



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MATHEUS CALIXTO SALDANHA

**ATIVIDADES DE CULTIVO E SEUS EFEITOS EM COMUNIDADES DE
HELMINTOS DE QUATRO POPULAÇÕES DE ANUROS (ANURA:
LEPTODACTYLIDAE) DO NORDESTE BRASILEIRO**

FORTALEZA

2022

MATHEUS CALIXTO SALDANHA

ATIVIDADES DE CULTIVO E SEUS EFEITOS EM COMUNIDADES DE HELMINTOS
DE QUATRO POPULAÇÕES DE ANUROS (ANURA: LEPTODACTYLIDAE) DO
NORDESTE BRASILEIRO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciências Biológicas do
Centro de Ciências da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau
de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Robson Waldemar Ávila

Coorientadora: Roberta da Rocha Braga

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S154a Saldanha, Matheus Calixto.
Atividades de cultivo e seus efeitos em comunidades de helmintos de quatro populações de anuros (Anura: Leptodactylidae) do nordeste brasileiro / Matheus Calixto Saldanha. – 2022.
33 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Robson Waldemar Ávila.
Coorientação: Profa. Dra. Roberta da Rocha Braga.
1. Anfíbios. 2. Agricultura. 3. Parasitismo. 4. Rio Jaguaribe. I. Título.

CDD 570

MATHEUS CALIXTO SALDANHA

ATIVIDADES DE CULTIVO E SEUS EFEITOS EM COMUNIDADES DE HELMINTOS
DE QUATRO POPULAÇÕES DE ANUROS (ANURA: LEPTODACTYLIDAE) DO
NORDESTE BRASILEIRO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciências Biológicas do
Centro de Ciências da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau
de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Robson Waldemar Ávila

Coorientadora: Dra. Roberta da Rocha Braga

Aprovado em: 12/12/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Robson Waldemar Ávila (orientador)

Universidade Federal do Ceará

Me. Elvis Franklin Fernandes de Carvalho

Universidade Federal do Ceará

Me. Tatiana Feitosa Quirino

Universidade Federal do Ceará

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em especial meus pais, por terem me proporcionado condições pra seguir nessa jornada difícil, mas de grandes aprendizados.

Agradeço a todos que me ajudaram na realização desse trabalho. Muito obrigado Roberta, por ter me dado a ideia de realizar este trabalho e por ter aceito ser coorientadora, mesmo com todas as dificuldades devido ao tempo corrido. Agradeço de coração por toda a boa vontade e disponibilidade em me ajudar, assim como tudo que aprendi com você.

Ao Robson, primeiro pela ajuda com a identificação dos parasitos e também por todos os ensinamentos e aprendizados que pude receber nesse período que estou no NUROF. Agradeço também por ter me dado uma segunda chance de continuar trabalhando nesse laboratório, pois assim tive a oportunidade de aprender muito com todas as pessoas incríveis que fazem parte dessa equipe.

Ao Elvis, que me ensinou muito do que sei hoje sobre parasitologia e por toda a ajuda que recebi em vários momentos nesse último ano. Muito obrigado.

À Tatiana, Inessa, Bruno, Mariny e Átilas por tudo que fizeram por mim, sempre me incentivando em vários momentos difíceis da minha vida acadêmica e, principalmente, pessoal. Obrigado por todos os momentos bons que vocês me proporcionaram esse ano, de verdade.

Agradecer a pessoa mais importante que conheci na graduação, Talita Barbosa de Oliveira. Obrigado por tudo que você fez por mim nesses anos, sua amizade me salvou em vários momentos e só tenho a agradecer por ter você na minha vida. Você é incrível.

Aos meus queridos amigos da graduação, com quem dividi a maior parte do meu tempo e nunca vou me esquecer: Amably Renata, Arthur Góis e Vitória Lima. Ter a companhia de vocês fez com que esses anos passassem de forma mais leve e divertida.

Por fim, agradeço a todos com quem tive contato e pude dividir conversas e sorrisos, conheci pessoas incríveis em toda essa trajetória e agradeço profundamente a todas.

