies.

Coleta e identificação de Macrochelidae

Após serem identificados, os besouros foram submetidos a uma rigorosa inspeção para a retirada dos ácaros foréticos associados a eles. Para isso, foi utilizado um estereomicroscópio modelo Olympus SZ51 no momento da inspeção. Os escarabeíneos foram dissecados durante o processo para que fosse possível acessar regiões do corpo mais difíceis. Os ácaros foram retirados com o auxílio de pinças e pincéis, armazenados em tubos de plásticos contendo álcool 80%, e posteriormente montados em lâminas de microscopia com o uso do meio *Hoyer*. Quando necessário, os espécimes foram previamente clarificados utilizando ácido láctico (Walter; Krantz, 2009). Os espécimes montados foram secos em estufa por 72 horas e posteriormente enviados para serem identificados até o menor nível taxonômico possível pelos especialistas Prof. Dr. Raphael Castilho e pela Mestre Ávyla de Albuquerque, no Laboratório de Acarologia Agrícola da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP.

Análises estatísticas

Para investigar se o tipo de pastagem influencia a comunidade de ácaros foréticos da família Macrochelidae associados aos besouros escarabeíneos, foi utilizado um modelo linear de efeitos mistos (GLMM) com distribuição binomial negativa. Neste modelo, a abundância e a riqueza de ácaros foram consideradas como variáveis resposta, enquanto o tipo de sistema (pastagem nativa e pastagem exótica) e uso de ivermectina foram tratados como variável explicativa. Os besouros foram incluídos como variável aleatória devido ao desenho amostral hierárquico do estudo. A adequação dos modelos foi verificada graficamente para garantir a confiabilidade das análises. As análises foram realizadas no software R, utilizando pacotes como lme4, glmmTMB, Ggally, DHARMA, entre outros (Bates et al., 2015).

Para avaliar o efeito na diversidade de espécies de ácaros e a distribuição de seus indivíduos, foram criadas matrizes de interações entre os tipos de pastagens e o uso de ivermectina. Nessas matrizes, as espécies de ácaros foram listadas nas linhas, enquanto as variáveis explicativas (sistema de pastagem e uso de ivermectina) foram colocadas nas colunas. As métricas de diversidades utilizadas incluíram a riqueza de espécies, a diversidade de Shannon e a diversidade de Simpson. Além disso, foram geradas curvas de acumulação, rarefação e extrapolação para compreender melhor o comportamento dos ácaros associados ao besouro *Dichotomius bos*. Toda essa análise foi realizada utilizando o pacote "iNEXT" no software estatístico R (R CORE TEAM, 2018).

Adicionalmente, foi avaliada a diferença na composição das espécies de ácaros entre os sistemas pastoris e o uso de ivermectina. A identificação visual dessas diferenças foi feita através da construção de tabelas das espécies coletadas.

4 RESULTADOS

Foram coletados um total de 288 besouros *Dichotomius bos* e retirados 8.776 ácaros foréticos. Deste total, 3.431 ácaros pertenciam a 109 besouros coletados nas áreas de pastagem campo limpo (CL) e 5.345 ácaros pertenciam a 179 besouros coletados nas áreas de pastagens de braquiárias (B). Um total de 8 espécies de ácaros foram encontradas associadas aos besouros, com ambos os sistemas compartilhando as mesmas espécies, com exceção de um indivíduo de uma nova família encontrada na B (Tabela 3 e 4).

A abundância de ácaros encontrados nos sistemas de pastagens, Campo Limpo e Braquiária, não apresentaram diferenças significativas ($p= 0.4348$) (Tabela 1), corroborado pela GLMM realizado durante as análises (Figura 1).

Tabela 1: Comparação dos valores mínimos, médios e máximos de ácaros foréticos associados aos besouros *Dichotomius bos* entre as pastagens de campo limpo (CL) e pastagens de braquiárias (B) em fazendas na região de Carrancas - MG.

Sistema	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão
Campo Limpo	0	31,2	175	41,81
Braquiária	0	30	340	41,57

Fonte: Autores, 2024.

Figura 1 - Abundância de ácaros associados aos besouros entre as pastagens.

