



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

MACIEL GARRETO DOS SANTOS

**ESTRUTURA DE REDES DE INTERAÇÕES ECOLÓGICAS ENTRE DIETA,
PARASITOS E LAGARTOS DA REGIÃO DO PARQUE NACIONAL DA
CHAPADA DAS MESAS**

Chapadinha - MA

2024

MACIEL GARRETO DOS SANTOS

**ESTRUTURA DE REDES DE INTERAÇÕES ECOLÓGICAS ENTRE DIETA,
PARASITOS E LAGARTOS DA REGIÃO DO PARQUE NACIONAL DA
CHAPADA DAS MESAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Ciências de Chapadinha, da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Meio Ambiente e Recursos Naturais
Linha de Pesquisa: Biodiversidade e Conservação

Orientador: Dr. Samuel Vieira Brito
Coorientador: Dr. Adonias Aphoena Martins Teixeira

Chapadinha - MA

2024

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Garreto dos Santos, Maciel.

Estrutura de Redes de Interações Ecológicas Entre
Dieta, Parasitos e Lagartos da Região do Parque Nacional
da Chapada das Mesas / Maciel Garreto dos Santos. - 2024.
87 f.

Coorientador(a) 1: Adonias Aphoena Martins Teixeira.

Orientador(a): Samuel Vieira Brito.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Ciências Ambientais/ccch, Universidade Federal do
Maranhão, Chapadinha - Maranhão, Brasil, 2024.

1. Aninhamento. 2. Cerrado Maranhense. 3.
Endoparasitos. 4. Modularidade. 5. . I. Aphoena Martins
Teixeira, Adonias. II. Vieira Brito, Samuel. III. Título.

MACIEL GARRETO DOS SANTOS

**ESTRUTURA DE REDES DE INTERAÇÕES ECOLÓGICAS ENTRE DIETA,
PARASITOS E LAGARTOS DA REGIÃO DO PARQUE NACIONAL DA
CHAPADA DAS MESAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Ciências de Chapadinha, da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Aprovado em: ___ / ___ / ___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Samuel Vieira Brito (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prof. Dr. Ciro Líbio Caldas dos Santos
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prof. Dr. Alexandre Vasconcellos
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Chapadinha - MA

2024

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a DEUS pelo dom da vida, por me permitir acordar todos os dias e por me dar força e sabedoria para alcançar meus objetivos. Por ter me proporcionado a experiência e a oportunidade de alcançar essa graça. Por ter cuidado de cada detalhe. Por ter providenciado verdadeiros anjos na minha vida durante todo o caminho percorrido até aqui. A ti toda minha GRATIDÃO, SENHOR!

Aos meus pais, Francisco de Assis Silva dos Santos e Carmina Garreto dos Santos, por todo amor e carinho, pela confiança que sempre depositaram em mim, e pelo apoio incondicional de sempre. Sem vocês nada disso seria possível. AMO VOCÊS, GRATIDÃO!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Samuel Vieira Brito, pela oportunidade de mais uma vez participar do seu projeto de pesquisa, por me orientar e auxiliar na realização deste trabalho. Seus ensinamentos, sugestões e conselhos foram muito valiosos, certamente levarei para a vida toda.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Adonias Aphoena Martins Teixeira, pela oportunidade em fazer parte do seu projeto de pesquisa. Agradeço, ainda, por sua valiosa contribuição, ensinamentos e paciência na realização dessa pesquisa, por ter ajudado nas análises dos resultados e, também, por ter me auxiliando com dicas e sugestões para a melhoria deste trabalho.

Aos meus irmãos, Gabriel, Regianilde, Carmilene (*in memorian*), Carliene, Cristiane, Maria de Fátima (Branca), Gabriela e Rejane, que sempre foram essenciais para que eu não desistisse. Amo vocês!

Aos meus amigos, cunhados e compadres, Benedito, Claudionor, Elielson e Reinaldo, por todo apoio.

