

Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação

INBIO - Instituto de Biociências

Universidade Federal de Mato Grosso Do Sul

**Ácaros parasitos em roedores em diferentes gradientes de paisagem, na Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, Brasil**

Luana da Silva Fernandes

Campo Grande  
2023

**Ácaros parasitos em roedores em diferentes gradientes de paisagem, na Serra da Bodoquena, MS, Brasil**

Luana da Silva Fernandes

Defesa apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação, pelo Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Orientador: Dr. Fernando Paiva

Co-orientadora: Dra. Eliane Mattos Piranda

**A uma garota sonhadora, que ela possa sim, fazer pesquisa e lutar como uma mulher e fazer tudo o que ela queira...**

## **Agradecimentos**

Primeiramente quero agradecer aos meus pais pelo apoio durante esses anos na minha graduação e agora no mestrado, pela luta deles de me manter na faculdade. Serei eternamente grata por isso, com todo o meu amor.

Segundo agradeço a minha família em especial ao apoio do meu irmão Luan, que sempre esteve ao meu lado nos meus bons e maus momentos, também agradeço a minha vó que sempre esteve ao meu lado e sempre muito curiosa sobre a minha pesquisa, e aos meus tios e em especial a minha amiga Bárbara Freitas que é uma irmã para mim.

A minha ex-orientadora Cyntia Cavalcante Santos, que me ajudou muito durante a graduação, e que me incentivou a buscar novos horizontes na pesquisa.

Ao meu orientador Dr<sup>o</sup>. Fernando Paiva, que já estamos nessa união há um bom tempinho, me ensinou tudo sobre esse mundo fantástico sobre os ectoparasitos com todo o seu ensinamento e que levarei para toda vida. Serei eternamente grata!

A minha nova co-orientadora Dr<sup>a</sup>. Eliane Mattos Piranda, que me ajudou muito nessa jornada do meu mestrado, que me ensinou tudo que eu sei hoje sobre esse mundo magnífico dos ácaros, uma mulher forte e batalhadora, sou muito grata por ter aceitado ser a minha co-orientadora!

A minha amiga Nicolle Prado que sempre esteve ao meu lado, mesmo em alguns perrengues da vida ela estava lá, nos bons momentos também. Sou muito grata pela nossa amizade!

A minha amiga Letícia Koutchin que me apoiou muito durante o mestrado, desde a criação do projeto inicial e até agora nas escritas até os resultados finais, fora a admiração que eu tenho pela nossa amizade, que com o tempo só tende a melhorar, obrigada por tudo!

E aos tantos outros amigos que fui conquistando durante essa jornada que é a vida: Keren, Klysman, Mônica, Andreza, Dábila, Bruno, Franciany, Rony e Carol, saibam que nossa amizade é verdadeira que só tende a crescer e crescer mais.

A CAPES pela bolsa fornecida que possibilitou a execução deste trabalho, e minha permanência na Faculdade.

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação.

Ao Laboratório de Parasitologia Animal - UFMS

## Índice

<b>Resumo</b> .....	1
<b>Summary</b> .....	2
<b>Introdução</b> .....	3
<b>Material e Métodos</b> .....	6
Área de estudo.....	6
Caracterização da paisagem.....	7
Captura de roedores.....	9
Processamento das amostras.....	11
Análise dos dados.....	12
Rede de interação parasito-hospedeiro.....	12
Autorizações.....	13
<b>Resultados e Discussão</b> .....	14
<b>Conclusões</b> .....	31
<b>Literatura citada</b> .....	33

## Resumo

O parasitismo em roedores vem recebendo destaque devido à grande expansão de doenças zoonóticas; principalmente, porque mamíferos são importantes hospedeiros para várias espécies de ectoparasitos. Essas interações parasito-hospedeiro são relevantes nos processos de coevolução, atuando tanto sobre o hospedeiro quanto ao parasito, o que contribui, de certo modo, a manterem sua sobrevivência. No presente trabalho o objetivo foi abordar a interação parasitária entre ácaros e pequenos roedores em diferentes gradientes de paisagens na Serra da Bodoquena no estado do Mato Grosso do Sul; em uma área monitorada por um Projeto de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD). Para tanto, as paisagens foram caracterizadas em relação ao seu grau de conservação; como baixo, médio e alto. Assim, foram capturados 62 espécimes de roedores, e neles encontrados e recuperados 2103 ácaros; sendo todos pertencentes a ordem Mesostigmata, distribuídos em apenas dois gêneros: *Laelaps* spp. e *Gigantolaelaps* spp.. Estes foram identificados e estimados os descritores ecológicos de parasitismo como prevalência, abundância e intensidade para cada uma das espécies de hospedeiros. Modelo teórico de redes de interações foi estruturado, considerando as variáveis: parasito/hospedeiro, parasito/paisagem e hospedeiro/paisagem. Até o momento, este é o primeiro estudo sobre comunidade de ectoparasitos em roedores na Região da Serra da Bodoquena, MS; o qual deverá contribuir para a compreensão de aspectos ecológicos das relações entre os ácaros e os roedores no bioma Cerrado e Pantanal.

Palavras-chave: Parasito-hospedeiro, parasitismo, gradiente de conservação, descritores ecológicos

## Summary

The study of parasitism in rodents has gained increasing prominence due to the significant expansion of zoonotic diseases. This is primarily attributed to the fact that these mammals serve as crucial hosts for numerous ectoparasite species. Host-parasite interactions play a pivotal role in coevolutionary processes, exerting influence on both the host and the parasite, thereby contributing significantly to their mutual survival. In this research endeavor, our primary objective was to investigate the intricate parasitic interplay between mites and small rodents inhabiting various landscape gradients within the Serra da Bodoquena region in the state of Mato Grosso do Sul. This area is meticulously monitored by a Long-Term Ecological Research Project (PELD). To accomplish this, we characterized the landscapes based on their conservation status, classifying them into categories of low, medium, and high conservation. During the course of our study, we successfully captured 62 rodent specimens and retrieved 2103 mites from them. These mites exclusively belonged to the Mesostigmata order, encompassing only two genera: *Laelaps* spp. and *Gigantolaelaps* spp. We identified and estimated key ecological parameters related to parasitism, including prevalence, abundance, and intensity for each host species. Furthermore, we constructed a comprehensive theoretical model of interaction networks, encompassing variables such as parasite/host, parasite/landscape, and host/landscape interactions. It is noteworthy that our study represents the inaugural investigation into the ectoparasite community dwelling within rodents in the Serra da Bodoquena Region of Mato Grosso do Sul. We anticipate that our findings will make a substantial contribution to enhancing our understanding of the ecological dynamics governing the relationships between mites and rodents within the Cerrado and Pantanal biomes.

Keywords: Host-parasite, parasitism, conservation gradient, ecological descriptors.

## Introdução

Parasitos e hospedeiros apresentam inúmeras características que se relacionam ao fenômeno do parasitismo; sendo que a abundância e a riqueza de parasitos em um hospedeiro são fundamentais para compreender as interações e intensidades entre os dois grupos (Mota, 2013). As interações parasito-hospedeiro transcorrem ao longo do tempo, em que ambos exercem pressões de seleção mutuamente, e que resultam no surgimento de especializações, sendo possível observar adaptações morfológicas, fisiológicas e biológicas em ambos os organismos (Crofton, 1971; Neves et al., 2005; Morand., 2006; Poulin, 2007).

As alterações nas características de vida dos hospedeiros impactam de modo direto nas interações parasito-hospedeiro, causando consequências negativas no comportamento dos ácaros, como a redução da predominância entre os hospedeiros e redução nas taxas de infestação média (Thomas et al., 2000; Altizer, Harvell & Friedle, 2003).

Um dos grupos de hospedeiros mais comuns na interação parasito-hospedeiro é o de pequenos mamíferos não voadores, como os roedores, pois eles exibem uma relevância ecológica e epidemiológica por serem presas e predadores nas cadeias ecológicas; por realizarem dispersão de sementes e de atuarem como hospedeiros de ectoparasitos e endoparasitos, além de serem reservatórios de muitos agentes patogênicos (Reis et al., 2008; Cáceres, 2012).

No Brasil, são registradas 328 espécies de pequenos mamíferos não voadores, o que representa em média 43% do total de espécies dos mamíferos no país (Abreu et al., 2020). Sendo assim, a ordem Rodentia é uma das mais ricas e diversas, com 263 (35%) espécies descritas e válidas. Os ácaros são parasitos frequentes em pequenos mamíferos e podem sobreviver longos períodos no ambiente e dispersar por consideráveis distâncias em busca de novos hospedeiros (Dowling, 2006). Além dos fatores bióticos e abióticos da área circundante, o componente mais importante do seu ambiente é o seu hospedeiro, que representa de fato o seu *habitat* (Krasnov et al., 2019).

A forma como os parasitos se conectam aos seus hospedeiros podem fornecer informações importantes sobre os diferentes processos ecológicos envolvidas nessa

relação (Nava & Lareschi, 2012). E uma das formas para ressaltar tais conexões são as análises de redes de interações.

Uma das vantagens da abordagem de rede é que ela fornece uma estrutura para análise em três níveis principais: nível individual, associações pareadas e populacional. Assim, as redes podem capturar a complexidade estrutural de uma população em um nível individual, enquanto permitem *insights* sobre como esses processos de nível individual operam no nível da população. Eles também fornecem uma estrutura para a modelagem epidemiológica de doenças por meio de populações (Newman, 2002; Keeling & Eames, 2005) e fornecem uma ferramenta versátil para explorar a heterogeneidade na dinâmica das parasitoses.

Do mesmo modo que a competição e a predação, o parasitismo é uma grande força seletiva nas populações hospedeiras, porque reduz os recursos disponíveis para os processos fisiológicos do hospedeiro (Altizer et al., 2003; Poulin 2007). Sendo assim, os ácaros podem alterar a dinâmica populacional (espacial ou temporal), e mesmo a estrutura da comunidade de roedores, quer seja reduzindo as taxas de sobrevivência, fertilidade e/ou reduzindo as taxas de crescimento (Anderson & May 1979; Lehmann 1993; Tompkins & Begon 1999; Thomas et al., 2000).

Especificamente, os roedores, como hospedeiros frequentes de ectoparasitos, assumem um papel importante na transmissão de patógenos, sendo eles reservatórios naturais de diferentes agentes, como a Hantavirose, Leptospirose; Tifo murino; Peste bubônica. Tal relevância, se deve a sua alta capacidade de dispersão e de reprodução, os quais favorecem a transmissão de patógenos (Gómez-Villafañe et al., 2005).

Por sua vez, as características específicas do hospedeiro orientam a afinidade de algumas espécies de ácaros, pois alguns são mais suscetíveis a espécies específicas de ectoparasitos (Krasnov et al., 2008a). Além do mais, o sexo do hospedeiro pode contribuir para a distribuição e proporção de ectoparasitos adquiridos, observando as diferentes características comportamentais e fisiológicas entre machos e fêmeas (Poulin, 1999).

Além disso, o ambiente e suas características intrínsecas tornam as relações parasito-hospedeiro ainda mais complexas (Poulin, 1999; Nunn et al., 2003), modificando a dinâmica nos níveis individual, populacional, comunitário e do ecossistêmico (Wood & Johnson, 2015). Entender essas características dos ácaros

pode representar uma importante contribuição para a Saúde Pública, considerando o seu potencial como vetor de patógenos zoonóticos, como a *Bartonella* spp., e a intensa atividade humana na região, com destaque ao ecoturismo (De Oliveira, 2019).

Os roedores e seus ectoparasitas na maioria das vezes são associados a patógenos que causam doenças de importância médica e animal, como a peste bubônica, doença de Lyme, tifo murino e Vírus do Nilo, entre outros (Ostfeld et al., 2006; Leirs e Singleton, 2006; Fernández-González et al., 2016; Torres-Castro et al., 2018), onde seus vetores são bem conhecidos e têm sido extensivamente estudados. Os mesostigmatídeos desempenham um papel muito importante no ciclo de transmissão das *Rickettsias*, dentre outras doenças (Mullen e OConnor, 2019; Eremeeva e Muniz-Rodriguez, 2020).

Portanto, encontrar características que possam definir e auxiliar o entendimento da complexidade das interações entre espécies de ácaros/roedores foi o objetivo neste trabalho; no qual realizou-se a (1) identificação e descrição das espécies de ácaros e seus respectivos hospedeiros, (2) estimativas dos descritores ecológicos, (3) representação de redes de interação entre parasito-hospedeiro, parasito-ambiente e hospedeiro-ambiente, e (4) determinou-se os valores de conectância, aninhamento, modularidade e intensidade das redes de interação.

## **Material e Métodos**

### **Área de estudo**

O estudo foi realizado na região do Planalto da Bodoquena (20°25'29.28" - 21°44'19.72" S e 56°52'24.46" - 56° - 17'23.36" W), localizado no Estado do Mato Grosso do Sul (Figura 01). O Planalto da Bodoquena possui uma área de 76.481ha e perímetro total de cerca de 280,99km, com extensões nos municípios de Bodoquena, Bela Vista, Bonito, Caracol, Guia Lopes da Laguna, Jardim, Nioaque e Porto Murtinho. O planalto é caracterizado por predominância de uma serra com altitude entre 450 - 800m, clima tropical (20 a 22°C), e precipitação anual de 1300 a 1700 mm. As formações florestais principais são do tipo Cerrado e Mata Atlântica. No Planalto da Bodoquena, encontra-se o Parque Nacional da Serra da Bodoquena (PNSB), uma importante Unidade de Conservação que forma corredores ecológicos de biodiversidade entre os biomas do Planalto com transição para o do Pantanal, conectando à Bacia do Alto Paraguai.