RESUMO

Nas últimas décadas, anfíbios de todo o mundo vêm sofrendo um declínio populacional acentuado, e diversos estudos estão sendo feitos para entender as principais causas dessa problemática. Uma das ações humanas que afetam a dinâmica ambiental de áreas onde anfíbios são encontrados são as atividades de cultivo. Áreas onde ocorrem estas atividades se tornam ambientes bastante afetados, pois, normalmente, estão expostas a uma variedade de produtos químicos, como pesticidas e agrotóxicos, e podem afetar direta ou indiretamente o ciclo de vida de anfíbios. Relações ecológicas entre parasito-hospedeiro são fatores importantes a se levar em consideração ao estudar a saúde de anfíbios, visto que são um grupo bastante parasitado. Estas relações são fortemente influenciadas pelos hábitos do hospedeiro, habitat onde vive e todas as variáveis que afetam as condições ambientais. Anuros da família Leptodactylidae, por serem bastantes diversos, bem distribuídos e abundantes na América do Sul, se tornam ótimos modelos para estudos ecológicos sobre parasitismo. Assim, o presente trabalho buscou relacionar os possíveis efeitos que áreas com atividade de cultivo exercem sobre o ecossistema, afetando padrões na carga parasitária de quatro populações de *Leptodactylus macrosternum*. O estudo foi realizado no município cearense de Tabuleiro do Norte, próximo ao Rio Jaguaribe. Foram analisados um total de 54 hospedeiros de quatro áreas diferentes (duas áreas com atividade de cultivo comercial e duas sem) quanto a sua carga parasitária. Não houveram grandes variações na riqueza de parasitas entre hospedeiros de cada área. Entretanto, algumas espécies se mostraram mais abundantes em determinadas áreas. Ambientes antropizados por atividades de cultivo podem ocasionar alterações na carga parasitária, e diversos fatores estão envolvidos nos padrões de infecção. Assim como algumas espécies de parasitas podem ser afetadas negativamente pelos produtos agrícolas, outras podem ser favorecidas de forma indireta por estes, mostrando uma relação complexa entre as condições ambientais e os padrões de infecção por parasitas. Assim, outros estudos serão feitos para melhor entender os efeitos das áreas de cultivo em padrões de infecção parasitária em anuros.

Palavras-chave: anfíbios; agricultura; parasitismo; Rio Jaguaribe.

ABSTRACT

In recent decades, amphibians around the world have been suffering a sharp population decline, and several studies are being made to understand the main causes of this. Farming activities is one of the human actions that affect the environmental dynamics of areas where amphibians are found. Areas where these activities occur become very affected environments, because they are usually exposed to a variety of chemicals, such as pesticides and agrochemicals, and can directly or indirectly affect the life cycle of amphibians. Ecological relationships between parasite and host are important factors to consider when studying the health of amphibians, as they are a heavily parasitized group. These relationships are strongly influenced by the habits of the host, the habitat it lives in, and all the variables that affect environmental conditions. Anurans of the Leptodactylidae family, being very diverse, well distributed and abundant in South America, are excellent models for ecological studies on parasitism. Thus, the present study aimed to relate the possible effects that areas with farming activities exert on the ecosystem, affecting patterns in the parasite load of four populations of *Leptodactylus macrosternum*. The study was carried out in the Ceará municipality of Tabuleiro do Norte, near the Jaguaribe River. A total of 54 hosts from four different areas (two areas with commercial farming activity and two without) were analyzed for parasite load. There were no major variations in parasite richness between hosts in each area. However, some species were more abundant in certain areas. Environments anthropized by farming activities may cause changes in parasite load, and several factors are involved in infection patterns. Just as some parasite species may be negatively affected by agricultural products, others may be indirectly favored by them, showing a complex relationship between environmental conditions and parasite infection patterns. Thus, further studies will be done to better understand the effects of farming areas on parasite infection patterns in anurans.

Keywords: amphibians; agriculture; parasitism; Jaguaribe River.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa do Brasil e estado do Ceará, com pontos marcados nos locais de coleta (Fonte: Qgis).	14
Figura 2 - Gráfico mostrando a distribuição dos tamanhos dos indivíduos (CRC) nas quatro áreas de coleta.....	17
Figura 3 - Gráfico de distribuição de intensidade parasitária entre os sexos dos indivíduos... ..	17
Figura 4 - Gráficos de distribuição de intensidade parasitária nos hospedeiros das quatro áreas (a) e dos status de uso da terra (com ou sem cultivo comercial) (b).	19
Figura 5 - Gráfico de distribuição de intensidade parasitária de <i>A. hylambatis</i> nas diferentes áreas de coleta.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de contingência de cada uma das áreas amostrais. N= número de indivíduos; CRC= comprimento rostro-cloacal.....	16
Tabela 2 - Prevalência (P), intensidade média (IM) e sítios de infecção (SI) das espécies de parasitas encontradas no hospedeiro L. macrosternum. E=estômago, ID=intestino delgado, IG=intestino grosso, PUL=pulmão.....	18
Tabela 3 - Quantidade de parasitos encontrados (PE), abundância média total (AM), riqueza e índice de diversidade total (Shannon) de parasitos em L. macrosternum de cada área.	19
Tabela 4 - Prevalência (P%), intensidade média (IM) e abundância média (AM) de A. hylambatis em cada uma das áreas.	20
Tabela 5 - Prevalência (P%), intensidade média (IM) e abundância média (AM) de O. caatingae em cada uma das áreas.....	21
Tabela 6 - Prevalência (P), intensidade média (IM) e sítios de infecção (SI) das espécies de parasitas encontradas no hospedeiro L. macrosternum da área 3. E=estômago, ID=intestino delgado, IG=intestino grosso, PUL=pulmão.	22
Tabela 7 - Prevalência (P%), intensidade média (IM) e abundância média (AM) de O. mazzai em cada uma das áreas.....	23
Tabela 8 - Prevalência (P), intensidade média de infecção (IM) e abundância média (AM) de L. macrosternum infectados por Digenea.	24
Tabela 9 - Prevalência (P), intensidade média de infecção (IM) e abundância média (AM) de L. macrosternum infectados por Rhabdias sp.	25
Tabela 10 - Índice de discrepância de Poulin para cada espécie a amostragem total.....	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2.1. Área de estudo	13
2.2. Procedimentos amostrais	14
2.3. Procedimentos laboratoriais	14
2.4. Parasitismo	15
2.5. Análise de dados	15
2.6. Aspectos éticos	15
2.7. Financiamento	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4. CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é tido como o país com a maior diversidade de anfíbios, compreendendo cerca de 1188 espécies de sapos, cecílias e salamandras. Destes, o grupo dos anuros (sapos, rãs e pererecas) se destaca por possuir 1144 espécies agrupadas em 20 famílias e 107 gêneros (SEGALLA *et al.*, 2021). O grupo dos anuros é bastante diverso e pode ocorrer em uma variedade de habitats, desde florestas tropicais a áreas mais abertas, como Caatinga ou Cerrado (DE SÁ *et al.*, 2014). Por possuir representantes em regiões úmidas e áridas, os modos reprodutivos vão variar entre os gêneros, havendo adaptações importantes contra a dessecação, como a construção de ninhos de espumas no interior de tocas (DE-CARVALHO *et al.*, 2008).