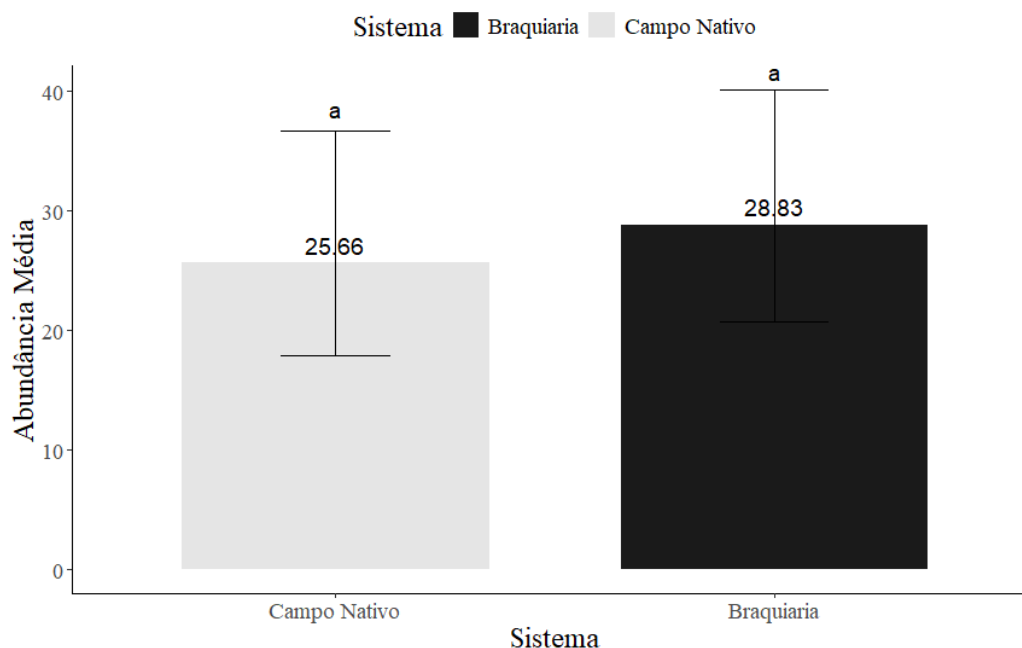


Figura 1: Boxplot da abundância de ácaros associados aos besouros *Dichotomius bos* entre as pastagens de campo limpo (CL) e pastagens de braquiárias (B) em fazendas na região de Carrancas - MG.

No que diz respeito ao efeito do uso da Ivermectina, foi observado uma maior abundância de ácaros associados aos besouros em pastos onde não se utilizou o fármaco no rebanho (Tabela 2). Neste sentido, 4.288 ácaros pertenciam a 125 besouros em áreas sem o uso de ivermectina (IN), e 4.488 ácaros pertenciam a 163 besouros em áreas com rebanho onde se fez o uso de ivermectina (IS), havendo uma diferença significativa entre o uso ou não do produto ($p= 0.0083$)(Figura 2).

Não foi observado diferença significativa na abundância para a interação entre as variáveis de sistemas de pastagens e uso de ivermectina em nenhuma das possíveis interações ($p= 0.904$).

Tabela 2: Comparação dos valores mínimos, médios e máximos de ácaros foréticos associados aos besouros *Dichotomius bos* entre o uso ou não de Ivermectina no manejo de gado em fazendas na região de Carrancas - MG.

Ivermectina	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão
Não	0	34,3	340	41,37
Sim	0	27,5	188	41,35

Fonte: Autores, 2024.

Figura 2 - Abundância de ácaros associados aos besouros entre o uso de ivermectina no manejo do gado.

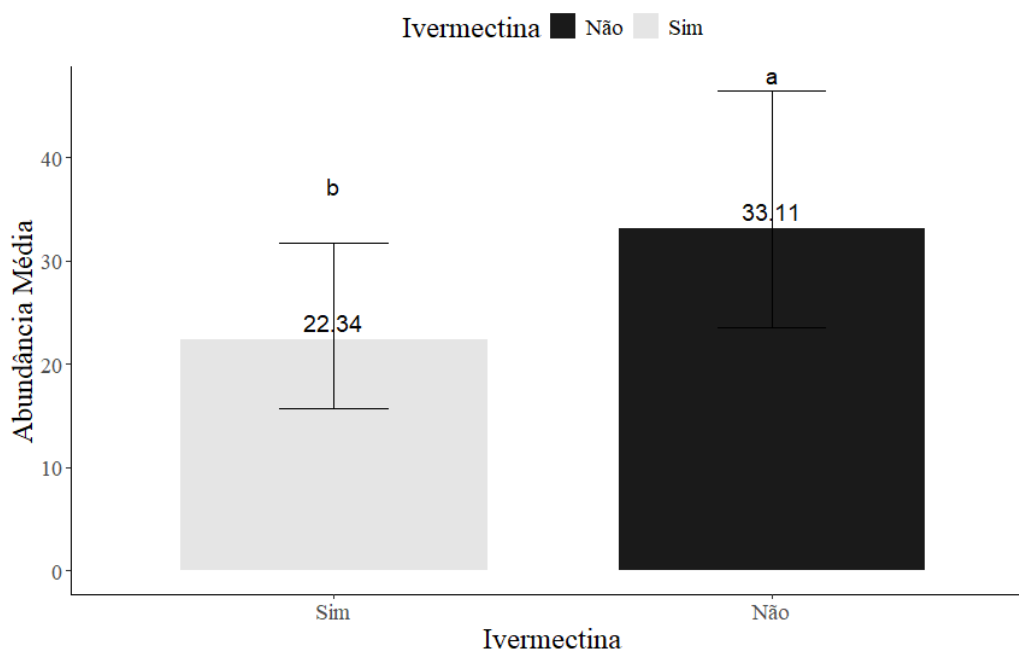


Figura 2: Boxplot da abundância de ácaros associados aos besouros *Dichotomius bos* entre o uso ou não de ivermectina no manejo de gado em fazendas na região de Carrancas - MG.

A riqueza de espécies foi a mesma para todas as variáveis analisadas, sendo observada oito espécies de ácaros: *Macrocheles roquensis*, *Macrocheles cognatus*, *Macrocheles dimidiatus*, *Holocelaeno aff. furcata*, *Zygozeius lindquist*, *Megalolaelaps n. sp.*, *Copriphes sp.*, *Mesostigmata sp.*; Dentre essas espécies, três são espécies novas a ciência (*Megalolaelaps n. sp.*, *Copriphes sp.* e *Mesostigmata sp.*), sendo uma delas, *Mesostigmata sp.*, a representante de uma nova família. O número de indivíduos de cada espécie foi diferente entre as variáveis de sistemas de pastagens e uso de ivermectina (Tabela 3 e 4).

Tabela 3: Distribuição da abundância de ácaros associados aos besouros *Dichotomius bos* de acordo com as espécies entre as pastagens de campo limpo (CL) e pastagens de braquiárias (B) em fazendas na região de Carrancas - MG.