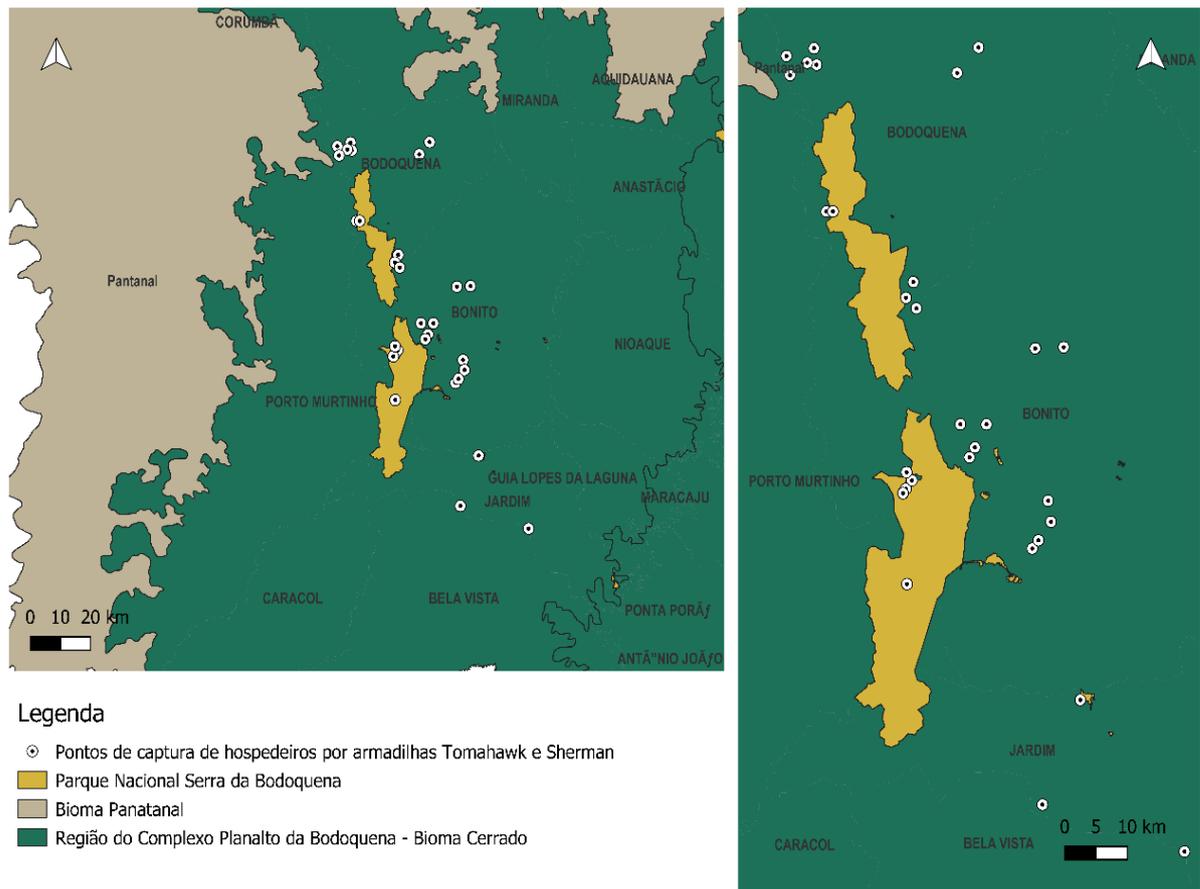


Figura 01. Área de estudo localizado no estado de Mato Grosso do Sul, abrigando os biomas Cerrado e Pantanal, um destaque para a região sudoeste, que abrange os municípios de Jardim, Bonito e Bodoquena, onde é desenvolvido o Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD).

### Caracterização da paisagem

Para este estudo, as paisagens pré-definidas foram caracterizadas, em 2017, quando da implantação do projeto do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) “Planalto da Bodoquena: rede de interações em longo prazo”. Ao todo, foram selecionados 13 pontos, onde cada ponto/coordenada amostral foi aplicado a um *buffer* de 5km nas respectivas paisagens, conforme o grau de conservação, usando como critério a cobertura vegetal original remanescente no solo; que variaram de 9% a 98% (Santos, 2019; Eriksson et al., 2023). Para determinação dos gradientes de conservação, imagens de satélite (Landsat – com 30 m de resolução) foram analisadas e submetidas à várias métricas de paisagem pelo software Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps (<https://www.fragstats.org/>) (McGarigal & Marks, 1995): densidade de mancha,

densidade de borda, cobertura florestal, porcentagem de agricultura e porcentagem de pastagem (Santos, 2019).

Pelas análises foram definidos três gradientes, conforme as porcentagens de cobertura florestal pré-definidas (Tabela 01) em: alto, médio e baixo grau de conservação por áreas florestais. Após a caracterização de cada amostra, os pontos geográficos com o *buffer* de 5 km, foram estabelecidos conforme os dados da coleção 7.0 - MapBiomas (2016), em: pastagem, agricultura, mosaico agricultura/pastagem e demais formações florestais e não florestais (Figura 02). Para essa descrição, foram empregadas as imagens correspondentes ao ano 2017, ano em que foram capturadas as métricas de paisagens com as respectivas porcentagens de cobertura florestal.

Tabela 01. Categorização dos gradientes de cobertura florestal, número de pontos amostrais para cada gradiente e descrição do *buffer*/área de influência considerando o raio de 5km. As descrições das áreas de influência foram baseadas nos dados 7.0 MapBiomas, 2016.

<b>Categoria</b>	<b>% de cobertura florestal</b>	<b>Número de pontos amostrais</b>	<b>Descrição do buffer (MapBiomas 2016)</b>
Baixa	9 a 35%	25	Mosaico agricultura/pastagem; Pastagem e Agricultura
Média	36 a 69%	31	Pastagem
Alta	70 a 98%	23	Pastagem e Mosaico agricultura/pastagem

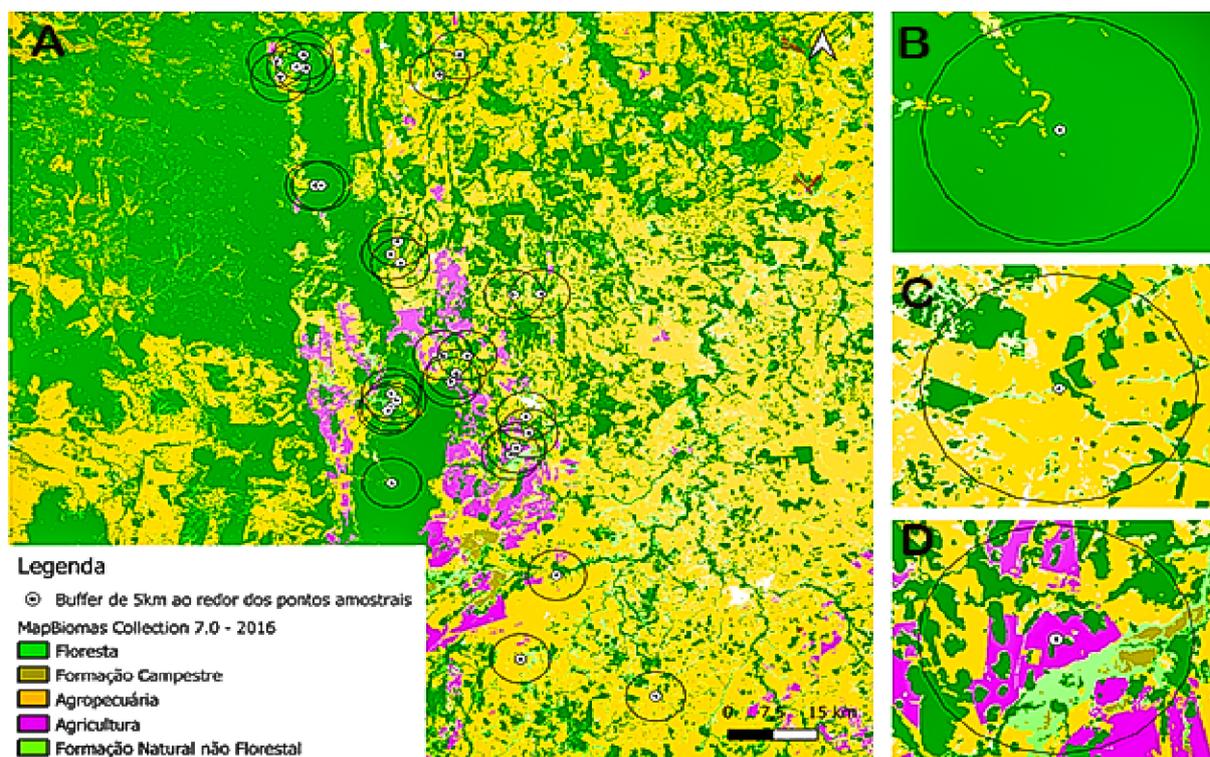


Figura 02. A- Distribuição dos 13 pontos amostrais (pontos pretos) na região do Planalto da Serra da Bodoquena. À direita, exemplos das áreas de influência por *buffer* (5 km de raio) ao redor das coordenadas geográficas, correspondentes aos gradientes de conservação categorizados (B- alto, C - médio e D- baixo).

### Captura de roedores

As coletas aconteceram nos anos de 2016 e 2017, sendo fevereiro, março, julho, agosto, outubro e novembro em 2016, e janeiro a julho e setembro de 2017, totalizando 13 expedições, todas nas áreas de paisagens acima descritas, denominadas unidades amostrais; o esforço amostral consistia em um período de oito dias em cada mês informado (Santos, 2019).

Nas unidades amostrais foram definidos seis transectos, de maneira randomizada; e em cada uma foram instaladas 26 armadilhas de captura do tipo Tomahawk™ (70 X 35 x 40 cm; 45 X 20 X 20 cm e 30 x 17,5 x 15,5 cm) e 26 armadilhas de captura do tipo Sherman (30 X 8 X 9 cm) (Figura 03). Cada armadilha foi disposta de forma pareada, distantes cerca de 20 m uma da outra, no respectivo transecto com 1 km de extensão (Figura 04); no período da tarde eram armadas com iscas compostas por mistura de fubá, aveia e frutas e revisadas no período da manhã do dia seguinte.



Figura 03. Armadilhas utilizadas para captura dos pequenos mamíferos. A- Tomahawk™ (70 X 35 x 40 cm; 45 X 20 X 20 cm e 30 x 17,5 x 15,5 cm) (foto Guá Vilela). B- Sherman (30 X 8 X 9 cm). (foto Cyntia Cavalcante Santos).

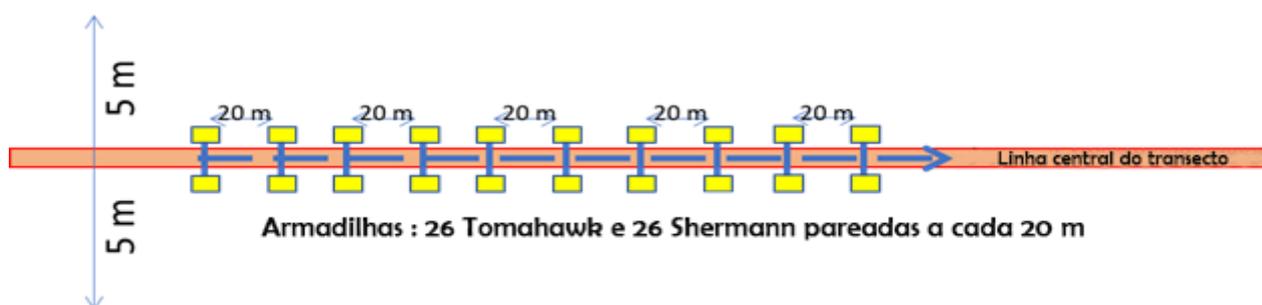


Figura 04. Ilustração do transecto de 1 km com a instalação de 52 armadilhas pareadas (26 Tomahawk e 26 Sherman) a cada 20 m de distância uma da outra. Fonte: Cyntia Cavalcante Santos.

Após captura dos roedores, os indivíduos foram contidos em saco de algodão e encaminhados ao laboratório, localizado na Base de Estudos de Bonito – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (BEB-UFMS), localizado na área urbana do município de Bonito - MS. Cada exemplar foi identificado pela Dr<sup>a</sup> Cyntia Cavalcante dos Santo, assim como, as coordenadas do ponto de captura e seus dados biométricos anotados em uma planilha de campo; com inclusão ainda informações do tipo de ambiente.

Os hospedeiros eram retirados dos sacos de panos, onde foram acondicionados e seu corpo, exceto a cabeça foi inserido em um saco plástico, contendo algodão embebido em éter-etílico para que os ectoparasitos se imobilizassem para facilitar a recuperação e caindo no saco plástico. Em seguida, com luvas de raspa de couro os roedores eram retirados desses sacos e colocados em

uma bandeja de cor branca e escovados com uma escova de cerdas macias para a recuperação dos ácaros. Estes ectoparasitos foram recolhidos com o uso de pinças ou pinceis e armazenados em frascos de vidro âmbar com rolha de borracha e tampa *flip off* e devidamente etiquetados, sendo fixados em álcool etílico a 70 GL. No dia seguinte, esses hospedeiros foram transportados de volta e soltos na mesma localidade onde foram capturados.

### **Processamento das amostras**

No laboratório, as amostras foram morfotipadas, contadas e identificadas e devidamente catalogadas conforme o transecto, paisagem, hospedeiro e todos os dados referentes foram considerados. A literatura utilizada para identificação dos ectoparasitos foram: Fonseca (1939; 1958 e 1959); Furman (1972) e Krantz & Walter (2009). Posteriormente este material será depositado na Coleção Zoológica da UFMS (ZUFMS).

Os espécimes morfotipados, tendo aqueles representativos montados em lâminas, imersos em solução de Hoyer (Baker & Wharton, 1952), secas em estufa a temperatura de cerca de 45°C por pelo menos dois dias ou até se certificar que o material estava suficientemente translúcido e bem seco.