Anfíbios são um grupo particularmente afetado pelas condições ambientais em que vivem. A saúde de populações ou comunidades deste grupo pode nos explicar como se encontra o ambiente em que vivem, visto que são afetados pelo ecossistema aquático e terrestre das regiões onde vivem. Diversos estudos abordam sobre problemas de saúde em espécies próximas a ambientes antropizados, acarretados por despejos de substâncias tóxicas e atividades industriais, por exemplo (HUANG *et al.*, 2007; PETERSON *et al.*, 2009; REGNAULT *et al.*, 2014).

Nas últimas décadas, os efeitos antrópicos provenientes de uma variedade de atividades como industrialização, agricultura e desenvolvimento urbano vêm afetando fortemente diversos ecossistemas pelo mundo (HU *et al.*, 2021). Como consequência dessas atividades, houve um aumento na fragmentação de habitats, degradação de florestas e poluição dos ambientes, atingindo diretamente diversos aspectos ecológicos. Particularmente, os anfíbios são um dos grupos de nossa fauna que são bastante prejudicados por todas as perturbações ambientais ocasionadas pela ação antrópica (JACINTO-MALDONADO *et al.*, 2022).

Mudanças climáticas, exposição à radiação UVB e maior prevalência de doenças são alguns dos fatores tidos como causadores do declínio populacional de anfíbios no mundo (KIESECKER *et al.*, 2001). Dentre as doenças que vêm acometendo os anfíbios, a causada pelo fungo *Batrachochytrium dendrobatidis* vem sendo considerado um dos agentes causadores do declínio populacional desse grupo no mundo (CATENAZZI *et al.*, 2011; GRÜNDLER *et al.*, 2012). Vírus do gênero *Ranavirus* já são documentados na Austrália, Ásia, Europa, América do Sul e do Norte e atingem populações de anfíbios, répteis e peixes. Em diversas localidades, anfíbios infectados apresentam uma taxa de mortalidade de quase 100% em girinos e adultos (GREER *et al.*, 2005).

Estudos ecológicos sobre parasitismo também são importantes para entender a saúde de indivíduos e populações, visto que infecções parasitárias podem trazer consequências negativas para o hospedeiro (PRESTON *et al.*, 2010; JACINTO-MALDONADO *et al.*, 2022). Por definição, um parasita é um organismo que vive em ou sobre outro organismo e, a partir dele, retira os nutrientes necessários para se desenvolver. De modo geral, os parasitas podem ser endoparasitas (parasitam interior do corpo) ou ectoparasitas (parasitam exterior do corpo).

Por estarem geralmente associados a corpos d'água, locais onde pode haver abundância de parasitas, os anfíbios são bastante suscetíveis a infecções parasitárias. Para os anfíbios da América do Sul, os anuros são os mais estudados com relação a sua helmintofauna, visto sua grande quantidade de espécies. Entretanto, destas 1144 espécies, cerca de 92% dos anuros não tiveram sua helmintofauna estudada, e as mais conhecidas são da família Leptodactylidae e Hylidae (CAMPIÃO *et al.*, 2014). Nematodas são os parasitas mais comuns, seguidos de trematodas, sendo ambos encontrados em maior parte no trato gastrointestinal desses anuros (CAMPIÃO *et al.*, 2015).

Dentre as famílias encontradas na América do Sul, Leptodactylidae é particularmente bem distribuída ao longo de regiões neotropicais (DE CARVALHO *et al.*, 2019). Composta por anuros denominados vulgarmente de rãs, apresentam porte médio a grande, são bons saltadores e normalmente possuem pernas bem robustas. O grupo se divide em 13 gêneros e totaliza 227 espécies atualmente (AmphibiaWeb, 2022). O gênero *Leptodactylus* é o maior da família, possuindo 82 espécies bem conhecidas acerca de suas relações filogenéticas e distribuição, sendo um grupo bastante diverso e de ocorrência em uma variedade de habitats (DE SÁ *et al.*, 2014). Dentre as espécies do gênero, *L. macrosternum* é uma espécie bem distribuída e consideravelmente abundante na América do Sul e Brasil. Esta espécie ocorre praticamente durante todo o ano, podendo ser encontrada em ambientes mais secos e com temperaturas anuais mais altas. Devido a capacidade desta espécie de se adaptar a ambientes mais quentes, podem ser facilmente encontradas no domínio morfoclimático da caatinga, principalmente associada a corpos d'água (DA COSTA *et al.*, 2016).