Aos amigos e amigas da Pós-graduação, especialmente da minha turma de mestrado (TURMA PPGCAM 2022.2): Évelyn, Pedro Victor, Bruna, Lucymara, Sirlane, Maria da Conceição, Henrique, Lídia, Francimária, José Ribamar (Junior) e Ana Paula, obrigado por todos os momentos compartilhados, desde os mais alegres e divertidos até aqueles mais tensos. Obrigado pela parceria, ajuda e aprendizados em tantos trabalhos que realizamos juntos!

Dedico um carinho especial as minhas amigas Sirlane e Maria da Conceição, que foram as pessoas que estiveram mais presentes no meu dia a dia e que marcaram significativamente minha trajetória acadêmica, durante a Pós-Graduação, fazendo desta

jornada uma experiência mais leve e, de certa forma, mais rica de aprendizados, além de muito companheirismo, humildade e generosidade. Obrigado por todos os momentos de descontração, por todas as conversas “jogadas fora”, principalmente durante os nossos almoços no Restaurante Universitário (RU), com nossos amigos(as) Vanessa, Luciana e Vinicius, aos quais também externo os meus agradecimentos!

Externo meus agradecimentos também a minha querida amiga Iara Reis, amiga e colega de turma de Graduação (Licenciatura em Ciências Biológicas), que foi pessoa que me acolheu em sua casa, na cidade de Chapadinha - MA, logo no início da minha jornada na Pós-Graduação. GRATIDÃO!!!

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCAM, pelos ensinamentos e conhecimentos compartilhados, em especial aos professores Felipe Polivanov Ottoni, Rozijane Fernandes Ottoni, Raissa Rachel Salustiano da Silva Matos, Francinaldo Soares Silva, além dos demais funcionários desta universidade, que em conjunto fazem o curso acontecer.

Agradeço, ainda, aos professores Ciro Líbio Caldas dos Santos, Alexandre Vasconcellos, Francinaldo Soares Silva e Bruno de Souza Barreto por terem aceitado o convite para participarem como membros da banca examinadora e pelas contribuições para o melhoramento da minha dissertação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos (processo 700306/2022-00).

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), por meio do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO), pela autorização de todas as expedições de coleta.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram com mais esta conquista ímpar na minha vida, que foi ingressar e concluir uma Pós-graduação em nível de mestrado, bem como todos aqueles que sempre torceram e torcem por mim!

OBRIGADO!!!

RESUMO

A complexa teia de interações que estrutura as comunidades bióticas é o foco de estudo das redes ecológicas, ciência que visa descrever e avaliar padrões de interações entre espécies e seus efeitos nos processos ecológicos. Estes processos são determinados pelos recursos alimentares entre um pequeno grupo, populações ou comunidades de organismos coocorrendo no espaço-tempo, e a análise de redes destaca-se como ferramentas valiosas para demonstrar o percurso da energia que circula dentro dos ecossistemas. Em média, cerca de 35% da energia que flui entre essas redes ocorre via parasitismo. Dessa forma, os lagartos que são organismos essenciais para a dinâmica ecológica dos processos naturais e ocupam uma posição chave na cadeia trófica, onde atuam como predadores primários e secundários e/ou como presas, configura-se em um importante táxon para se investigar a respeito da sua dieta e de seus endoparasitos associados, uma vez que esses organismos usufruem de várias estratégias reprodutivas e de obtenção de alimento. O presente estudo trata-se da primeira pesquisa para o bioma Cerrado com abordagens de redes ecológicas utilizando lagartos como modelos, o qual teve como objetivo avaliar e compreender de que forma as redes de interações parasito-hospedeiro e dieta de lagartos oriundos da região do Parque Nacional da Chapada das Mesas estão estruturadas. Foram construídas redes bipartidas (rede parasito-hospedeiro e rede predador-presa), além das espécies de lagartos, as redes foram montadas com oito espécies de endoparasitos e 29 categorias de itens alimentares. As redes não apresentaram um padrão bem definido de aninhado ou modularidade, sendo observado um padrão difuso com baixos valores de modularidade e aninhamento mais pronunciado, no entanto não muito expressivo, indicando haver espécies que são especialistas, trilhando o mesmo caminho na rede que as espécies generalistas e poucas espécies especialistas interagindo com outras especialistas. Identificamos as espécies de lagartos que tiveram papel funcional na estruturação da topologia das redes e dos módulos das redes. Também verificamos que os hábitos, relacionado às estratégias de forrageio dos lagartos e a sazonalidade influenciaram na estruturação das redes. Isso porque as espécies de lagartos oportunistas e generalistas ocuparam posição central nas redes parasitos-hospedeiros e nas redes predador-presa, nas duas estações. As diferenças no comportamento de forrageamento dos lagartos, aliadas à amplitude de nichos podem explicar por que lagartos como os *T. hispidus*, *A. ameiva* e *A. ocellifera* apresentaram maior diversidade de parasitos e o maior consumo de presas, especialmente durante a estação seca. Dessa forma, encontramos evidências de que os hábitos relacionados às estratégias de forrageio dos lagartos e a sazonalidade está relacionado às suas posições, tanto nas redes entre parasito e hospedeiros como entre os predadores lagartos e suas presas, determinando todas as métricas de centralidade das redes.