Em seguida, os espécimes montados em lâminas foram examinados e fotografados em equipamento Leica DM5500 B™ equipado com câmera Leica modelo DFC 490 (Leica Microsystems™, Wetzlar and Mannheim, Germany), registradas pelo sistema Leica Application Suite images analysis – LAS™ 3.8 (Leica Microsystems™, Wetzlar and Mannheim, Germany), destacando seus caracteres. Outros espécimes, também representativos das amostras, foram desidratados em série progressiva em solução de álcool etílico a 70 até 99 GL, em seguida imersos em Hexamethyldisilazane (Cat. Number 440191 Sigma-Aldrich™) por 10 minutos e posicionados em estubes 12.7 x 12.7mm (Ted Pella®, Inc., USA) sobre uma fita de carbono (Carbon Conductive Tabs 12mm OD, PELCO Tabs™ - Ted Pella®, Inc., USA), e finalmente metalizados em ouro. Após esta etapa, as imagens foram documentadas em equipamento Hitachi® Modelo TM3000™ (Hitachi, Tokyo, Japan) no modo *analy*.

## **Análise dos dados**

Após a tabulação dos dados, foram calculados e estimados valores, considerando espécies hospedeiras e parasitos, de abundância (número de ectoparasitos por hospedeiro), prevalência (número de hospedeiros infestados com um ou mais indivíduos de uma espécie específica de parasito dividido pelo número de hospedeiros examinados para essa espécie de parasito) e intensidade média parasitária por espécie de hospedeiro, segundo Bush et al., (1997).

Conectância é a proporção do número de interações presentes na rede pelo número total de interações possíveis na rede. O aninhamento do tipo (NODF) reflete a tendência de que as espécies especialistas interajam com generalistas, de modo que especialistas de um grupo interajam com generalistas do outro e vice-versa. Os valores 0 indicam padrão não-aninhado, podendo chegar até 100 indicando aninhamentos perfeitos. Modularidade representa as redes de interação mutualísticas que apresentam padrão modular, ou seja, existem conjuntos de espécies que tendem a interagir mais entre si do que com as outras espécies, esse padrão é definido através do índice de modularidade (M), que indica quantos subgrupos de interações são formados dentro de uma rede.

## **Rede de interações**

Para entender a complexidade da interação entre parasito-hospedeiro, foram estruturadas redes de interação, pela transformação dos dados brutos (matriz ponderada) em seis matrizes binárias (presença/ausência), considerando apenas presença (1) ou ausência (0) da interação conforme o gradiente de conservação: alta, média e baixa. Usando a matriz resultante, calculou-se as métricas para redes ecológicas, como número de interações por espécie de hospedeiro, número de espécies de ectoparasito por interação, completude, conectividade, especialização, aninhamento, modularidade, intensidade de amostragem e distribuição de graus. Para calcular o número de interações da matriz formada, empregou-se a função “*sum*” e “*rowSums*” para o número de interações por hospedeiro. Para o número de espécies de ectoparasitos por número de interações, adotou-se a função “*sapply*” em R versão 3.3.4 (Core Development Team 2018).

Foram calculadas a conectividade e taxas de especialização, usando a função “*networklevel*” do pacote R bipartido. Para calcular a especialização por espécie

(hospedeiro e parasito), foi usado o “*specieslevel*” função com índice “d”. Para este índice, os valores variam de 0 (sem especialização) a 1 (especialista completo).

A aninhamento foi calculado usando o método “NODF2” na função “*nested*”, onde quanto mais próximo o valor estiver de 100, mais aninhado será a rede. Para cálculo da modularidade, adotou a função “*computeModules*” usando etapas de matriz aleatória (10.000.000) da matriz real, adotando o modelo nulo 2 (Bascompte et al., 2003) no pacote Vegan (Oksanen et al., 2013), onde quanto mais o valor é próximo de 1, maior a modularidade. A intensidade amostral (florestada e não florestada) foi calculada dividindo a raiz quadrada do número de interações pela raiz quadrada do produto do número de espécies em cada *guilda* por rede. Para a distribuição de graus usamos a função “*degreedistr*” do pacote bipartido, que selecionada o Critério de Informação de Akaike (Corral et al., 2021). Para representar as interações, foram estruturadas seis redes das seis matrizes brutas (ponderadas) elaboradas com o pacote *network* (Oliveira et al., 2015).

A significância do aninhamento foi estimada pela aplicação do Teste t para cada amostra usando o modelo nulo, no qual a probabilidade de uma interação entre hospedeiro e parasito é proporcional a todas as suas interações (Almeida-Neto & Ulrich, 2011). A partir das matrizes aleatórias que foram criadas para calcular modularidade, definiu se a modularidade para cada matriz e foram comparadas a significância usando o Teste Z (teste t para uma amostra) considerando significância em 5% (Corral et al., 2021). Para dados de interação, foram utilizados os dados ponderados referentes a frequência de interação (por dados de abundância) entre ácaros e hospedeiros.

### **Autorizações**

A autorização de atividades com finalidade científica do SISBio são as de identificação: nº 52539-1 e 52539-2.

## Resultados e Discussão

Foram capturados 62 espécimes de roedores, todos pertencendo à ordem Rodentia, sendo as seguintes espécies: *Thrichomys fosteri* (46); *Rhipidomys macrurus* (6); *Akodon montensis* (3); *Hylaeamys megacephalus* (2); *Oecomys mamorae* (2); *Calomys* sp. (1); *Oligoryzomys chacoensis* (1) e *Euryoryzomys nitidus* (1).

Assim, foram recuperados 2103 ácaros, sendo todos da ordem Mesostigmata, e dois gêneros distribuídos em oito espécies; o gênero *Laelaps* foi o mais abundante, com as seguintes espécies: *L. nuttalli* (n= 390); *L. thori* (n= 302); *L. echidninus* (n= 289); *L. manguinhos* (n= 143) e *L. spicate* (n= 103). O gênero *Gigantolaelaps* apresentou três espécies: *G. vitzthumi* (n= 231); *G. oudemansi* (n= 99) e *G. mattogrossensis* (n= 84), (Tabela 2). Os 462 indivíduos restantes foram identificados como ninfas, e as mesmas não foram incluídas nas análises.

Até o momento, nenhum estudo com a comunidade de ectoparasitos em roedores havia sido realizado na Região da Serra da Bodoquena, MS. Mesmo com os progressos na área da ecologia, para que as interações desses organismos possam ser esclarecidas, as taxonomias básicas, tanto dos parasitos quanto dos hospedeiros, precisam estar bem fundamentadas. Levando em consideração a riqueza e a diversidade de um país como o Brasil, refletida normalmente em número de vertebrados descritos, o que se pode imaginar a quantidade de espécies parasitos que acometem estes animais. A situação desta área de pesquisa no Brasil reflete a situação mundial, com poucas pesquisas em relação à interação parasito-hospedeiro (Grossmann, 2015).

O maior número de hospedeiros capturados foi a espécie *Thrichomys fosteri*, com 46 indivíduos, sendo encontrados 1.776 espécimes de ácaros, o que representa uma taxa de intensidade média parasitária de 39,46 ácaros por hospedeiro. A segunda espécie mais capturada foi *Rhipidomys macrurus* com seis indivíduos, sendo encontrados 80 espécimes de ácaros, o que representa uma taxa de intensidade de parasitismo de 13,33; em relação a *Akodon montensis* foram capturados três indivíduos, sendo encontrados 59 ácaros, o que representa uma taxa de intensidade parasitaria de 19. *Oecomys mamorae* foram capturados dois indivíduos que estavam infestados por 38 ácaros o que representa uma taxa de 18 de intensidade parasitaria. *Hylaeamys megacephalus* foram capturados apenas dois

roedores que estavam infestados com 86 ácaros o que nos dá uma taxa de 43 de intensidade média de infestação.

Tabela 02. Ocorrência dos ácaros em roedores capturados na região da Serra da Bodoquena, MS, no período de fevereiro/2016 a setembro/2017; com os respectivos índices de prevalência e intensidade média.

Hospedeiro	Ectoparasito	Prevalência (%)	Intensidade Média
	<i>Laelaps nuttalli</i>	82,6	9,34
	<i>Laelaps echinimus</i>	84,78	7,41
	<i>Laelaps spicata</i>	41,3	5,38
<i>Thrichomys fosteri</i>	<i>Laelaps thori</i>	67,39	9,58
	<i>Laelaps manguinhosi</i>	82,6	11,81
	<i>Gigantolaelaps mattogrossensis</i>	39,13	4,5
	<i>Gigantolaelaps vitzthumi</i>	69,56	7,21
<i>Rhipidomys macrurus</i>	<i>Laelaps nuttalli</i>	100	5
<i>Akodon montensis</i>	<i>Laelaps spicata</i>	100	3
	<i>Laelaps manguinhosi</i>	100	4
<i>Oecomys mamorae</i>	<i>Gigantolaelaps oudemansi</i>	50	15
	<i>Laelaps manguinhosi</i>	100	2
<i>Calomys spp.</i>	<i>Laelaps thori</i>	100	5
<i>Hylaeamys megacephalus</i>	<i>Gigantolaelaps oudemansi</i>	100	2
<i>Euryoryzomys nitidus</i>	<i>Gigantolaelaps oudemansi</i>	100	30
<i>Oligoryzomys chacoensis</i>	<i>Laelaps manguinhosi</i>	100	3

As espécies *Calomys spp.*, *Euryoryzomys nitidus* e *Oligoryzomys chacoensis*, foram capturados apenas um hospedeiro, os quais apresentaram 15, 30 e 18 ácaros, respectivamente.

*Laelaps* é um gênero com ampla distribuição geográfica, o qual é frequente em várias espécies de roedores (Wenzel & Tipton, 1966). Foram capturadas espécies de *Laelaps sp.* parasitando os seguintes gêneros de roedores: *Thrichomys fosteri*;

*Oligoryzomys chacoensis*; *Calomys* spp.; *Oecomys mamorae*; *Rhipidomys macrurus*; *Euryzomys nitidus*; *Oecomys* sp. e *Hylaeamys megacephalus*.

A espécie *Laelaps manguinhos* (Fonseca, 1936), (Figura 05) foi encontrada parasitando as seguintes espécies de roedores: *T. fosteri*; *O. chacoensis*; *Calomys* sp. e *O. mamorae*. Esses ácaros possuem cerdas genitais mais longas, estendendo-se além das bases das cerdas II. As patas são robustas, porém sem alargamento exagerado. Coxa I com espinho posterior curto, largo e pontudo. Cerdas distal da coxa I é piliforme, isto é, fina e longa.

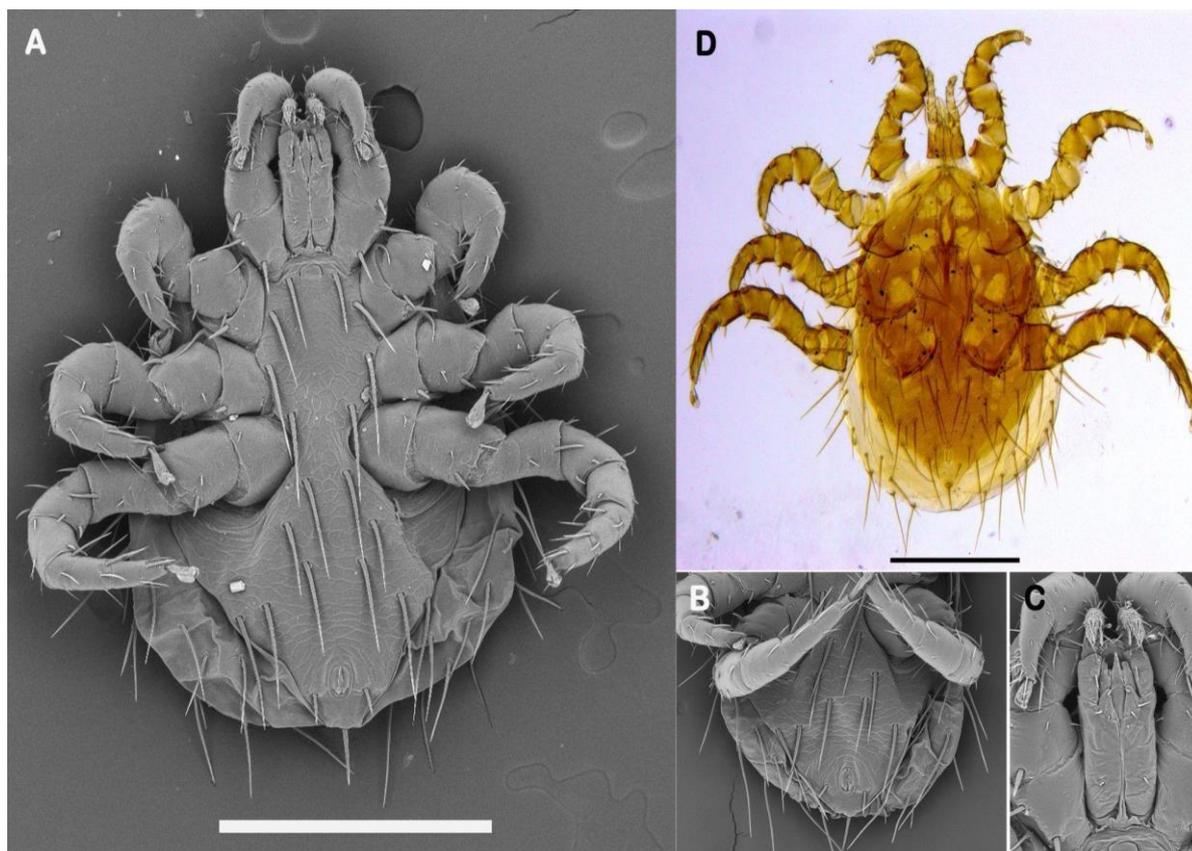


Figura 05. Ácaro da espécie *Laelaps manguinhos*. (Fonseca, 1936) de um espécime adulto, macho. Imagens em microscopia eletrônica de varredura: A - vista geral e B- ventral na porção posterior com destaque para as cerdas genitais mais longas, que se estendem além das bases das cerdas II; em C- destaque das quelíceras. Imagem em microscopia de luz, D- Vista geral dorsal. Barra de escala 500  $\mu\text{m}$ .