Sendo o ambiente um moldador das relações entre as espécies existentes em uma área, comunidades próximas a áreas onde ocorrem atividades agrícolas estão suscetíveis a uma variedade de alterações em consequência do uso de produtos químicos. Dentre várias, o parasitismo é uma das relações que pode ser fortemente alterada a depender das condições ambientais. Estudos acerca do parasitismo e efeitos desta relação no hospedeiro são imprescindíveis para entender diversos aspectos da história natural das espécies, visto que fatores que afetam os hospedeiros também afetarão as interações com os parasitas (BUSH *et*

al., 2001). Assim, se fazem necessários estudos que busquem verificar a influência da antropização de áreas de cultivo sobre as comunidades de fauna presentes. Dentre os grupos mais expostos a essas alterações, os anuros se destacam devido ao seu ciclo de vida duplo, e espécies abundantes e consideravelmente bem adaptadas a ambientes antropizados se tornam bons modelos para estudos ecológicos e parasitários.

Desta forma, o presente estudo busca identificar a fauna parasitária e analisar os possíveis efeitos de atividades agrícolas na prevalência, riqueza, diversidade e abundância de espécies parasitas em amostras de *Leptodactylus macrosternum* de quatro áreas dentro do município de Tabuleiro do Norte, localizado na Chapada do Apodi, no baixo Rio Jaguaribe.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

As coletas ocorreram no município de Tabuleiro do Norte, localizado na divisa do Ceará com o Rio Grande do Norte, no final da estação chuvosa de 2017 (maio-junho). A região possui clima tropical quente semiárido, com temperatura média variando de 26 a 28°C e pluviosidade de 794,8 mm (IPECE, 2017). Banhado pelo Rio Jaguaribe, considerado o maior do Ceará, suas margens são tipicamente utilizadas para agricultura, piscicultura, agropecuária e atividades de lazer.

Foram selecionadas quatro áreas (A) para coleta, correspondentes a quatro propriedades com diferentes usos da terra (Figura 1). Duas se localizam mais distantes ao Rio Jaguaribe, e foram consideradas áreas com pouca influência de atividades agrícolas, visto que não possuíam cultivo comercial, sendo denominadas de A1 e A2. As outras duas áreas, mais próximas ao rio, foram tidas como afetadas pelas atividades de agricultura, pois possuíam cultivo de banana, milho, feijão e gramíneas forrageiras (A3 e A4).

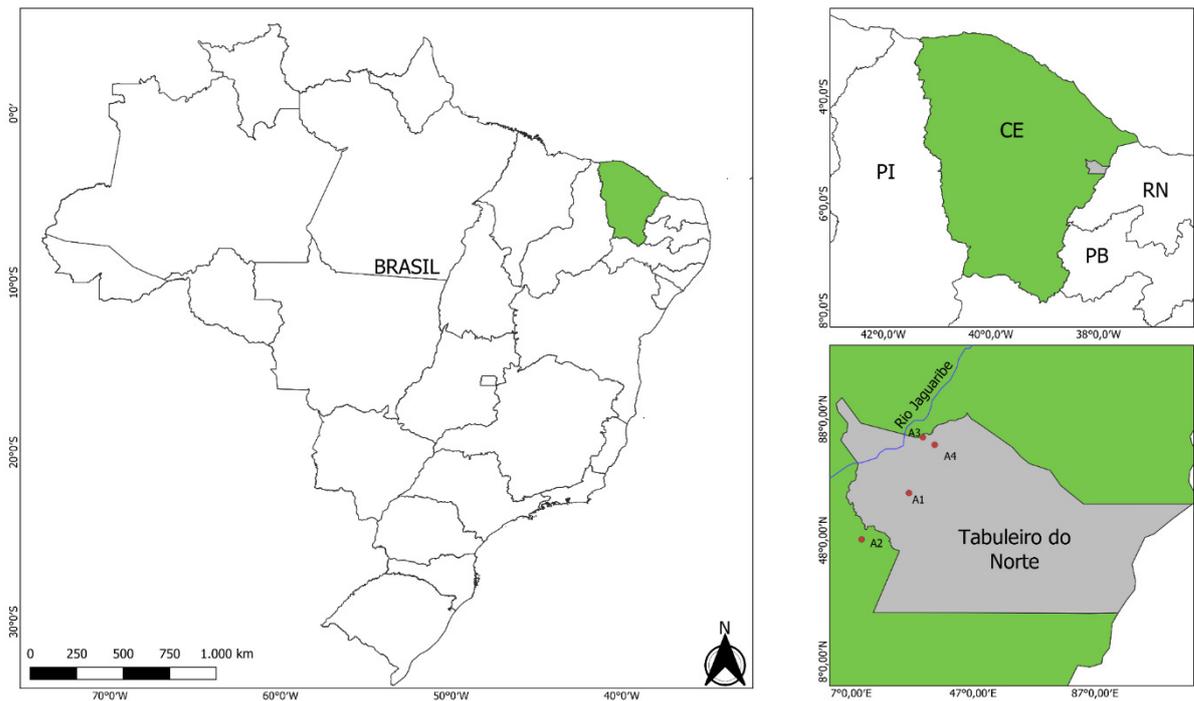


Figura 1 - Mapa do Brasil e estado do Ceará, com pontos marcados nos locais de coleta (Fonte: Qgis).