Palavras-chave: Aninhamento, Cerrado maranhense, Endoparasitos, Modularidade.

ABSTRACT

The complex web of interactions that structures biotic communities is the focus of study of ecological networks, a science that aims to describe and evaluate patterns of interactions between species and their effects on ecological processes. These processes are determined by the food resources between a small group, populations or communities of organisms co-occurring in space-time, and network analysis stands out as a valuable tool for demonstrating the path of energy circulating within ecosystems. On average, about 35% of the energy that flows between these networks occurs via parasitism. Thus, lizards, which are essential organisms for the ecological dynamics of natural processes and occupy a key position in the trophic chain, where they act as primary and secondary predators and/or as prey, are an important taxon to investigate in terms of their diet and that of their associated endoparasites, since these organisms use various reproductive strategies and strategies for obtaining food. The present study is the first research for the Cerrado biome with ecological network approaches using lizards as models, which aimed to evaluate and understand how the networks of host-parasite interactions and diet of lizards from the Chapada das Mesas National Park region are structured. Bipartite nets (host-parasite net and predator-prey net) were constructed, in addition to the lizard species, the nets were set up with eight species of endoparasites and 29 categories of food items. The networks did not present a well-defined nesting pattern or modularity, with a diffuse pattern with low values of modularity and more pronounced nesting, although not very expressive, indicating that there are species that are specialists, following the same path in the network as the generalist species and few specialist species interacting with other specialists. We identified the lizard species that played a functional role in structuring the topology of the networks and network modules. We also found that the habits related to the lizards' foraging strategies and seasonality influenced the structuring of the nets. This is because the opportunistic and generalist lizard species occupied a central position in the parasite-host networks and in the predator-prey networks, in both seasons. The differences in the foraging behavior of the lizards, combined with the breadth of niches may explain why lizards such as *T. hispidus*, *A. ameiva* and *A. ocellifera* had a greater diversity of parasites and the highest consumption of prey, especially during the dry season. Thus, we found evidence that the habits related to the lizards' foraging strategies and seasonality are related to their positions, both in the networks between parasite and hosts and between lizard predators and their prey, determining all the metrics of centrality of the networks.