A espécie *Laelaps nuttalli* (Hirst, 1915) (Figura 06) foi encontrada parasitando as espécies *T. fosteri* e *R. macrurus*, este ácaro apresenta registros com predominância nas espécies de roedores comensais do gênero *Rattus*; tanto *R. rattus* (Linnaeus, 1758) na Venezuela (Furman, 1972), no Distrito Federal (Gettinger, 1992b) e na região Serrana do estado do Rio de Janeiro (Silva, 2011); e ainda com *R. norvegicus* (Berkenhout, 1769) na Ilha Grande, estado do Rio de Janeiro (Guitton et al., 1986) e Belo Horizonte no estado de Minas Gerais (Botelho & Linardi, 1996; Linardi et al., 1985a). Ventralmente, *L. nuttalli* apresenta placas esternal, genitoventral e anal

consideravelmente esclerotizadas. A placa esternal apresenta 3 pares de cerdas pontiagudas; as cerdas anteriores são mais curtas que as demais.

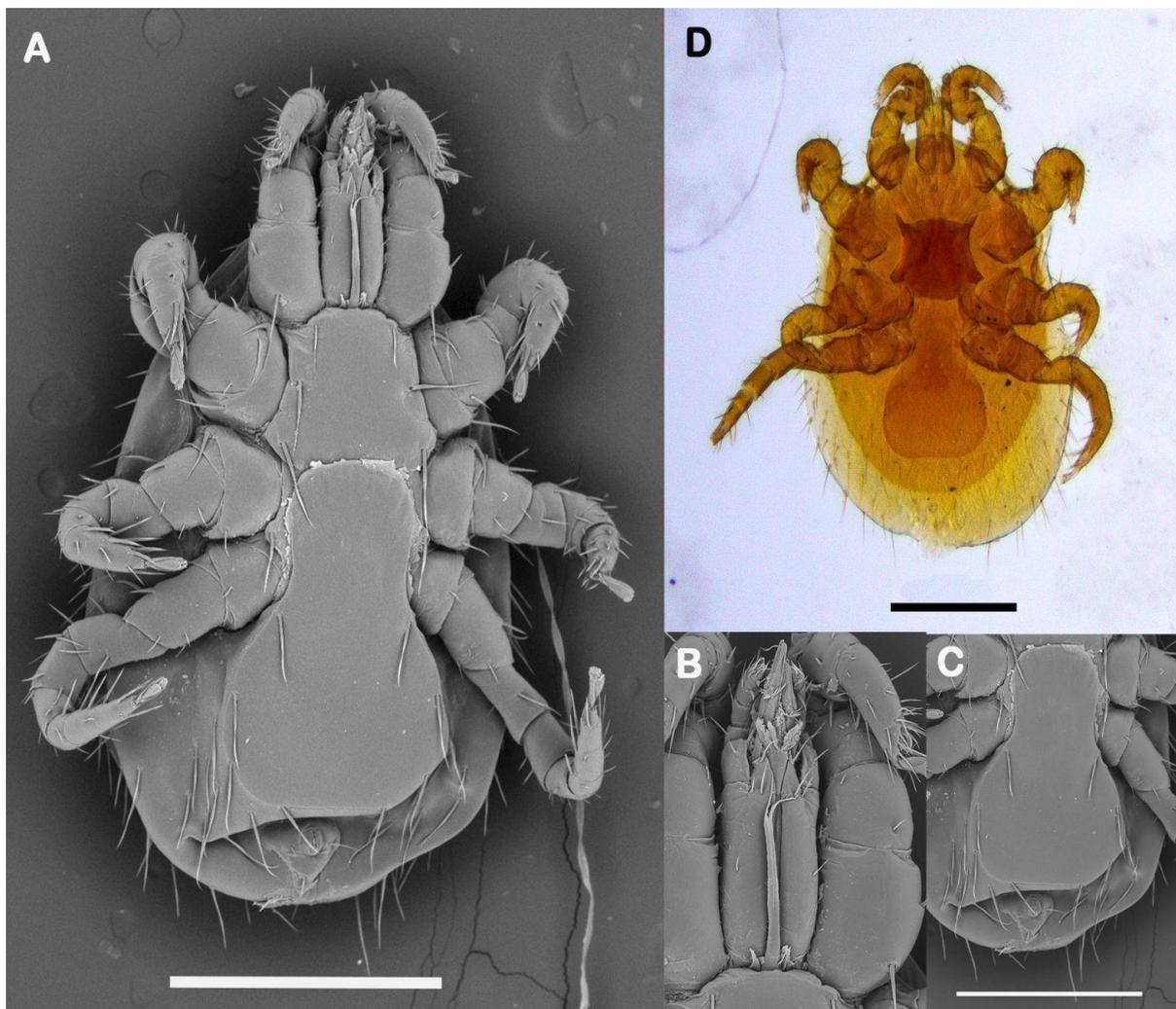


Figura 06. Ácaro da espécie *Laelaps nuttalli* (Hirst, 1915) espécime adulto, fêmea. Imagens em microscopia eletrônica de varredura; A – vista ventral, B - destaque da quelícera e tritosterno, e C- destaque das placas genital e anal. Em D, imagem em microscopia de luz com vista ventral do ácaro Barra de escala 500  $\mu\text{m}$ .

*Laelaps echidninus* (Berlese, 1887) (Figura 07) estava parasitando o roedor *T. fosteri*, este ácaro é um parasito hematófago que suga humanos e roedores (Wharton & Cross 1957; Jameson 1965; Krantz & Walter 2009) sendo capaz de transmitir doenças entre animais selvagens e humanos (Wharton & Cross 1957; Valiente Moro et al., 2005). Apresentam a placa genitoventral com ajuste da margem posterior côncava ao redor da margem anterior convexa da placa anal. Coxa I com cerda proximal setiformes.

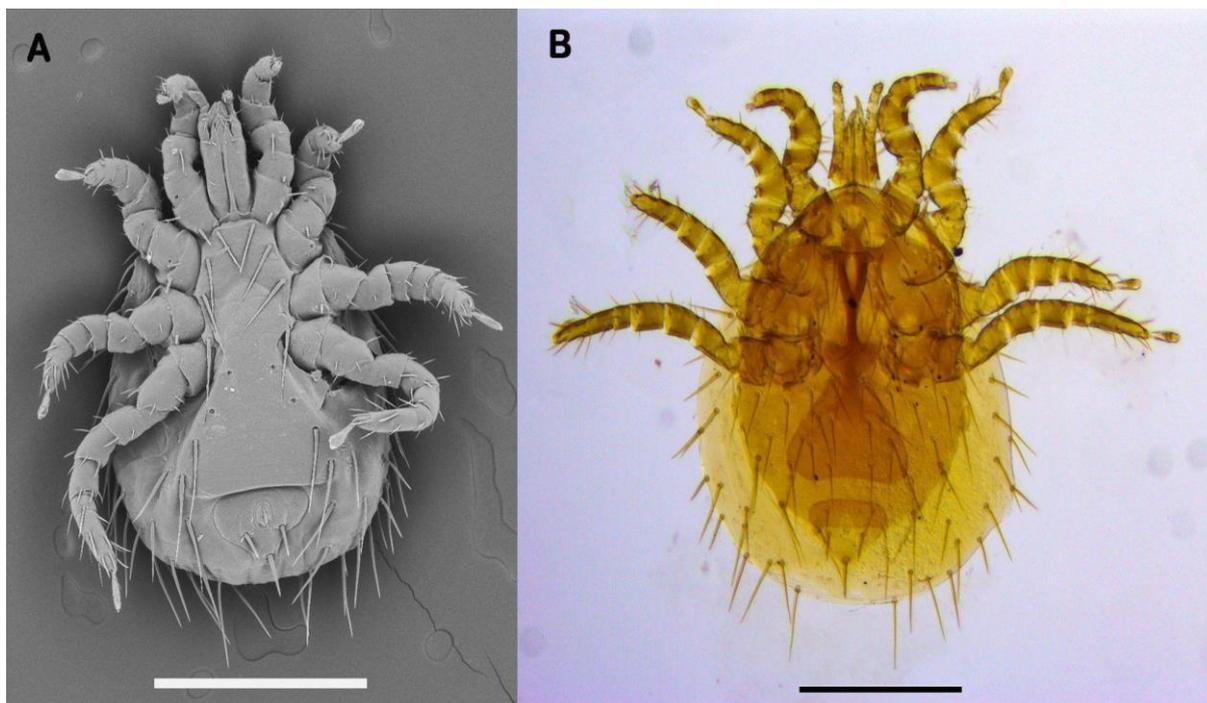


Figura 07. Ácaro da espécie *Laelaps echinimus* (Berlese, 1887) espécime adulto, fêmea. Imagens com vista ventral em microscopia eletrônica de varredura (A) e de luz (B), em ambas é possível distinguir a placa genitoventral com ajuste da margem posterior concava ao redor da margem anterior convexa da placa anal. Barra de escala 500  $\mu\text{m}$ .

Os ácaros da espécie *Laelaps spicata* (Furman, 1972), (Figura 08) recuperamos em *Thrichomys fosteri* e *Akodon montensis*, *L. spicata* é uma espécie pequena caracterizada por um espinho proximal proeminente. Cerdas nas placas dorsal e ventral muito delicadas e curtas; Cerda pós-anal ligeiramente maior que as cerdas adanais. Placa esternal quase tão longa quanto larga. Placa genitoventral moderadamente expandida abaixo do nível das coxas IV.

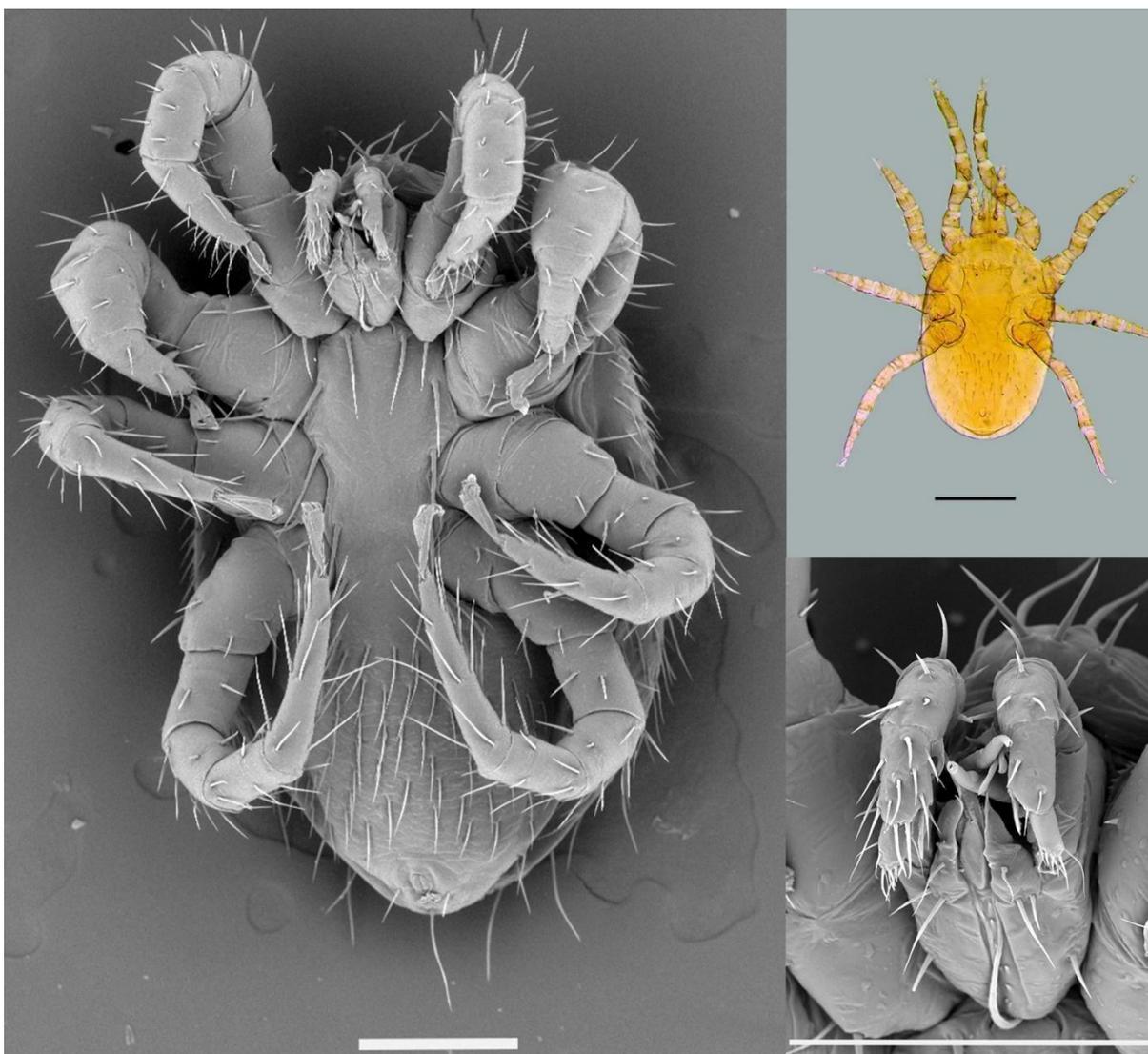


Figura 08. Ácaro da espécie *Laelaps spicata* (Furman, 1972) espécime adulto, macho. Imagens em microscopia eletrônica de varredura, A- vista ventral e B- destaque das quelíceras palpos e tritosterno. Em C, imagem em microscopia de luz com vista ventral. Barra de escala 200  $\mu\text{m}$ .

*Laelaps thori* (Fonseca, 1939) (Figura 09) estava parasitando duas espécies de roedores: *Thrichomys fosteri* e *Calomys* spp., *L. thori* é uma espécie grande, fracamente esclerotizada e apresenta contorno elíptico. A ausência de espinhos nas coxas e o número reduzido de cerdas no escudo dorsal, as quais não ocorrem em densidade elevada. *L. thori* apresenta uma cerda proximal longa e grossa, e a cerda distal menor e grossa.