2.2. Procedimentos amostrais

O método de captura foi através de busca ativa por coleta manual no período da noite (18:00 às 20:00) devido ao hábito noturno de anuros em geral. Os indivíduos foram postos em sacos plásticos aerados e transportados logo em seguida para a realização de procedimentos laboratoriais.

2.3. Procedimentos laboratoriais

Os indivíduos coletados foram eutanasiados por meio de injeção intracardíaca de cloridrato de lidocaína (30mg/kg) segundo Chatigny et al. (2017) e CONCEA (BRASIL, 2018). Posteriormente, cada indivíduo foi submetido à biometria, medindo-se o comprimento rostro-cloacal (CRC) e a massa corporal através de paquímetro digital (precisão 0,01cm) e balança digital (precisão 0,01g), respectivamente. Logo em seguida os espécimes foram fixados utilizando formaldeído a 10% por 24-72 horas e conservados em álcool etílico a 70%. Durante a dissecação, foram retirados e conservados órgãos do trato gastrointestinal, pulmões e coração para análise de parasitismo. Os demais órgãos, assim como a carcaça dos espécimes, foram utilizados para estudos paralelos (BRAGA et al., 2022a,b, GONDIM, 2021).

2.4. Parasitismo

Os órgãos do trato gastrointestinal, pulmões e coração de cada indivíduo foram dissecados e examinados para verificar a presença de parasitos com o auxílio de um microscópio estereoscópio. Helmintos encontrados foram cuidadosamente retirados e armazenados em microtubos contendo álcool etílico a 70%.

Para a identificação, os nematoides foram clarificados em ácido láctico e montados temporariamente entre lâmina e lamínula. As lâminas foram analisadas em um microscópio óptico nos aumentos de 40 e 100x, e os espécimes identificados com base em literatura especializada, como artigos de descrição de espécies e chaves de identificação (VICENTE et al., 1991; FELIX-NASCIMENTO et al., 2020; GONZALEZ et al., 2019).

2.5. Análise de dados

As variáveis área, tamanho (CRC) e sexo foram utilizadas como variáveis predictoras. Os descritores quantitativos de populações parasitárias (p. e. prevalência, intensidade média, abundância, sítio) seguiram os conceitos estabelecidos por Bush *et al.* (1997) e foram utilizadas como variáveis resposta nas análises de estatística inferencial. A partir das variáveis descritas, foram analisadas diferenças ontogenéticas e sexuais na infecção através de testes de Correlação e de hipóteses, empregados de acordo com a respectiva distribuição dos dados.

Foi feito o Índice de Discrepância de Poulin, que vai variar de 0 (distribuição uniforme) a 1 (distribuição agregada), para comparar a distribuição de espécies de parasitas entre os hospedeiros. Para obter dados acerca da biodiversidade de helmintos em cada área amostral, foi calculado a diversidade total a partir do Índice de Shannon, que se dá pela fórmula

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \log_b p_i$$

para cada uma das áreas.

As análises foram realizadas nos programas Microsoft Excel, R v. 4.1.2 (R CORE TEAM, 2021) e Quantitative Parasitology Web v. 1.0.15 (REICZIGEL et al., 2019) e todos os dados obtidos foram postos em tabelas para melhor entendimento.

2.6. Aspectos éticos

Todos os espécimes foram coletados a partir da licença de coleta do SisBio n°58724-1 e o manejo, transporte e eutanásia autorizados pelo protocolo do CEUA-FMVZ-USP n°4387250118.

2.7. Financiamento

Este trabalho deriva do projeto original intitulado “O impacto das práticas agrícolas sobre as comunidades de anuros em uma área de caatinga do nordeste brasileiro” (CNPq n° 402241/2016-9), que avaliou assimetria flutuante, índices hepato e gonadossomáticos e anormalidades gonadais, utilizando o fígado e os corpos de gordura como amostras para detecção de compostos químicos orgânicos (agrotóxicos) e possíveis relações de causa e efeito (GONDIM et al., 2020; GONDIM, 2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados 54 indivíduos de *L. macrosternum*. A descrição da amostra está apresentada na Tabela 1 a seguir. A distribuição dos tamanhos está representada na Figura 2. Não foi observada diferença significativa entre o tamanho médio dos indivíduos entre as quatro áreas ($F=0,33$, $p = 0,57$). Da mesma forma, a variável sexo não mostrou significância ($W=351,5$, $p = 0,602$) quanto aos padrões de infecções parasitárias na amostra (Figura 3), apesar das fêmeas terem apresentado uma maior amplitude na intensidade.