Pastagem	<i>Macrocheles roquensis</i>	<i>Macrocheles cognatus</i>	<i>Macrocheles dimidiatus</i>	<i>Holocelaeno aff. furcata</i>	<i>Zygozeius lindquist</i>	<i>Megalolaelaps n. sp.</i>	<i>Copriphes sp.</i>	<i>Mesostigmata sp.</i>	Total
Campo Limpo	1489	1484	276	139	16	18	9	0	3431
Braquiária	2229	1992	748	123	159	67	26	1	5345

Total	3718	3476	1024	262	175	85	35	1	8776
-------	------	------	------	-----	-----	----	----	---	------

Fonte: Autores, 2024.

Tabela 4: Distribuição da abundância de ácaros associados aos besouros *Dichotomius bos* de acordo com as espécies entre o uso ou não de Ivermectina no manejo de gado em fazendas na região de Carrancas - MG.

Ivermectina	<i>Macrocheles roquensis</i>	<i>Macrocheles cognatus</i>	<i>Macrocheles dimidiatus</i>	<i>Holocelaeno aff. furcata</i>	<i>Zygoseius lindquist</i>	<i>Megalolaelaps n. sp</i>	<i>Copriphissp.</i>	<i>Mesostigmata sp</i>	Total
Não	1919	1591	530	124	61	41	21	1	4288
Sim	1799	1885	494	138	114	44	14	0	4488
Total	3718	3476	1024	262	175	85	35	1	8776

Fonte: Autores, 2024.

Foi observada uma diferença no acúmulo de espécies por abundância dos ácaros nos diferentes sistemas de pastagem (Figura 3). As espécies tiveram um maior número de indivíduos nas pastagens braquiárias (Tabela 3), além de possuírem um maior número de indivíduos de espécies raras. A curva do índice de Shannon mostrou que para ambos os sistemas as espécies foram bem capturadas pelo esforço amostral. De forma semelhante, a curva do índice de Simpson mostrou que as espécies estão bem representadas e que há poucas espécies dominantes para ambos os sistemas de pastagens.

Figura 3 - Curva de rarefação e extrapolação em função das pastagens.

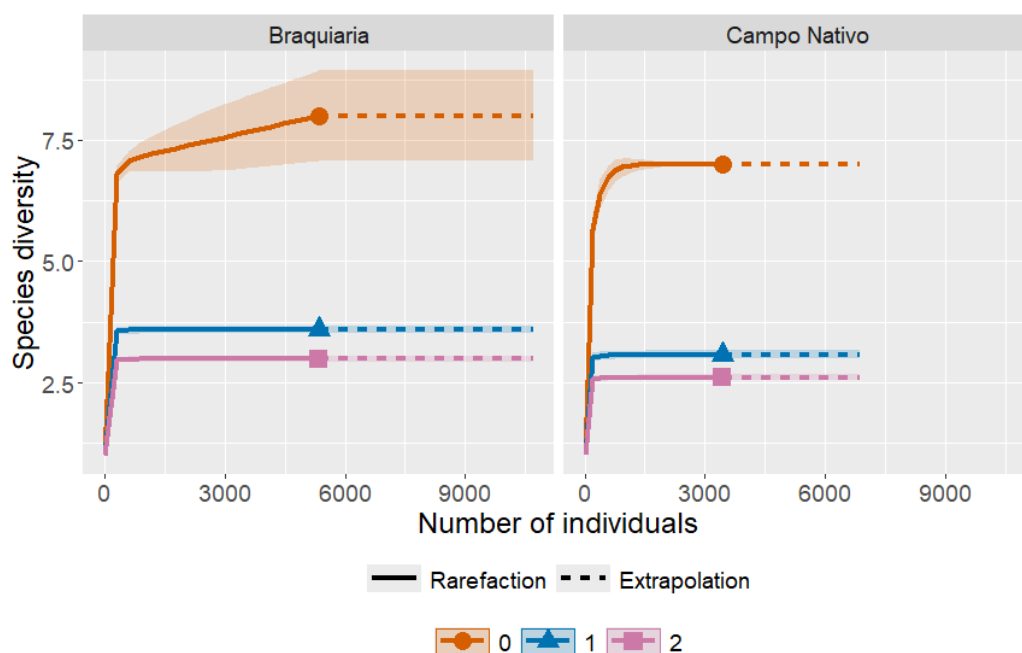


Figura 3: Curva de rarefação e extrapolação de espécies para a estimativa da riqueza de espécies (0), diversidade de Shannon(1), e diversidade de Simpson (2) em função da abundância de ácaros entre as pastagens de campo limpo (CL) e pastagens de braquiárias (B) em fazendas na região de Carrancas – MG.

O acúmulo de espécies por abundância dos ácaros nas áreas onde foi avaliado a utilização da ivermectina não teve diferença (Figura 4), com exceção da presença de uma única espécie diferente. As três métricas avaliadas foram semelhantes, com o índice de Shannon e o índice de Simpson apresentando resultados iguais para os sistemas de pastagens.

Figura 4 - Curva de rarefação e extrapolação em função do uso de ivermectina.