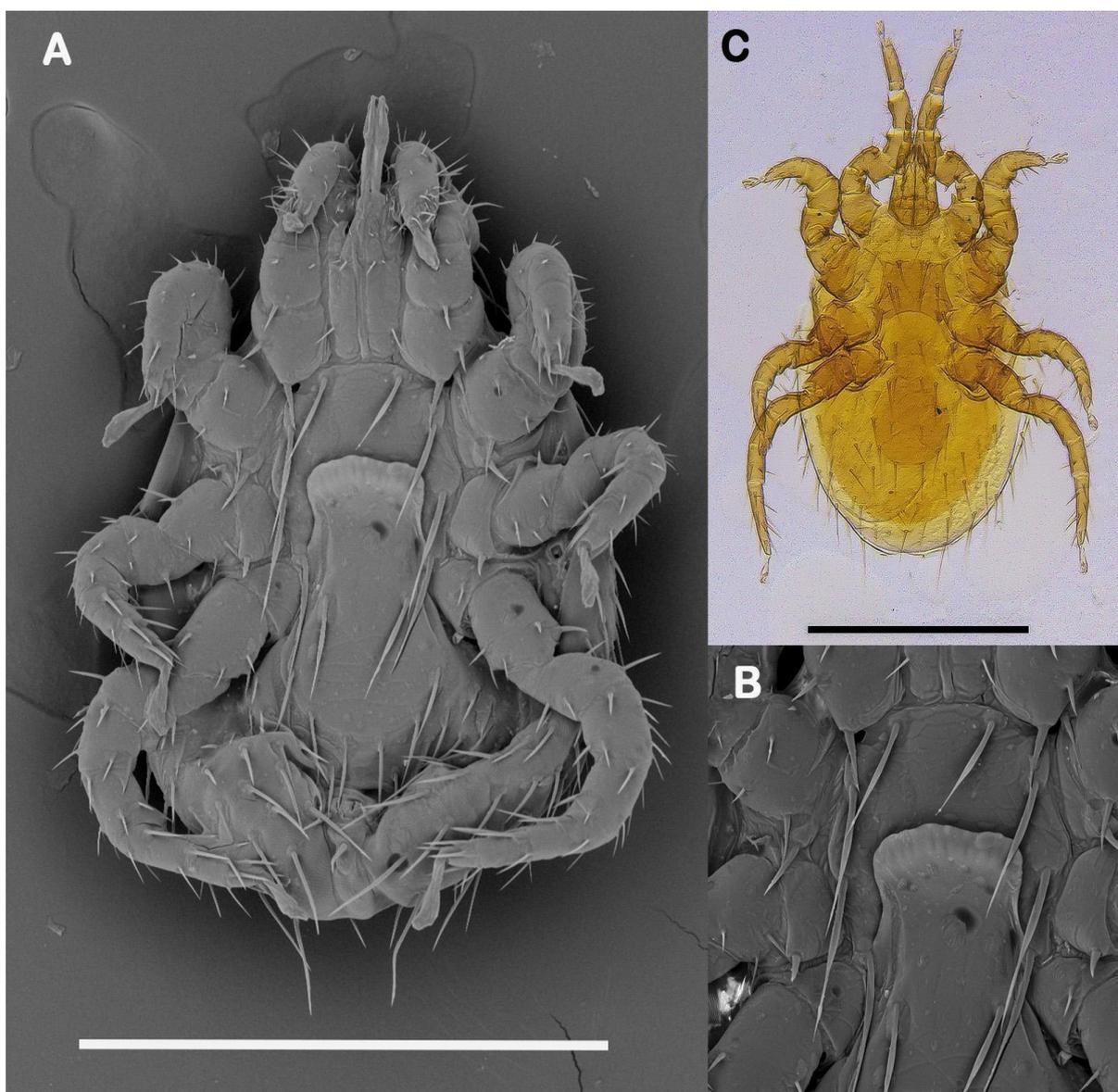


Figura 09. Ácaro da espécie *Laelaps thori*. (Fonseca, 1939) espécime adulto, fêmea. Imagens em microscopia eletrônica de varredura, A- vista ventral, e B- evidência da placa esternal e a coxa I com as cerdas proximais espiniformes bastante grossas e afiladas nas pontas e imagem em microscopia de luz, C) vista ventral do espécime. A barra de escala 500 µm.

O gênero *Gigantolaelaps* (Fonseca 1939), é relativamente grande; as menores espécies podem atingir até 1.400 µm de comprimento e as maiores chegam a atingir mais de 2.000 µm (Furman, 1972). No Brasil, são relatadas algumas espécies de *Gigantolaelaps* (Barros-Battesti, 2008), sendo que no presente trabalho foram capturadas espécimes de três espécies, sendo: *Gigantolaelaps vitzthumi*; *Gigantolaelaps oudemansi* e *Gigantolaelaps mattogrossensis*. O gênero *Gigantolaelaps* pode diferenciar-se dos outros gêneros de laelapídeos por apresentar grandes dimensões e diferentes características morfológicas (Furman, 1972).

*Gigantolaelaps oudemansi* (Fonseca, 1939) (Figura 10) encontramos parasitando os seguintes hospedeiros: *Oecomys mamorae*; *Hylaeamys megacephalus* e *Euryoryzomys nitidus*. No trabalho realizado por Miranda (2013), no Parque Estadual Acaraí (PEA), este ácaro foi o mais frequente, parasitando *Euryoryzomys russatus*. (Bossi et al., 2002) realizaram um trabalho na região de Mata Atlântica em uma Unidade de Conservação no Estado de São Paulo, sendo o *G. oudemansi* a espécie com maior número de espécimes, e também em *E. russatus*. E uma curiosidade sobre essa espécie é que placa esternal possui três pequenas cerdas entre o primeiro par de cerdas esternais.

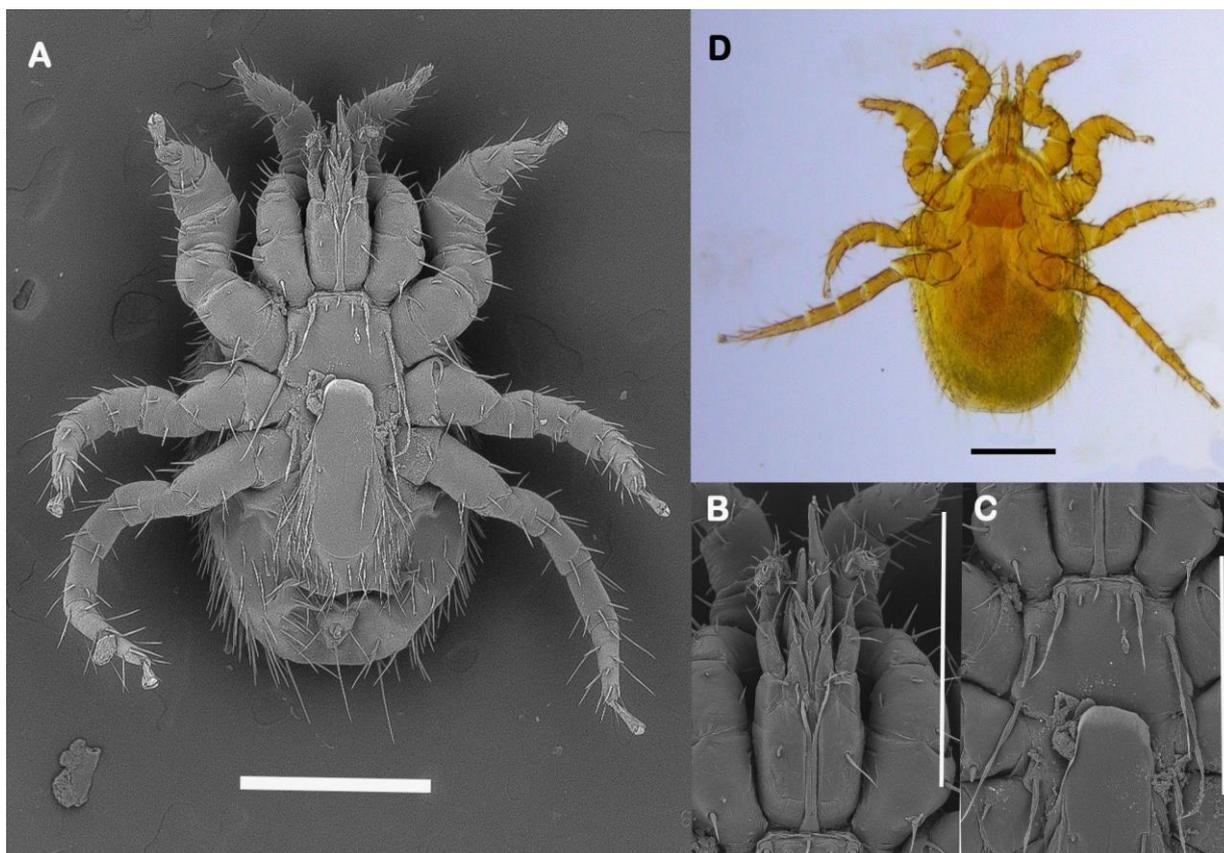


Figura 10. Ácaro da espécie *Gigantolaelaps oudemansi* (Fonseca, 1939) espécime adulto, fêmea. Imagens em microscopia eletrônica de varredura, A- vista ventral, B- destaque do gnatossoma (quelícera, palpos hipostomo e tritosterno, e C- detalhe da placa esternal com a presença de três pequenas cerdas intermediárias entre o par anterior das cerdas esternais. Em D, imagem em microscopia de luz em vista ventral. Barra de escala 500 µm.

*Gigantolaelaps mattogrossensis* (Fonseca, 1935) (Figura 11) parasitava o roedor *Thrichomys fosteri*, esta espécie de ácaro foi registrada nos estados do Ceará, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, além da Argentina (Furman, 1972). Há registros dessa espécie em associação com diferentes hospedeiros, entre eles os roedores *Holochilus brasiliensis* (Desmarest, 1819) na Venezuela (Furman,

1972) e *Oryzomys subflavus* (Wagner, 1842) (*Cerradomys subflavus*) em Belo Horizonte, MG (Linardi et al., 1984). Apenas 84 indivíduos de *G. mattogrossensis* foram coletados sobre o roedor *T. fosteri* na Serra da Bodoquena. Cerda espiniforme distal da coxa I muito mais fina do que espiniforme proximal e afinando-se uniformemente na extremidade.

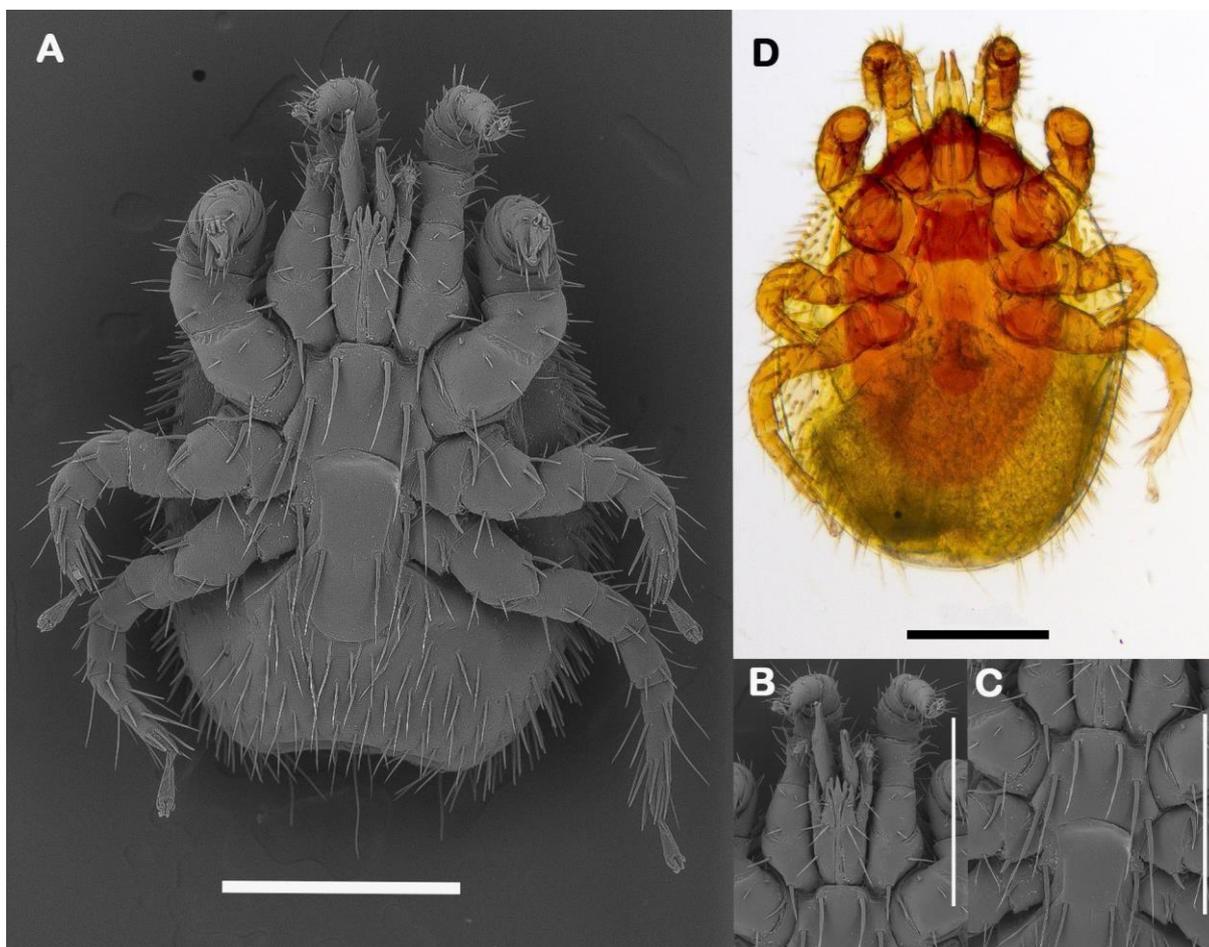


Figura 11. Ácaro da espécie *Gigantolaelaps mattogrossensis* (Fonseca, 1935) espécime adulto, fêmea. Imagens em microscopia eletrônica de varredura, A- vista ventral, B- detalhe do gnatosoma, com evidência da cerda espiniforme distal da coxa I mais fina do que a proximal, C- detalhe das cerdas longas na placa esternal. Imagem em microscopia de luz em D- com vista ventral do espécime. Barra de escala 500  $\mu$ m.