Tabela 1 - Tabela de contingência de cada uma das áreas amostrais. N= número de indivíduos; CRC= comprimento rostro-cloacal.

Áreas	N	CRC _{médio} (cm)
1	16	6,86
Fêmeas	9	6,30
Machos	7	7,57
2	14	7,57
Fêmeas	12	7,59
Machos	2	7,46
3	12	6,44
Fêmeas	9	6,23
Machos	3	7,46
Não identificado	1	5,27
4	11	7,00
Fêmeas	4	7,22
Machos	7	6,87
Total Geral	54	6,97

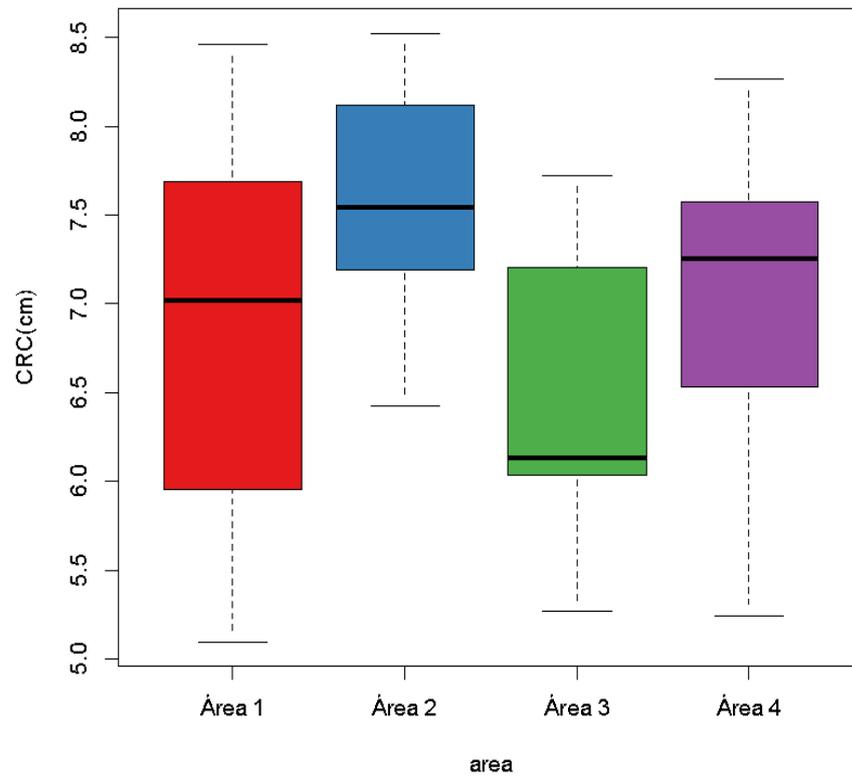


Figura 2 - Gráfico mostrando a distribuição dos tamanhos dos indivíduos (CRC) nas quatro áreas de coleta.

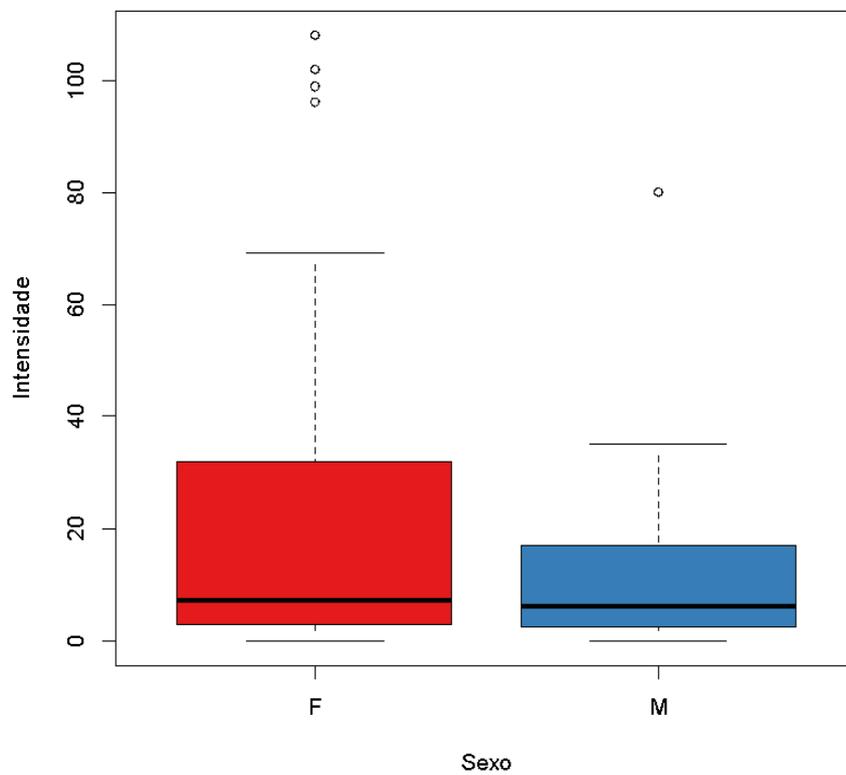


Figura 3 - Gráfico de distribuição de intensidade parasitária entre os sexos dos indivíduos.