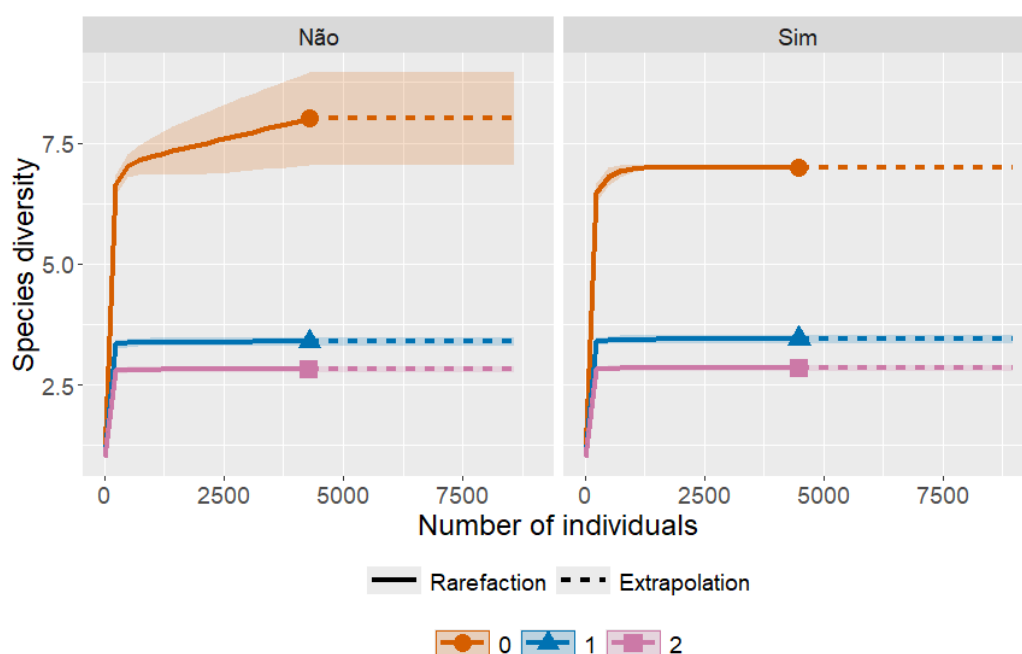


Figura 4: Curva de rarefação e extrapolação de espécies para a estimativa da riqueza de espécies (0), diversidade de Shannon(1), e diversidade de Simpson (2) em função da abundância de ácaros entre o uso ou não de Ivermectina no manejo de gado em fazendas na região de Carrancas – MG.

4 DISCUSSÃO

Este estudo é pioneiro na avaliação do efeito da conversão de pastagens naturais e do uso de ivermectina sobre os ácaros associados aos besouros rola-bosta. Os resultados indicam que a conversão de pastagens de campo limpo em pastagens de braquiária não afeta a abundância ou riqueza dos ácaros associados aos besouros *Dichotomius bos*. No entanto, o uso de ivermectina mostrou uma diferença significativa na abundância dos ácaros, embora não tenha havido diferença na riqueza de espécies.

A ausência de diferença na abundância de ácaros entre os sistemas de pastagens pode refletir a distribuição e presença do besouro *Dichotomius bos* nas áreas.

A conversão de vegetação nativa em pastagens no Cerrado para criação de gado é comum no Brasil, e estudos mostram como essa conversão afeta os rola-bostas e a fauna edáfica. A mudança na vegetação pode reduzir a abundância, riqueza e composição das espécies de escarabeíneos (Almeida et al., 2011), alterando a disponibilidade de recursos para a comunidade (Macedo et al., 2020). O besouro *D. bos*, por sua natureza generalista, é amplamente encontrado em diferentes sistemas de pastagens, possuindo ampla distribuição, abundância, frequência e importância em todo o Brasil, sendo classificado como uma espécie de alta relevância por Tissiani e colaboradores (2017). Devido a essas características do *D. bos* e à relação forética dos ácaros, acredita-se que a abundância dos ácaros não foi alterada pela relação com seu foronte, onde o besouro ou hospedeiro é considerado um recurso essencial para a sobrevivência desse grupo (Gibbs & Stanton, 2001; Ewers et al., 2013; Noriega et al., 2022; Lyra et al., 2023).

Para os ácaros coletados em áreas onde a ivermectina foi utilizada para controle de doenças, observou-se uma diferença significativa, com maior abundância de ácaros em áreas sem o uso de ivermectina. Esse comportamento pode ser explicado por três fatores: 1) A ivermectina pode afetar a comunidade de besouros rola-bosta, alterando sua taxa de mortalidade, reprodutividade e crescimento, diminuindo a abundância e riqueza desse grupo. Como os escarabeíneos e ácaros têm uma relação próxima, a comunidade de ácaros também é afetada indiretamente. 2) Os ácaros de solo podem ser diretamente afetados pela ivermectina que penetra no solo, já que o grupo é edáfico e necessita do solo para completar seu ciclo de vida (Moraes & Flechtmann, 2008; O'Connor, 2009). 3) A ivermectina afeta outros organismos do solo, sendo usada para controlar pragas do gado, como nematóides e dípteros, que são predados pelos ácaros da família Macrochelidae e outros da ordem Mesostigmata (Koehler et al., 1999; Behan-Pelletier, 2003; Gerson et al., 2003; Braig & Perotti, 2009). Isso reduz os recursos alimentares, limitando a população e diminuindo a abundância da comunidade.

Quanto à riqueza, não houve diferença significativa entre os parâmetros avaliados, sistemas de pastagem e uso de ivermectina. Isso pode ser devido à utilização de uma única espécie de rola-bosta neste estudo e à forte relação que esses grupos compartilham. Entre as oito espécies de ácaros observadas associadas aos *Dichotomius bos*, cinco já eram conhecidas pela ciência e três são novas, com a ocorrência de um indivíduo de uma possível nova família. Considerando que aproximadamente 40% das espécies de ácaros retiradas de apenas uma espécie de besouro são novas, é interessante considerar quantas novas espécies podem surgir de toda uma comunidade de rola-bostas.