Os espécimes identificados como *Gigantolaelaps vitzthumi* (Furman, 1972), (Figura 12) estava parasitando a seguinte espécie de roedor *Thrichomys fosteri*. *Gigantolaelaps vitzthumi* pertence a Ordem Mesostigmata, Família Laelapidae, observa-se um corpo arredondado ou elíptico. Entretanto, ao realizarmos um levantamento sobre estudos relacionados aos Neotrópicos, ácaros da subfamília Laelapidae, Furman (1972) caracterizou as espécies do gênero *Gigantolaelaps*

*vitzthumi* por serem de tamanho grande, apresenta o escudo dorsal superior a 1400 $\mu$ m. Os autores Gettinger (1992) e Gettinger & Owen (2000) demonstraram que as variações morfométricas podem ocorrer em populações de ácaros Laelapidae associadas a diferentes espécies hospedeiras.

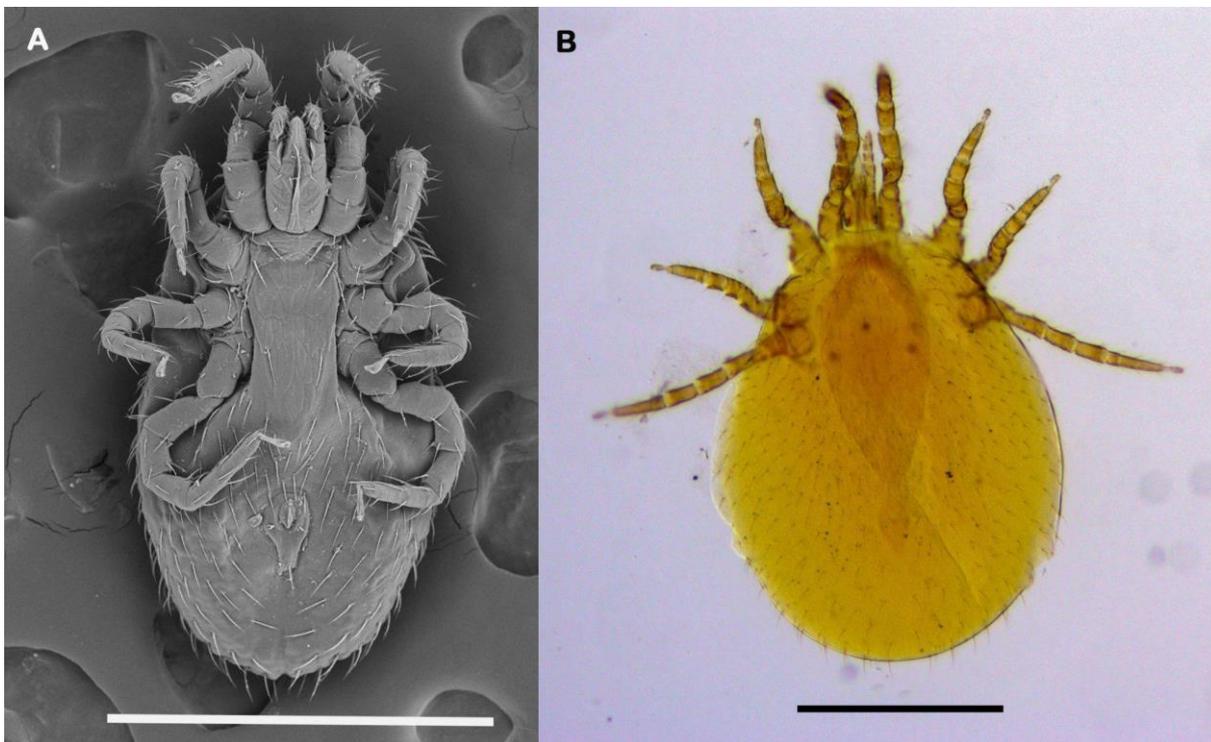


Figura 12. Ácaro da espécie *Gigantolaelaps vitzthumi* (Furman, 1972) espécime adulto, fêmea. Imagens em microscopia eletrônica de varredura (A) e de luz (B) com vista ventral, com destaque para a projeção da placa esternal que avança até a base do tritosterno. Barra de escala 500  $\mu$ m.

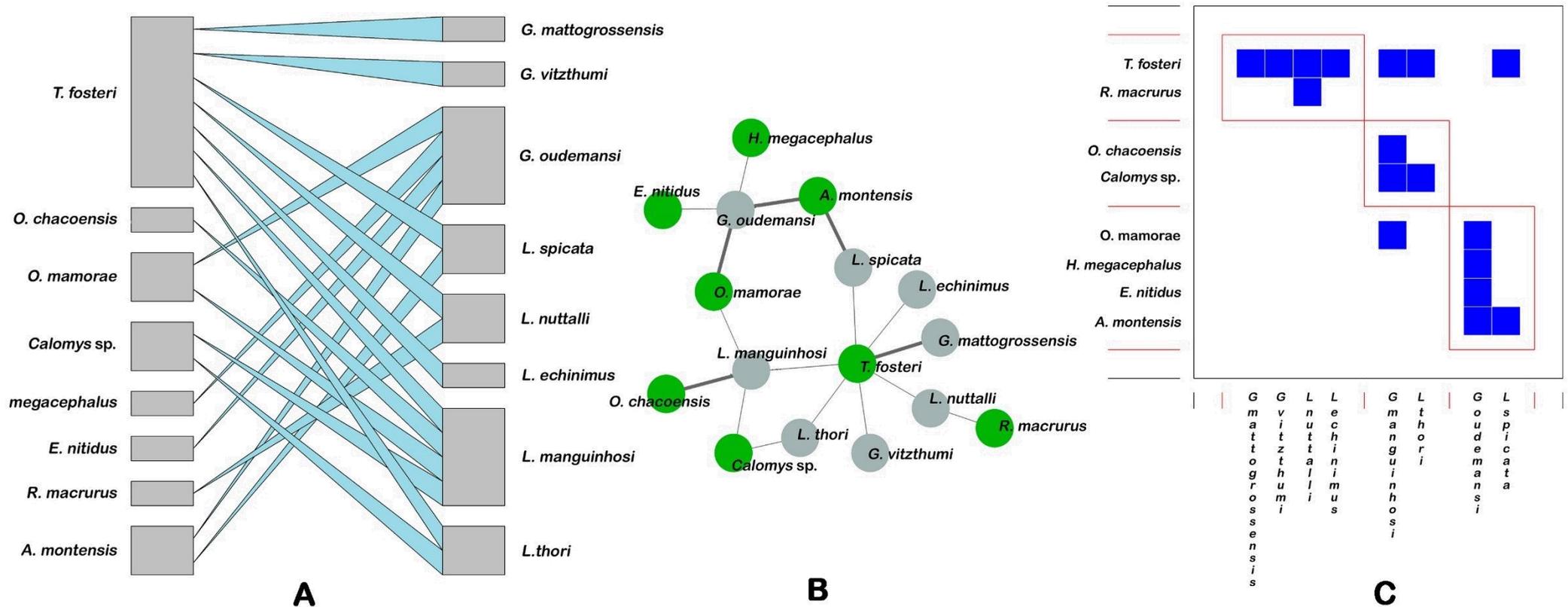


Figura 13. Representação da Rede bipartida de interações com as respectivas espécies hospedeiras e seus ácaros, observadas na Serra da Bodoquena, MS. (A) Rede de interação bipartite entre hospedeiros e ácaros. (B) Rede de interação modular, o círculo verde representa 08 espécies de roedores e o círculo cinza representa 08 espécies de ácaros, feita com os valores de prevalência destas interações. (C) Rede de modularidade entre hospedeiros e parasitos. A matriz mostra a conformação obtida em relação a modularidade. A intensidade da cor azul nos blocos representa a frequência de interação.

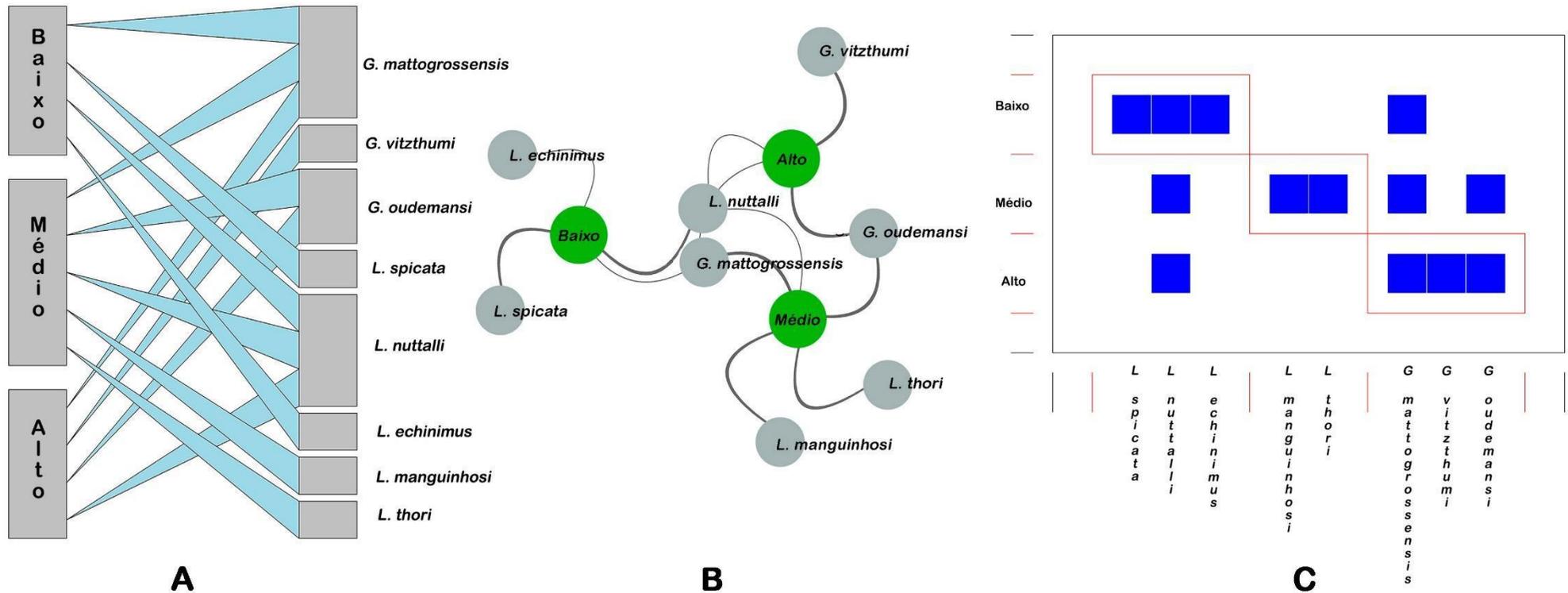


Figura 14. Representação da Rede bipartida de interações com os respectivos níveis de grau de conservação da paisagem e seus ácaros, observadas na Serra da Bodoquena, MS. (A) Rede de interação bipartite entre grau de conservação e ácaros. (B) Rede de interação modular, o círculo verde representa os graus de conservação do gradiente de paisagem e o círculo cinza representa 08 espécies de ácaros, feita com os valores de prevalência destas interações. (C) Rede de modularidade entre o grau de conservação e parasitos. A matriz mostra a conformação obtida em relação a modularidade. A intensidade da cor azul nos blocos representa a frequência de interação.

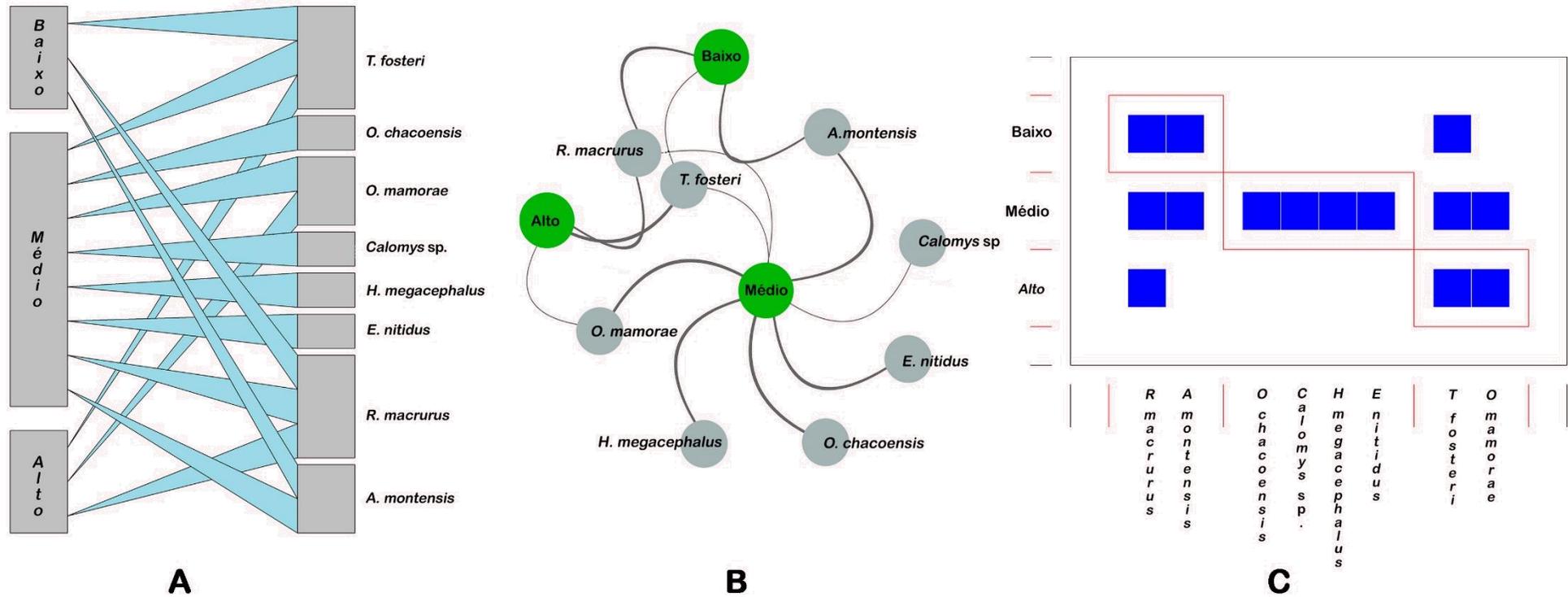


Figura 15. Representação da Rede bipartida de interações com os respectivos níveis de grau de conservação da paisagem e seus hospedeiros, observados na Serra da Bodoquena, MS. (A) Rede de interação bipartite entre grau de conservação e roedores. (B) Rede de interação modular, o círculo verde representa os graus de conservação do gradiente de paisagem e o círculo cinza representa 08 espécies de roedores, feita com os valores de prevalência destas interações. (C) Rede de modularidade entre o grau de conservação e hospedeiros. A matriz mostra a conformação obtida em relação a modularidade. A intensidade da cor azul nos blocos representa a frequência de interação.