Quanto a carga parasitária da amostra, foi possível a identificação de três helmintos a nível de espécie (*Aplectana hylambatis*, *Oswaldocruzia mazzai* e *Oxyascaris caatingae*), dois a nível de gênero (*Physaloptera sp.* e *Rhabdias sp.*) e um a nível de família (Cosmoceridae). Devido a limitações técnicas, não foi possível a identificação de trematódeos e nematódeos encistados e, portanto, foram denominados apenas de Digenea e Cisto, respectivamente. A espécie mais prevalente foi o nematódeo. Os descritores quantitativos de infecção parasitária na amostra estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Prevalência (P), intensidade média (IM) e sítios de infecção (SI) das espécies de parasitas encontradas no hospedeiro *L. macrosternum*. E=estômago, ID=intestino delgado, IG=intestino grosso, PUL=pulmão.

Espécie	P (%)	IM	SI
<i>Aplectana hylambatis</i>	38,9	25,3	E, ID, IG
<i>Oswaldocruzia mazzai</i>	29,6	13,4	E, ID, IG
Cisto	13,0	18,4	E, IG
<i>Oxyascaris caatingae</i>	22,2	4,8	E, ID, IG
<i>Physaloptera sp.</i>	5,6	1,3	E
<i>Rhabdias sp.</i>	22,2	1,5	PUL
Digenea	29,6	4,4	E, ID, IG
Cosmorcecidae	1,9	33,0	IG

Os gráficos apresentados na figura 4 mostram que não houve diferença significativa da intensidade parasitária entre as quatro áreas (a) (Kruskal-Wallis chi-squared = 7,36, df = 3, p-value = 0,061) e entre áreas de cultivo e não cultivo comercial (b) (W = 450,5, p-value = 0,12). Este fato pode ser explicado devido a semelhança dos ambientes onde os hospedeiros foram coletados.

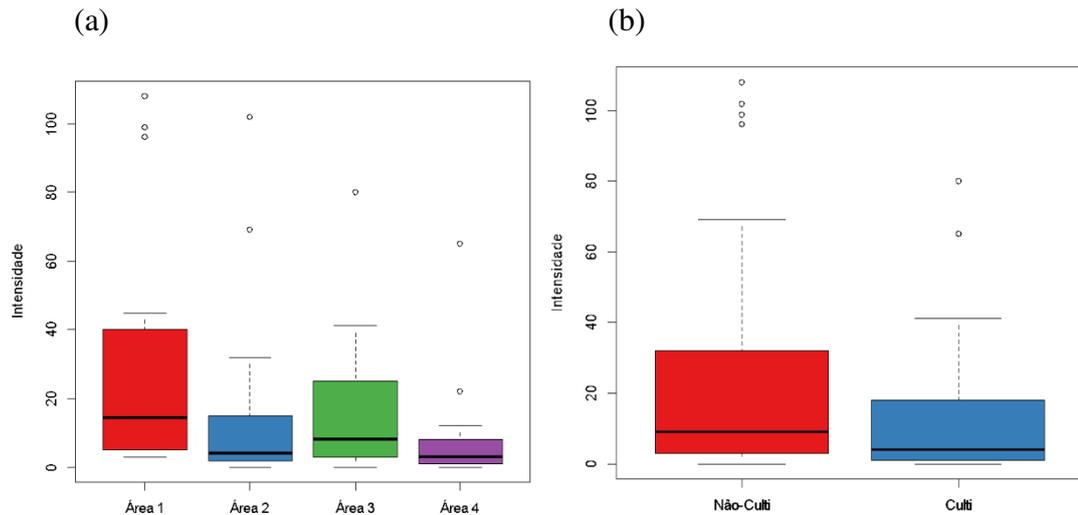


Figura 4 - Gráficos de distribuição de intensidade parasitária nos hospedeiros das quatro áreas (a) e dos status de uso da terra (com ou sem cultivo comercial) (b).

Para analisar padrões de biodiversidade nas comunidades de parasitas, foi utilizado o índice de Shannon para a diversidade total (tabela 3). Este índice mede o grau de incerteza ao prever a espécie de um indivíduo escolhido ao acaso. Caso a amostra apresente baixa diversidade, o grau de incerteza será baixo, indicando certa dominância de determinada (s) espécie (s). Quanto mais alto o índice, maior a diversidade. Nesse estudo, a área 1 ($n=0,615$; área de não cultivo comercial) e área 3 ($n=0,464$; área de cultivo comercial) foram consideradas as mais diversas. Isso pode indicar que outros fatores (como riqueza e abundância), além da equitabilidade da comunidade, podem atuar nos parâmetros de biodiversidade, e que uma comunidade mais homogênea não será obrigatoriamente a mais diversa.

Tabela 3 - Quantidade de parasitos encontrados (PE), abundância média total (AM), riqueza e índice de diversidade total (Shannon) de parasitos em *L. macrosternum* de cada área.