5 CONCLUSÃO

Estudos como este são importantes para entendermos não só como a antropização afeta a uma população, mas sim como afeta a comunidade e a relação entre diferentes grupos. Não foi observado uma diferença significativa na abundância de ácaros associados aos besouros *Dichotomius bos* entre os sistemas de pastagens de Campo Limpo e Braquiária, mas foi encontrado uma diferença significativa na abundância dos ácaros em áreas onde o ivermectina era utilizada para o controle de pragas do gado, tendo uma abundância menor comparada a áreas de não uso.

Não houve diferença para a riqueza de espécies em nenhum dos parâmetros avaliados. Com isso, nossos resultados apresentam evidência de que o tipo de pastagem não afeta a abundância de ácaros associados ao besouro *Dichotomius bos*, mas a utilização da ivermectina sim. Os ácaros e os besouros são dois dos principais grupos de invertebrados edáficos fimícolas, sendo a família de ácaro Macrochelidae e a de besouro Scarabaeidae umas das mais abundantes e frequentes nesses ambientes. Entender como esses dois grupos se comportam e relacionam é de extrema importância dado o cenário atual, onde a produção de gado para diversos fins é cada vez maior. Dada a importância desses dois grupos, mais estudos são necessários para entender como esses distúrbios afetam a realização de suas funções ecológicas e reforçar a necessidade de práticas menos danosas para a comunidade edáfica.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S.; LOUZADA, J.; SPERBER, C.; BARLOW, J. Subtle land-use change and tropical biodiversity: dung beetle communities in cerrado grasslands and exotic pastures. *Biotrópica*, 43, pp. 704-710. 2011.
- AZEVEDO, L. H.; ESTECA, F. C. N.; MORAES, G. J. (Macrochelidae mites (Mesostigmata: Macrochelidae) as biological control agents, in Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms. Springer International Publishing, pp. 103-132. 2015.
- AZEVEDO, L. H. et al. Potential of *Macrocheles* species (Acari: Mesostigmata: Macrochelidae) as control agents of harmful flies (Diptera) and biology of *Macrocheles embersoni* Azevedo, Castilho and Berto on *Stomoxys calcitrans* (L.) and *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *Biological Control*, Rio de Janeiro, v. 123, p. 1-8, 2018.
- AZEVEDO, L. H.; BORGES, V. FILHO, W. M.; CASTILHO, R. C.; MORAES, G. J. Semi-field evaluation of the predation of *Macrocheles embersoni* and *Macrocheles muscaedomesticae* (Acari: Mesostigmata: Macrochelidae) on the house fly and the stable fly (Diptera: Muscidae). *Society of Chemical Industry, Pest Manag. Sci.*, pp. 1029-1034. 2021.
- BEDANO, J.C; DOMÍNGUES, A; AROLFO, R. Assessment of soil biological degradation using mesofauna. *Soil and Till. Res.*, 117: 55-60, 2011.

- BEHAN-PELLETIER, V. M. Acari and Collembola biodiversity in Canadian agricultural soils. *Can J Soils Sci* 83:279–288. 2003.
- BENITO, N.; BROSSARD, M.; PASINI, A.; GUIMARÃES, M.D.F.; BOBILLIER, B. Transformations of soil macroinvertebrate populations after native vegetation conversion to pasture cultivation (Brazilian Cerrado). *Eur. J. Soil Biol.* 40, 147–154. 2005.
<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.02.002>. FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. DOI: 10.28951/rbb.v37i4.450. Disponível em:
<https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>. Acesso em: 25 fev. 2025.
- BRAGA, R. F. et al. Are Dung beetles driving dung-fly abundance in traditional agricultural areas in the Amazon? *Ecosystems*, New York, v. 15, n. 7, p. 1173-1181, 2012.
- BRAIG, H. R.; PEROTTI, M. A. Carcasses and mites. *Exp Appl Acarol*, 49:45–84. 2009.
- BRANDO, P. M.; COE, M. T.; DEFRIES, R.; AZEVEDO A. A. Ecology, economy and management of an agroindustrial frontier landscape in the southeast Amazon. *Philos Trans R Soc*, 368:1–9. 2013.
- CALVÃO, B. L.; JÜEN, L.; OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; BATISTA, J. D.; DE MARCO, P. J. Land use modifies Odonata diversity in streams of the Brazilian Cerrado. *Journal of Insect Conservation*. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10841-018-0093-5>
- DE MACRICO, P.; NOGUEIRA, D. S.; CORREA, C. C.; VIEIRA, T. B.; SILVA, S. K. D.; PINTO, N.S.; BICHSEL, D.; HIROTA, A. S. V.; VIEIRA, R. R. S.; CARNEIRO, F. M.; OLIVEIRA, A. A. B.; CARVALHO, P.; BASTOS, R.P.; ILG, C.; OERTLI, B. Patterns in the organization of Cerrado pond biodiversity in Brazilian pasture landscapes. *Hydrobiologia* 723:87–101. 2013.
- DE SÁ JÚNIOR, A. et al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 108, n. 1-2, p. 1–7, 27abr. 2012.
- DORMANN, C. F.; FRÜND, J.; BLÜTHGEN, N.; GRUBER, B. Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. *The Open Ecology Journal*, v. 2, p. 7–24, 2009.
- FERREIRA, F. M.; LINO, E. N. S.; Expansão agrícola no cerrado: o desenvolvimento do agronegócio no estado de Goiás entre 2000 a 2019. *Revista Caminhos de Geografia*, pp. 01-17. Uberlandia, Minas Gerais. 2021.
- FLOATE, K. D. (1998). Off-target effects of ivermectin on insects and on dung degradation in southern Alberta, Canada. *Bulletin of Entomological Research*, 88(01), 25.
doi:10.1017/s0007485300041523
- FRANÇA, F. M.; LOUZADA, J.; BARLOW, J. Selective logging effects on ‘brown world’ faecal-detritus pathway in tropical forests: A case study from Amazonia using dung beetles. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 410, p. 136-143, 2018.
- GERSON, U.; SMILEY, R. L.; OCHOA, R. Mites (Acari) for pest control. Blackwell Science Ltd, London, p 539. 2003.
- HALFFTER, G; MATTHEWS, E. G. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae. *Folia Entomológica Mexicana*, [S.l.], v. 12, n. 14, p. 1-302, 1966.
- HALFFTER, G; EDMONDS, W. D. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): an