Tabela 03. Parâmetros de conectância, aninhamento, modularidade, intensidades e número de interações, resultantes nas análises das redes de interações entre hospedeiros, ácaros e ambiente, observados na Região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, Brasil, no período de fevereiro de 2016 a setembro de 2017.

Redes	Conectância (O)	Aninhamento NODF	Modularidade (Q)	Intensidade	Número de interações
Hospedeiros x Ácaros	0.265625	43.75	0.4394464	0.5153882	17
Ácaros x Gradiente	0.5416667	52.41935	0.295858	0.7359801	13
Hospedeiros X Gradiente	0.5833333	70.96774	0.255102	0.7637626	14

Logo os nossos valores para a conectância foram baixos em todas as redes, contudo na rede de hospedeiro *versus* gradiente apresentou o maior valor, seguido de ácaros *versus* gradiente e hospedeiros *versus* ácaros. Esses valores revelaram uma baixa interação entre estas redes, mesmo para aquela dos hospedeiros *versus* gradiente que apresentaram os maiores valores. Para o aninhamento ponderado (NODF) ressaltam altos valores para todas as redes. Podemos perceber que onde a interação é maior foi naquela entre hospedeiros *versus* ácaros. Em relação a intensidade, praticamente os valores para ácaros *versus* gradiente e hospedeiros *versus* gradiente foram iguais.

A grande maioria das espécies de ácaros em áreas neotropicais mostra uma semelhança na escolha de seu hospedeiro, o que é visto ao se comparar com uma lista ou tabela das espécies de ectoparasitos fornecida por diversos autores (Botelho; Williams, 1980; Linardi, 1984; Linardi et al., 1984; 1987; 1991a,b; Guitton et al., 1986).

O efeito de fatores relacionados ao hospedeiro, ao parasito e ao ambiente na diversidade e abundância de ácaros Mesostigmata, parasitando grupos de roedores, foram estudados em diferentes regiões do Brasil (Linardi e Krasnov, 2012).

Além dos hospedeiros, os ectoparasitos também pode ser influenciada pelas alterações antrópicas (Froeschke, et al., 2013; Renwick; Lambin, 2013). Este último destaca-se pela fragmentação e a perda de habitat, sendo que, os mesmos são capazes de ocasionar alterações na dinâmica das populações. Barros-Battesti et al., (1998) abordam que os roedores possuem uma alta prevalência e intensidade média de infestação dos ácaros da ordem Mesostigmata. E assim os nossos resultados apresentaram-se da mesma forma. A interação parasitária pode ser influenciada pela densidade de hospedeiros e pelo número de espécies hospedeiras que compartilham os mesmos ectoparasitos (Arneberg et al., 1998; Krasnov et al., 2002; Fernandes et al., 2012). Como vimos em nossos resultados, algumas espécies de ácaros parasitavam a mesma espécie de hospedeiro.

Além do tamanho da área, o grau de vegetação na paisagem, na qual a está inserida, desempenha uma forte influência sobre a diversidade de espécies presente nos remanescentes (Pardini et al., 2010; Fahrig, 2013), principalmente nas paisagens mais fragmentadas. O efeito é maior nestas paisagens, observado que abaixo de um determinado limiar de fragmentação (em torno de 30% de vegetação nativa), (Andrén, 1994; Pardini et al., 2010). Porém, vimos que isso foi ao contrário, onde os ambientes com o limiar baixo e alto grau de conservação obtiveram praticamente o mesmo resultado, sendo o ambiente com o limiar médio de conservação tivemos uma maior interação entres os hospedeiros e parasitos.

A grande maioria das espécies de ácaros tende a ser específica a um determinado hospedeiro (Gettinger, 1987, 1992; Lareschi & Galliari, 2014; Sponchiado et al., 2015b). Como vimos em *L. echidninus*; *G. vitzthumi* e *G. mattogrossensis* que foram recuperados apenas no hospedeiro *Thrichomys fosteri*. Devido a sua relação direta com os seus hospedeiros, os ácaros permanentes ou específicos respondem ao gradiente de fragmentação de acordo com os seus hospedeiros, podendo até mesmo ocorrer uma co-extinção (Moir et al., 2010). Mas tivemos casos em algumas

espécies de ácaros que se mostraram generalistas como em *L. manguinhos* que estava parasitando quatro espécies de roedores sendo *T. fosteri*; *O. chacoensis*; *Calomys* sp. e *O. mamorae* e o ácaro *G. oudemansi* parasitava também quatro espécies de roedores sendo: *O. mamorae*; *H. megacephalus*; *E. nitidus* e *A. montensis*. E em seguida, tivemos três espécies que ácaros parasitando a mesma quantidade de hospedeiros sendo elas: *L. spicate* (*T. fosteri* e *A. montensis*); *L. nuttalli* (*T. fosteri* e *R. macrurus*) e *L. thori* (*T. fosteri* e *Calomys* spp.).

O efeito de diluição (Ostfeld e Keesing, 2000) presume que os ambientes preservados têm uma maior diversidade de espécies e há um equilíbrio entre os hospedeiros eficientes e ineficientes como reservatórios de patógenos. Desse modo, ocorre uma diluição nas chances de dispersão de um determinado patógeno devido à presença destes hospedeiros ineficientes em áreas preservadas. Na área deste estudo, o roedor *T. fosteri* foi o hospedeiro responsável pela maior abundância e riqueza de ácaros, sendo este hospedeiro mais impactado pela fragmentação, uma vez que ela praticamente desaparece nas paisagens fragmentadas (Cáceres et al., 2010). Mas podemos ver que na nossa rede de interação mostrou que esse hospedeiro, assim, com outros roedores preferem o ambiente com o grau médio de conservação, e conseqüentemente com os ácaros parasitos.

No trabalho de Reis et al., (2008) e Miranda (2013) eles coletaram *Laelaps* parasitando *Akodon* e *Oligoryzomys*. Assim, como nosso trabalho também encontramos o gênero *Laelaps* parasitando os roedores *Akodon* e *Oligoryzomys*.

Sobre os fatores da comunidade que expressa quanto maior a riqueza taxonômica dos hospedeiros simpatricamente relacionados, maior será a chance da transferência de parasitos, desta forma a riqueza de parasitos e dos hospedeiros nas comunidades será maior (Combes, 2001). Foi então que hipotetizamos que o ambiente sem manejo do solo, apresentaria uma maior riqueza e diversidade em relação aos ambientes com manejo da vegetação, assim a diversidade de parasito-hospedeiro estaria relacionada com o ambiente, e o mosaico de paisagem apresentaria ser mais preservado havendo uma variação na diversidade (riqueza e abundância) desses indivíduos de acordo com o manejo dessa vegetação/área.

E como nossos resultados apresentaram uma resposta totalmente diferente do que havíamos sugerido, refutando a nossa hipótese em que ambientes com alto grau de conservação haveria uma resposta satisfatória sobre a diversidade de parasito-

hospedeiro. O que nos leva a crer que tanto os hospedeiros como os parasitos estão em ambiente com o grau médio de conservação.

## Conclusões

Diante dos resultados, podemos destacar a importância deste trabalho, sendo o primeiro registro sobre ácaros parasitos em roedores na Serra da Bodoquena - MS, apesar do pequeno número de espécies, mas que pode ser um começo para novas pesquisas, principalmente na linha da conservação dessas e das demais espécies presentes nessa região.

O hospedeiro com maior número de capturas foi *T. fosteri*, e também com mais interações com os parasitos, nos quais foram recuperados 1.776 ácaros. E o ácaro com maior número de ocorrências foi o *L. nuttalli* com 391 indivíduos, e sendo encontrados em duas espécies de roedores: *T. fosteri* e *R. macrurus*.

Na rede de interação parasito-hospedeiro destaca-se a questão entre ácaros especialistas e generalistas. Sendo *Laelaps echidninus*, *Gigantolaelaps mattogrossensis* e *Gigantolaelaps vitzthumi* que foram recuperados em *Thrichomys fosteri*, assim atribuído o comportamento de especialista. E as demais espécies de ácaros apresentaram um perfil generalista.

A rede de interação de parasito-ambiente evidenciou bem duas espécies que interagiram com o ambiente com baixo grau de conservação, sendo elas: *Laelaps spicata* e *Laelaps echinimus*. E *Gigantolaelaps vitzthumi* em ambiente com alto grau de conservação. E *Gigantolaelaps mattogrossensis* e *Laelaps nuttalli* se distribuíram nos três tipos de ambientes.

Na rede de interação hospedeiro-ambiente *Thrichomys fosteri* e *Rhipidomys macrurus* também se apresentaram nos os três tipos de ambientes. Sendo que as espécies *Oligoryzomys chacoensis*, *Calomys* spp., *Hylaeamys megacephalus* e *Euryzomys nitidus* apresentaram interação com o ambiente médio de conservação.

Mostrando um resultado totalmente diferente dos que hipotetizamos, em que ambientes com alto grau de conservação haveria mais interação e logo o que apresentasse menor grau de conservação haveria uma baixa interação entre esses animais, assim, notamos que tanto os habitats menos conservados e mais conservados apresentaram os mesmos resultados tanto na riqueza quanto na abundância e na interação parasito-hospedeiro.

Para os nossos dados de conectância foram baixos para todas as redes. No aninhamento tivemos um resultado considerável, pois algumas espécies especialistas se relacionam/interagem com as generalistas e vice-versa. No aspecto de

modularidade as espécies que tende a ter mais interação consigo mesmo do que com as outras espécies. E nos dados para intensidade praticamente foram iguais entre nas redes de interação.

Conseguimos observar claramente que aquelas espécies de ácaros com perfil generalista daquelas mais específicas. As relações entre esses indivíduos é uma forma de facilitar o conhecimento taxonômico de ambos e sua preferência em relação ao ambiente.

## Literatura citada

- Abreu EF, Casali DM, Garbino GST, Libardi GS, Loretto D, Loss AC, Marmontel M, Nascimento MC, Oliveira ML, Pavan SE, Tirelli FP. 2020. Lista de Mamíferos do Brasil, versão 2021-1 (Abril). Comitê de Taxonomia da Sociedade Brasileira de Mastozoologia (CT-SBMz). Disponível em: <<https://www.sbmz.org/mamiferos-do-brasil/>>. Acessado em: 25 de julho de 2021.
- Almeida-Neto, M., & Ulrich, W. (2011). A straightforward computational approach for measuring nestedness using quantitative matrices. *Environmental Modelling & Software*, 26(2), 173-178.
- Altizer, S.; Harvell, D. & Friedle, E. (2003) Rapid evolutionary dynamics and disease threats to biodiversity. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 18, n. 11, p. 589-596.
- Anderson RM, May RM (1979) Population biology of infectious diseases: part I. *Nature* 280:361–367
- Andrén, H., (1994). Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos* 71, 355-366.
- Arneberg, P., Skorping, A., & Read, AF (1998). Abundância de parasitos, tamanho do corpo, histórias de vida e a regra da equivalência energética. *The American Naturalist*, 151 (6), 497-513.
- Baker, Edward W.; Wharton, G.W. 1952. An Introduction to Acarology. Macmillan Company New York, USA. 490 pg.
- Barros-Battesti DM, Arzua M, Linardi PM, Botelho JR, Sbalqueiro IJ (1998) Interrelationship between ectoparasites and wild rodents from Tijucas do Sul, State of Paraná, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 93:719-725.
- Barros-Battesti, D. M. (2008) Biodiversidade de ectoparasitos de pequenos mamíferos e aves silvestres em biomas preservados e degradados no estado do Paraná. Relatório para o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), Paraná, Brasil, 54 p.
- Bascompte, J., Jordano, P., Melián, C. J., & Olesen, J. M. (2003). The nested assembly of plant–animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(16), 9383-9387.
- Bossi, D. E. P., Linhares, A. X., & Bergallo, H. D. G. (2002) Parasitic arthropods of some wild rodents from Juréia-Itatins Ecological Station, state of São Paulo, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 97(7), 959-963.
- Botelho, J.R.; Linardi, P.M. (1996) Interrelações entre ectoparasitos e roedores em ambientes silvestre e urbano de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Rev. Bras. Ent.* v. 40, n. 3/4, p. 425-430.
- Botelho, JR. and Williams, P., (1980). Sobre alguns ectoparasitos de roedores silvestres do município de Caratinga, Minas Gerais, Brasil. II. Acarofauna. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, vol. 75, p. 47-51. <http://dx.doi.org/10.1590/S0074->
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *J Parasitol*; 83(4): 575-83.
- Cáceres, N. C. Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação. Campo Grande. Ed. UFMS, 2012.
- Cáceres, N.C., Nápoli, R.P., Casella, J., Hannibal, W., (2010). Mammals in a fragmented savannah landscape in south-western Brazil. *J. Nat. Hist.* 44, 491-512.
- Combes, C., 2001. Parasitism - The ecology and evolution of intimate interactions. University of Chicago Press, Chicago, 742p