Keywords: Nesting, Maranhão Cerrado, Endoparasites, Modularity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Mapa de localização do Parque Nacional da Chapada das Mesas - PNCM, Maranhão, Brasil	35
Figura 2. Rede de interação ecológica entre parasitos e seus hospedeiros lagartos, oriundos da região do Parque Nacional da Chapada das Mesas, coletados no período da estação chuvosa	455
Figura 3. Rede de interação ecológica entre parasitos e seus hospedeiros lagartos, oriundos da região do Parque Nacional da Chapada das Mesa, coletados durante a estação seca	46
Figura 4. Grafo de rede bipartida da estação chuvosa entre as espécies de lagartos e as espécies de parasitos.....	47
Figura 5. Grafo de rede bipartida da estação seca entre as espécies de lagartos e as espécies de parasitos.....	48
Figura 6. Rede ecológica demonstrando as conexões entre predadores lagartos e seus recursos alimentares, coletados na região do Parque Nacional da Chapada das Mesas, durante a da estação chuvosa.....	57
Figura 7. Rede ecológicas demonstrando as conexões entre predadores lagartos e seus recursos alimentares, coletados na região do Parque Nacional da Chapada das Mesas, durante a estação seca.....	58
Figura 8. Grafo de rede bipartida representando as interações predador-presa entre diferentes espécies de lagartos e suas categorias de presas, coletados durante a estação chuvosa, na Região do Parque Nacional das Chapadas das Mesas.	59
Figura 9. Grafo de rede bipartida representando as interações predador-presa entre diferentes espécies de lagartos e suas categorias de presas coletados durante a estação seca, na Região do Parque Nacional das Chapadas das Mesas.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Endoparasitos coletados nos lagartos provenientes da região do Parque Nacional Chapada das Mesas, Maranhão	41
Tabela 2. Dados matriciais das redes ecológicas entre parasitos e hospedeiros lagartos coletados em ambientes de Cerrado, na região do Parque Nacional da Chapada das Mesas, Maranhão	44
Tabela 3. Índice de centralidade CZ-Análise para as espécies de lagartos e espécies de parasitos, representados na rede parasito-hospedeiro da estação chuvosa	51
Tabela 4. Índice de centralidade CZ-Análise para as espécies de lagartos e espécies de parasitos, representados na rede parasito-hospedeiro da estação seca	52
Tabela 5. Abundância dos itens alimentares, por categorias presas, encontradas nos estômagos dos lagartos, oriundos da região do Parque Nacional da Chapada das Mesas, coletados durante a estação chuvosa	54
Tabela 6. Abundância dos itens alimentares, por categorias presas, encontradas nos estômagos dos lagartos, oriundos da região do Parque Nacional da Chapada das Mesas, coletados durante a estação seca	55
Tabela 7. Dados matriciais da rede predador-presa dos lagartos coletados em ambientes de Cerrado, na região do Parque Nacional da Chapada das Mesas, Maranhão.....	56
Tabela 8. Índice de centralidade CZ-Análise para as espécies de lagartos e suas categorias de presas, representados na Rede predador-presa da estação chuvosa. Erro! Indicador não definido.	
Tabela 9. Índice de centralidade CZ-Análise para as espécies de lagartos e suas categorias de presas, representados na Rede predador-presa (Estação seca). Erro! Indicador não definido.	

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	12
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
1.1 Redes ecológicas.....	12
1.2 A importância das redes antagonistas	13
1.3 Papel dos lagartos nas redes ecológicas	15
1.4 Diversidade de lagartos, características e dieta	16
1.5 Parasitos e suas relações ecológicas	17
1.6 Redes parasito-hospedeiro e a influência da dieta em sua composição	18
2 OBJETIVOS.....	20
2.1 Geral	20
2.2 Específicos.....	20
REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO II.....	29
Estrutura de redes de interações ecológicas entre dieta, parasitos e lagartos da região do Parque Nacional da Chapada das Mesas	30
1 Introdução.....	31
2 Material e métodos	34
3 Resultados.....	40
3.1 Redes parasito-hospedeiro.....	40
3.2 Redes Predador-Presa	52
4 Discussão	64
5 Conclusão	79
6 Agradecimentos	79
Referências	80
CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS	88