ecological and evolutive approach. México: Instituto de Ecología, pp. 177. 1982.

HALFFTER, G; FAVILA, M. E. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International*, 27:15-21. 1993.

HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. *Dung Beetle Ecology*. Princeton: Princeton University Press, pp. 481. 1991.

HORGAN, F. G. Burial of bovine dung by coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) from horse and cow grazing sites in El Salvador. *Eur. J. Soil Biol.* 37, 103–111. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(01\)01073-1](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(01)01073-1). 2001.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012. Indicadores de desenvolvimento sustentável. Brasília, IBGE.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*. 1, 147–155. 2005.

KOEHLER, H. H. Predatory mites (Gamasina: Mesostigmata). *Agr Ecosyst Environ*, 74:395–410. 1999.

KOFLER, A; SCHMOLZER, K. Zur Kenntnis phoretischer Milben und ihrer Tragwirte in Österreich (Acarina: Gamasina, Uropodina). *Berichte des Naturwissenschaftlich-medizinischen Ber. nat.-med. Verein Innsbruck*, 87: 133–157, 2000.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. *A manual of Acarology*. 3. ed. Lubbock: Texas Tech University, pp 807. 2009.

LIMA, J. E .F. W.; SILVA, E. M. Recursos hídricos do bioma Cerrado: importancia e situação. *Cerrado: ecologia e flora*, pp. 89-106. EMBRAPA-CPAC, Planatina, Brasil. 2008.

LINDQUIST, E. E.; KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. Order Mesostigmata. In: Krantz GW, Walter DE (eds) *A manual of acarology*. Texas Tech University Press, Lubbock, pp 124–232. 2009.

LUMARET, J. P.; GALANTE, E.; LUMBRERAS, C.; MENA, J.; BERTRANDM.; BERNAL, J. L.; CROWE, D. 1993). Field Effects of Ivermectin Residues on Dung Beetles. *The Journal of Applied Ecology*, 30(3), 428. doi:10.2307/2404183

LYRA, R. R.; DE ARAUJO RODRIGUES, T. H.; DA COSTA, C. M. Q.; CORREA, C. M. A.; LOUZADA, J. N. C.; OLIVEIRA BERNARDI, L. D. (2024) DOES Restinga degradation impact the association between mites and dung beetles? *Austal Ecology*, 49, e13463. Available from <https://doi.org/10.1111/aec.13463>

LOUZADA, J. N. C.; SILVA, P. R. Utilization of introduced Brazilian pastures ecosystems by native dung beetles: diversity patterns and resource use. *Insect Conserv. Divers.* 2, 45–52. 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2008.00038.x>

MACEDO, R.; AUDINO, L. D.; KORASAKI, V.; LOUZADA, J. Conversion of Cerrado savannas into exotic pastures. The relative importance of vegetation and food resources for dung beetle assemblages. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, pp. 288. 2020.

MANTICORENA, J. L. M. Alteration of the faunistic composition of edaphic mites according to land use in central-southern region of Brazil. Thesis (Doutorado em Agronomia) Repositório UNESP. 2017.

MASAN, P; HALLIDAY, P. Mesostigmatid mites associated with the dung beetle *Copris*