- Corral, A., Valério, L. M., Cheung, K. C., dos Santos Ferreira, B. H., Guerra, A., Szabo, J. K., & Reis, L. K. (2021). Plant-bird mutualistic interactions can contribute to the regeneration of forest and non-forest urban patches in the Brazilian Cerrado. *Urban Ecosystems*, 24(1), 205-213.
- Crofton, H. D. (1971) A model of host–parasite relationships. *Parasitology*, v. 63, n. 3, p. 343- 364.
- De Oliveira Figueiredo, P. (2019). Detecção molecular e sorológica de Flavivirus emergentes em roedores e primatas: relação entre patógeno, hospedeiro e ambiente.
- Dowling, A.P.G., (2006). Mesostigmatid mites as parasites of small mammals: systematics, ecology, and the evolution of parasitic associations. In: Morand, S., Krasnov, B.R., Poulin, R. (Eds.), *Micromammals and Macroparasites*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 103– 117.
- Eremeeva, M., & Muniz-Rodriguez, K. (2020). Rickettsialpox—a Rare but Not Extinct Disease: a Review of the Literature and New Directions. *Infekciã i Imunitet: Russian Journal of Infection and Immunity*, 10(3), 477.
- Eriksson, A., Fillion, A., Labruna, M. B., Muñoz-Leal, S., Poulin, R., Fischer, E., & Graciolli, G. (2023). Effects of forest loss and fragmentation on bat-ectoparasite interactions. *Parasitology Research*, 1-12.
- Fahrig, L., (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34, 487-515.
- Fernandes F.R., Cruz L.D., Linhares A.X. (2012). Effects of sex and locality on the abundance of lice on the wild rodent *Oligoryzomys nigripes*. *Parasitology Research*, 111, 1701–1706. DOI: 10.1007/s00436-012-3009-4
- Fernández-González, A. M., Kosoy, M. Y., Rubio, A. V., Graham, C. B., Monteneri, J. A., Osikowicz, L. M., ... & Suzán, G. (2016). Molecular survey of *Bartonella* species and *Yersinia pestis* in rodent fleas (Siphonaptera) from Chihuahua, Mexico. *Journal of Medical Entomology*, 53(1), 199-205.
- Fonseca, F. 1935. Notas de Acareologia XIII. Novas espécies sul-americanas de parasitos do gênero *Lyponyssus Kolenati*, 1858 (Acari, Liponissidae). *Memórias do Instituto Butantan* 9: 60-114.
- Fonseca, F. 1936. Notas de Acareologia. XX. Espécies de Acarinos do gênero *Laelaps*, parasitos de ratos no Brasil (Acari, Laelaptidae). *Memórias do Instituto Butantan* 10: 33-37.
- Fonseca, F. da 1939: Notas de Acarologia XXV. *Laelaptidae gigantes parasitos de roedores sulamericanos; generos e especies novas*. *Mem. Inst. Butantan* 12: 7-54, 30 figs.
- Fonseca, F. da 1959: Notas de Acarologia XLIV. Inquerito sobre a fauna acarologica de parasitos do Nordeste do Brasil. *Ibidem* 28: 99-186, 54 figs.
- Fonseca, FD (1958). Notas de Acarologia XLIV. Inquerito sobre a fauna acarológica de parasitos no nordeste do Brasil. *Mem Inst Butantan* , 28 (99), 186.
- Froeschke, G., van der Mescht, L., McGeoch, M., Matthee, S., (2013). Life history strategy influences parasite responses to habitat fragmentation. *Int. J. Parasitol.* 43, 1109-1118
- Furman, D.P., (1972). Mites of the family Laelapidae in Venezuela (Acarina: Laelapidae). *Brigham Young Univ. Sci. Bull. Biol. Ser.* 17, 58.
- Gettinger D (1987) Host associations of *Gigantolaelaps* (Acari: Laelapidae) in the Cerrado Province of central Brazil. *J Med Entomol* 24:559–565.
- Gettinger D (1992) Host specificity of *Laelaps* (Acari: Laelapidae) in central Brazil. *J Med Entomol* 29:71–77

- Gettinger, D., & OWEN, R. D. (2000) *Androlaelaps rotundus* Fonseca (Acari: Laelapidae) associated with akodontine rodents in Paraguay: a morphometric examination of a pleioxenous ectoparasite. *Revista Brasileira de Biologia*, 60(3), 425-434.
- Gettinger, D., (1992a). Three new species of Laelaps (Acari: Laelapidae) associated with small mammals in central Brazil. *J. Med. Entomol.* 29, 66–70.
- Gómez-Villafañe, I. E., Miño, M., Cavia, R., Hodara, K., Courtalón, P., Suárez, O. et al. (2005). *Roedores: guía de la provincia de Buenos Aires*. Buenos Aires: LOLA.
- Grossmann, N. V. (2015). Relações parasito-hospedeiro de endo e ectoparasitos em pequenos mamíferos em um Cerrado do Brasil Central.
- Guitton, N., Araujo-Filho, NA. and Sherlock, IA., (1986). Ectoparasitos de roedores e marsupiais no ambiente silvestre de Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, vol. 81, p. 233-234. <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02761986000200014>.
- Hirst, S. (1915). On some new acarine parasites of rats. *Bulletin of Entomological Research*, 6(2), 183-190.
- Jameson EW Jr (1965) The genus Laelaps (Acarica: Laelapidae) in Taiwan. *J Med Entomol* 2:41–53.
- Keeling, M. J., & Eames, K. T. D. (2005). Networks and epidemic models. *Journal of the Royal Society, Interface / the Royal Society*, 2(4), 295–307. doi:10.1098/rsif.2005.0051.
- Krantz GW, Walter DE (2009) *A Manual of Acarology*. Texas Tech University Press, Lubbock.
- Krasnov B.R., Khokhlova I.S., Shenbrot G.I. (2002). The effect of host density on ectoparasite distribution: an example of a rodent parasitized by fleas. *Ecology*, 83, 164–175. DOI: 10.1890/0012-9658(2002)083[0164:TEOHDO]2.0.CO;2
- Krasnov BR, Korralo-Vinarskaya NP, Vinaski MV, Shenbrot GI, Mouillot D, Poulin R (2008a) Searching for general patterns in parasite ecology: host identity versus environmental influence on Gamasid mite assemblages in small mammals. *Parasitology* 135:229–242
- Krasnov, B. R., Shenbrot, G. I., Korralo-Vinarskaya, N. P., Vinarski, M. V., Warburton, E. M., & Khokhlova, I. S. (2019) The effects of environment, hosts and space on compositional, phylogenetic and functional beta-diversity in two taxa of arthropod ectoparasites. *Parasitology research*, 118(7), 2107-2120.
- Lareschi M (2012) Ectoparasite occurrence associated with males and females of wild rodents *Oligoryzomys flavescens* (Waterhouse) and *Akodon azarae* (Fischer) (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae) in the Punta Lara Wetlands, Argentina. *Neotrop Entomol* 39:818-822
- Lareschi, M., Galliari, C., (2014). Multivariate discrimination among cryptic mites of the genus *Androlaelaps* (Acari: Mesostigmata: Laelapidae) parasitic of sympatric akodontine rodents (Cricetidae: Sigmodontinae) in northeastern Argentina: possible evidence of host switch followed by speciation, with the description of two new species. *Exp. Appl. Acarol.* 64, 479-99.
- Lehmann, T. (2013) Ectoparasites: direct impact on host fitness. *Parasitology today*, v. 9, n. 1, p. 8-13.
- Leirs, H., & Singleton, G. R. (2006). Parasites and pest population management. *Micromammals and Macroparasites: From Evolutionary Ecology to Management*, 565-591.

- Linardi, P.M.; Krasnov, B.R. Patterns of diversity and abundance of fleas and mites in the Neotropics: host-related, parasite-related and environment-related factors. *Medical and Veterinary Entomology*, 2012 in press.
- Linardi, PM., Botelho, JR. and Cunha, HC., (1985a). Ectoparasitos de roedores da região urbana de Belo Horizonte, MG. III. Índices pulcilianos, anoplurianos e acarinos em *Rattus norvegicus norvegicus*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, vol. 80, p. 277-284. PMID:3837169.
- Linardi, PM., Botelho, JR., Neves, DP. and Cunha, HC., (1984). Sobre alguns ectoparasitos de roedores silvestres de Belo Horizonte, MG. *Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology*, vol. 44, p. 215-219.
- McGarigal K, Marks BJ 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. -USDA Forest Service General Technical Report PNW-351
- Miranda, M. L. P. (2013) Diversidade de ectoparasitos associada aos pequenos mamíferos não voadores do Parque Estadual Acaraí e áreas de entorno, São Francisco do Sul-SC. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biologia Marinha). Departamento de Ciências Biológicas, Universidade da Região de Joinville, Joinville, SC.
- Moir, M.L., Vesk, P.A., Brennan, K.E.C., Keith, D.A., Hughes, L., McCarthy, M.A., (2010). Current constraints and future directions in estimating coextinction. *Conserv. Biol.* 24, 682-690.
- Morand S, Krasnov BR, Poulin R (2006) *Micromammals and macroparasites: from evolutionary ecology to management*. Springer, Tokyo.
- Mota, Thomás D. 2013. Interação parasito-hospedeiro em pequenos mamíferos da Fazenda Experimental do Glória: padrões interespecíficos e impactos da interação sobre os indivíduos parasitados. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 52p.
- Mullen, G. R., & OConnor, B. M. (2019). Mites (Acari). In *Medical and veterinary entomology* (pp. 533-602). Academic Press.
- Nava, S.; Lareschi, M. (2012) Ecological characterization of a community of arthropods parasitic of Sigmodontine rodents in the Argentinean Chaco. *Journal of Medical Entomology*, v. 49, p. 1276-1282.
- Neves, D.P.; Melo, A.L. de; Linardi, P.M & Almeida Vitor, R. W. (2005) *Parasitologia Humana*. 11ª Edição. Editora Atheneu.
- Newman, M. E. J. (2002). The spread of epidemic disease on networks. *Physical Review E*, 66(1). *Statistical Mechanics; Disordered Systems and Neural Networks; Quantitative Biology*. doi:10.1103/PhysRevE.66.016128.
- Nunn CL, Altizer S, Jones KE, Sechrest W (2003) Comparative tests of parasite species richness in primate. *Am Nat* 162:597–614
- Oksanen, J., Blanchet, FG, Kindt, R., Legendre, P., Minchin, PR, O'hara, RB, ... & Oksanen, MJ (2013). Pacote 'vegano'. *Pacote de ecologia comunitária, versão*, 2 (9), 1-295.
- Oliveira, B. T., Gabriel, L. B., & Margi, C. B. (2015). TinySDN: Enabling multiple controllers for software-defined wireless sensor networks. *IEEE Latin America Transactions*, 13(11), 3690-3696.
- Ostfeld, R. S., Canham, C. D., Oggenfuss, K., Winchcombe, R. J., & Keesing, F. (2006). Climate, deer, rodents, and acorns as determinants of variation in Lyme-disease risk. *PLoS biology*, 4(6), e145.
- Ostfeld, R.S., Keesing, F., (2000). Biodiversity and disease risk: the case of Lyme disease. *Conserv. Biol.* 14, 722-728.

- Pardini, R., Bueno, A.A., Gardner, T.A., Prado, P.I., Metzger, J.P., Fenton, B., (2010). Beyond the fragmentation threshold hypothesis: regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. *Plos One* 5, p. e13666.
- Poulin R (1999) Body size vs abundance among parasites species: positive relationships? *Ecography* 22:246–250
- Poulin R. (2007). *Evolutionary ecology of parasites*. (Second edition). Princeton University Press, New Jersey, pp. 332.
- Reis, F. S., Barros, M. C., Fraga, E. D. C., DA Penha, T. A., Teixeira, W. C., DOS Santos, A. C. G., & DE C, R. D. M. S. (2008) Ectoparasitos de pequenos mamíferos silvestres de áreas adjacentes ao rio Itapecuru e área de preservação ambiental do Inhamum, estado do Maranhão, Brasil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 17(1), 69-74.
- Renwick, A. R.; Lambin, X. (2013) Host-parasite interactions in a fragmented landscape. *International Journal for Parasitology*, v. 43, n. 1, p. 27-35.
- Santos, Cyntia Cavalcante. 2019. *Terrestrial herbivorous mammals in a mosaic of Cerrado, Atlantic Forest, and land-use changes*. Diss. Université d'Angers; Universidade federal de Mato Grosso.
- Silva, M.S. (2011) Estudo da Fauna de Mesostigmata de Pequenos Roedores do Ecosistema da Serra dos Órgãos no Estado do Rio de Janeiro. Monografia de Especialização em Entomologia. Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz.
- Sponchiado, J., Melo, G.L., Landulfo, G.A., Jacinavicius, F.C., Barros-Battesti, D.M., Cáceres, N.C., (2015b). Interaction of ectoparasites (Mesostigmata, Phthiraptera and Siphonaptera) with small mammals in Cerrado fragments, western Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* no prelo
- Thomas, F., Guégan, J. F., Michalakis, Y., & Renaud, F. (2000) Parasites and host lifehistory traits: implications for community ecology and species coexistence. *International Journal for Parasitology*, 30(5), 669-674.
- Tompkins DM, Begon M (1999) Parasites can regulate wildlife populations. *Parasitol Today* 15:311–313 Veloso HP, Rangel-Filho ALR, Lima JCA (1991) Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro.
- Torres-Castro, M., Cruz-Camargo, B., Medina-Pinto, R., Reyes-Hernández, B., Moguel-Lehmer, C., Medina, R., ... & Puerto, F. I. (2018). Detección molecular de leptospiras patógenas en roedores sinantrópicos y silvestres capturados en Yucatán, México. *Biomedica*, 38, 51-58.
- Valiente Moro C, Chauve C, Zenner L (2005) Vectorial role of some dermanyssoid mites (Acari, Mesostigmata, Dermanysoidea). *Parasite* 12:99–109.
- Wenzel, R. L., & Tipton, V. J. (1966) Ectoparasites of bats from Big Bend National Park, Texas. *Southwest. Nat.* 20: 241–254.
- Wharton GW, Cross HF (1957) Studies on the feeding habits of three species of laelaptid mites. *J Parasitol* 43:45–50.
- Wood CL, Johnson PTJ (2015) A world without parasites: exploring the hidden ecology of infection. *Front Ecol Environ* 13:425–434. <https://doi.org/10.1890/140368>