- lunaris (Coleoptera: Scarabaeidae). *Eur. J. Entomol.*, 106(4): 545-550, 2009. 311-328, 2014.
- MELLO, M. A. R.; MUYLELAERT, R. L.; PINHEIRO, R. B. P.; FERREIRA, G. B. F. Guia para análise de redes ecológicas. 1s Edition. Publicação independente, Belo Horizonte. 2016.
- MILHOMEM, M. S.; VAZ-DE-MELLO, F.; DINIZ, I. R. D. Técnicas de coleta de besouros copronecrófagos no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38, 1249–1256. 2003.
- MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. Manual de Acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos, pp. 288. 2008.
- O'CONNOR, B. M. Mites. In: RESH, V. H.; CARDÉ, V. R. R. (Org.). *Encyclopedia of Insects*. 2 ed. San Diego: Academic Press, pp. 643-649. 2009.
- OLIVEIRA, D. A.; PIETRAFESA, J. P.; BARBALHO, M. G. S. Manutenção da biodiversidade e o hotspots Cerrado. *Caminhos Geogr.*, 9:101–114. 2008.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CARVALHO, D. A.; FONTES, M. A. L. Variações estruturais de compartimento arbóreo de uma floresta semidecídua alto-montana na Chapada das Perdizes, Carrancas-MG. *Revista Brasileira de Botânica*, 27, 291–309. 2004.
- OVERBECK, G. E.; EDUARDO, V.; LEWINSOHN, T. M.; FONSECA, C. R.; MEYER, S. T.; CEOTTO, P.; JACOBI, C. M.; WEISSER, W. W. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. *Divers. Distrib.* 21, 1455–1460. 2015.
<https://doi.org/10.1111/ddi.12380>.
- PEROTTI, M. A.; BRAIG, H. R. Phoretic mites associated with animal and human decomposition. *Experimental and Applied Acarology*, [S.l], v. 49, n. 1-2, p. 85-124, 2009.
- POYAT, R. V.; PARMELEE, R. W.; CARREIRO, M. M. Environmental effects of forest soil invertebrate and fungal densities in oak stands along an urban-rural land use gradient. *Pedobiologia*, 35(5): 385-389, 1994.
- QUINTERO-GUTIÉRREZ, E. J.; COMBITA-HEREDIA, O.; KLOMPEN, H. Mesostigmatid mites associated with *Oxysternon conspicillatum* (Coleoptera: Scarabaeidae): a new species of *Macrocheles*, description of the male of *M. magna*, and four new records for Colombia. *Int. J. Acarol.*, 46(7): 496-512, 2020.
- R CORE TEAM; R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, 2018. <https://www.R-project.org/>
- SÉRGIO, R. R. Ácaros (Acari) associados aos besouros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae). Tesi (Doutorado em Entomologia) Repositório USP. 2000.
- SILVA, F. R. et al. Size of predatory mites and refuge entrance determine success of biological control of the coconut mite. *BioControl*, [S.l], v. 61, n. 6, p. 681-689, 2016.
- SILVA, R. A.; AGUIAR, A. C. F.; REBELO, J. M. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SIQUEIRA, G. M. Diversity of edaphic fauna in different soil occupation systems. *Rev. Caatinga*, Mossoró, v.32, n. 3, p. 647-657. 2017.
- TOLEDO, M. A. et al. Biological control of Southern red mite, *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae), in Coffee Plants. *Advances in Entomology*, [S.l], v. 6, p. 74-85, 2018.
- VERDÚ, J. R.; LOBO, J. M.; SÁNCHEZ-PIÑERO, F.; GALLEGOS, B.; NUMA, C.; LUMARET, J. P.; CORTEZ, V.; ORTIZ, A. J.; TONELLI, M.; GARCÍA-TEBA, J. P.; REY, A.; RODRÍGUEZ, A.; DURÁN, J. (2018) Ivermectin residues disrupt dung beetle diversity, soil properties and ecosystem functioning: An interdisciplinary field study. *Science of The*

Total Environment, Volume 618, 2018, Pages 219-228, ISSN 0048-9697,
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.331>.

WALL, R.; STRONG, L.(1987). Environmental consequences of treating cattle with the antiparasitic drug ivermectin. *Nature*, 327(6121), 418–421. doi:10.1038/327418a0

WALTER, D. E.; KRANTZ, G. W. Collecting, rearing and preparing specimens. In: KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. (Eds.). *A Manual of Acarology*. Third edit ed. Lubbock, Texas: Texas Tech University Press, pp. 83–95. 2009.

WALTER, D. E.; PROCTOR, H. C. *Mites: Ecology, evolution e behaviour*. 2. ed. Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 494. 2013.

WIŚNIEWSKI, J.; HIRSCHMANN, W. Gangsystematik der Parasitiformes Teil 548. Katalog der Ganggattungen, Untergattungen, Gruppen und Arten der Uropodiden der Erde. *Acarologie. Schriftenreihe für Vergleichende Milbenkunde*, 40: 1–220. 1993.

TERCEIRA PARTE

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta dissertação indicam que processos de antropização associados ao manejo pecuário podem afetar negativamente a comunidade de ácaros foréticos associados a besouros escarabeíneos, reforçando a sensibilidade dessas interações a distúrbios antrópicos. Embora a conversão de campos nativos em pastagens exóticas não tenha promovido alterações significativas na comunidade de ácaros associada a *Dichotomius bos*, o uso de ivermectina demonstrou potencial para reduzir a abundância desses organismos, evidenciando a importância de práticas de manejo mais sustentáveis na estruturação das comunidades edáficas.

A ausência de diferenças entre os tipos de pastagem sugere que, ao menos para o sistema estudado, mudanças na composição vegetal podem não representar um fator limitante para a manutenção das associações entre besouros coprófagos e ácaros foréticos. Em contrapartida, o uso de fármacos veterinários atua como um fator de impacto mais direto, capaz de afetar organismos não alvo e, conseqüentemente, interferir nas interações ecológicas associadas ao esterco bovino. Esses resultados destacam que diferentes componentes da antropização não atuam de forma homogênea sobre as comunidades biológicas.

A riqueza de espécies de ácaros manteve-se constante entre os diferentes cenários avaliados, o que pode estar relacionado ao fato de o estudo ter sido conduzido com apenas uma espécie de besouro hospedeiro. Considerando que a diversidade de ácaros foréticos pode estar fortemente associada à diversidade de hospedeiros disponíveis, essa limitação não invalida os resultados obtidos, mas aponta para a importância de estudos futuros que incorporem múltiplas espécies de besouros coprófagos e diferentes contextos ecológicos.

De forma mais ampla, este trabalho reforça a relevância de abordar interações ecológicas, e não apenas organismos isolados, para a compreensão dos efeitos da antropização sobre os ecossistemas. Relações como a forésia entre besouros coprófagos e ácaros constituem componentes fundamentais da organização das comunidades edáficas e podem responder de maneira distinta às pressões antrópicas quando comparadas às respostas observadas em níveis taxonômicos individuais.

Por fim, os resultados aqui apresentados evidenciam a necessidade de novos estudos

que aprofundem a investigação das associações entre besouros coprófagos e ácaros, especialmente em paisagens antropizadas. Abordagens que considerem diferentes espécies hospedeiras, gradientes de uso da terra e práticas de manejo poderão contribuir para uma compreensão mais abrangente dos impactos humanos sobre a biodiversidade edáfica e os processos ecológicos associados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S.; LOUZADA, J.; SPERBER, C.; BARLOW, J. Subtle land-use change and tropical biodiversity: dung beetle communities in cerrado grasslands and exotic pastures. *Biotropica*, 43, pp. 704–710. 2011.
- AZEVEDO, L. H.; ESTECA, F. C. N.; MORAES, G. J. Macrochelidae mites (Mesostigmata: Macrochelidae) as biological control agents. In: *Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms*. Springer International Publishing, pp. 103–132. 2015.
- AZEVEDO, L. H. et al. Potential of *Macrocheles* species (Acari: Mesostigmata: Macrochelidae) as control agents of harmful flies (Diptera) and biology of *Macrocheles embersoni* on *Stomoxys calcitrans* and *Musca domestica*. *Biological Control*, v. 123, p. 1–8. 2018.
- BENITO, N.; BROSSARD, M.; PASINI, A.; GUIMARÃES, M. D. F.; BOBILLIER, B. Transformations of soil macroinvertebrate populations after native vegetation conversion to pasture cultivation (Brazilian Cerrado). *European Journal of Soil Biology*, 40, p. 147–154. 2005.
- BRANDO, P. M.; COE, M. T.; DEFRIES, R.; AZEVEDO, A. A. Ecology, economy and management of an agroindustrial frontier landscape in the southeast Amazon. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 368, p. 1–9. 2013.
- DORMANN, C. F.; FRÜND, J.; BLÜTHGEN, N.; GRUBER, B. Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. *The Open Ecology Journal*, 2, p. 7–24. 2009.
- FLOATE, K. D. Off-target effects of ivermectin on insects and on dung degradation in southern Alberta, Canada. *Bulletin of Entomological Research*, 88, p. 25–35. 1998.
- FRANÇA, F. M.; LOUZADA, J.; BARLOW, J. Selective logging effects on ‘brown world’ faecal-detritus pathway in tropical forests: A case study from Amazonia using dung beetles. *Forest Ecology and Management*, 410, p. 136–143. 2018.
- GERSON, U.; SMILEY, R. L.; OCHOA, R. *Mites (Acari) for pest control*. Oxford: Blackwell Science Ltd., 539 p. 2003.
- HALFFTER, G.; EDMONDS, W. D. *The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): an ecological and evolutive approach*. México: Instituto de Ecología, 177 p. 1982.
- HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. *Dung Beetle Ecology*. Princeton: Princeton University Press, 481 p. 1991.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, 1, p. 147–155. 2005.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. A manual of acarology. 3. ed. Lubbock: Texas Tech University Press, 807 p. 2009.

LOUZADA, J. N. C.; SILVA, P. R. Utilization of introduced Brazilian pasture ecosystems by native dung beetles: diversity patterns and resource use. *Insect Conservation and Diversity*, 2, p. 45–52. 2009.

LUMARET, J. P.; GALANTE, E.; LUMBRERAS, C.; MENA, J.; BERTRAND, M.; BERNAL, J. L.; CROWE, D. Field effects of ivermectin residues on dung beetles. *Journal of Applied Ecology*, 30, p. 428–436. 1993.

LYRA, R. R.; RODRIGUES, T. H. A.; COSTA, C. M. Q.; CORREA, C. M. A.; LOUZADA, J. N. C.; BERNARDI, L. D. O. Does restinga degradation impact the association between mites and dung beetles? *Austral Ecology*, 49, e13463. 2024.

MACEDO, R.; AUDINO, L. D.; KORASAKI, V.; LOUZADA, J. Conversion of Cerrado savannas into exotic pastures: the relative importance of vegetation and food resources for dung beetle assemblages. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 288. 2020.

MELLO, M. A. R.; MUYLELAERT, R. L.; PINHEIRO, R. B. P.; FERREIRA, G. B. F. Guia para análise de redes ecológicas. 1. ed. Belo Horizonte: Publicação independente, 2016.

OLIVEIRA, D. A.; PIETRAFESA, J. P.; BARBALHO, M. G. S. Manutenção da biodiversidade e o hotspot Cerrado. *Caminhos de Geografia*, 9, p. 101–114. 2008.

OVERBECK, G. E.; LEWINSOHN, T. M.; FONSECA, C. R.; MEYER, S. T.; CEOTTO, P.; JACOBI, C. M.; WEISSER, W. W. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. *Diversity and Distributions*, 21, p. 1455–1460. 2015.

PEROTTI, M. A.; BRAIG, H. R. Phoretic mites associated with animal and human decomposition. *Experimental and Applied Acarology*, 49, p. 85–124. 2009.

VERDÚ, J. R. et al. Ivermectin residues disrupt dung beetle diversity, soil properties and ecosystem functioning: an interdisciplinary field study. *Science of the Total Environment*, 618, p. 219–228. 2018.

WALL, R.; STRONG, L. Environmental consequences of treating cattle with the antiparasitic drug ivermectin. *Nature*, 327, p. 418–421. 19.