Área	PE	AM	Riqueza	Diversidade total (Shannon)
Área 1	500	31,25	6	0,615
Área 2	256	18,29	5	0,296
Área 3	227	17,46	7	0,464
Área 4	114	10,36	6	0,297

Muitos parasitas possuem fase larval aquática e, frequentemente, infectam vertebrados e invertebrados aquáticos como parte de seu ciclo de vida. Dessa forma, é comum espécies com hábitos aquáticos apresentarem uma maior riqueza quando comparadas a espécies terrestres

(LEUNG; KOPRIVNIKAR, 2018). Neste trabalho, a riqueza de espécies de parasitas de *L. macrosternum* não apresentou grande divergência entre as populações de cada área amostral. Indivíduos de *A. hylambatis*, *O. mazzai*, *O. caatingae*, *Rhabdias sp.* e trematódeos digenéticos (Digenea) foram encontrados em todas as áreas de pesquisa.

Em quase todas as áreas, *A. hylambatis* apresentou a maior intensidade média entre as espécies encontradas, sendo também a com maior abundância média nas áreas 1, 2 e 4 (tabela 4). Esta espécie foi presente em 38,9% dos indivíduos, representando também 49,7% de todos os helmintos identificados. O gráfico de distribuição de intensidade de *A. hylambatis* entre as áreas (figura 5) não mostrou diferença significativa na amostra (Kruskal-Wallis chi-squared = 1,11, df = 3, p-value = 0,77).

Tabela 4 - Prevalência (P%), intensidade média (IM) e abundância média (AM) de *A. hylambatis* em cada uma das áreas.

Espécie	Área	P (%)	IM	AM
<i>Aplectana hylambatis</i>	1	31,3	40,6	12,7
	2	50,0	27,7	13,9
	3	38,5	8,6	3,3
	4	36,4	22,8	8,3

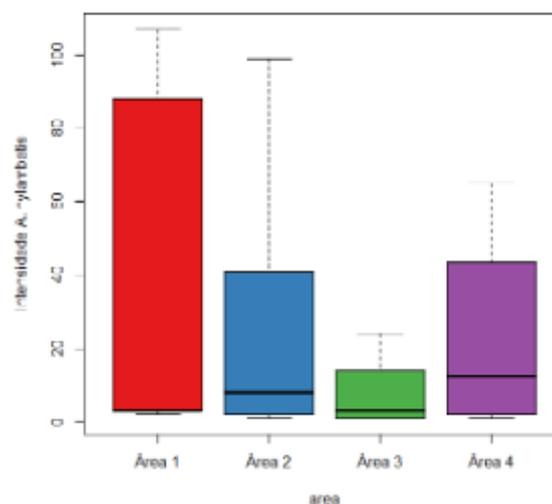


Figura 5 - Gráfico de distribuição de intensidade parasitária de *A. hylambatis* nas diferentes áreas de coleta.

No presente estudo, parasitas do filo Nematoda foram os mais presentes. Estes são os mais frequentes em anfíbios (CAMPIÃO *et al.*, 2015), o que pode estar relacionado com o ciclo

de vida direto da grande maioria das espécies de nematoides, ocorrendo comumente a infecção por contato com a pele ou ingestão de ovos ou larvas. *A. hylambatis* possui ciclo de vida direto, ocorrendo infecção por ingestão de larvas em estágio infectante. O hábito terrestre e semi-aquático de *L. macrosternum* pode facilitar com que ocorra este tipo de infecção no ambiente aquático (LINS, 2016; YODER; COGGINS, 2007). Indivíduos do gênero *Aplectana* já foram encontrados em diversos tecidos de girinos de algumas espécies de anuros, sugerindo uma possível infecção antes da metamorfose e que se mantém no estágio adulto (ANDERSON, 2000).

O fato de *A. hylambatis* ter sido a mais abundante em três das quatro áreas estudadas pode significar certa tolerância do grupo a condições de estresse, visto que foi prevalente em hospedeiros de áreas pouco e muito afetadas por atividades agrícolas comerciais. Sob condições de estresse causadas por poluição, a abundância de espécies mais sensíveis pode diminuir, enquanto de espécies mais resistentes pode se manter ou aumentar (BONGERS; FERRIS, 1999). Entretanto, a complexidade do ciclo de vida de parasitas, suas interações com o meio ambiente e seus hospedeiros, assim como as comunidades dentro destes estabelecidas torna difícil definir motivos específicos para alterações na abundância das espécies dentro de uma amostragem, podendo ser uma junção de diversos fatores. Apesar das possíveis alterações causadas por fatores abióticos, interações ecológicas interespecíficas entre indivíduos de uma comunidade em seu habitat (hospedeiro) também podem estabelecer uma competição e moldar esses padrões de comunidades. Por exemplo, se um indivíduo estiver infectado pelo trematoda *Hypoderaeum dingeri*, *Echinostoma audyi* não poderá se estabelecer nesse mesmo hospedeiro, caracterizando uma relação de competição interespecífica (ESCH *et al.*, 1990).

Cerca de 91,4% dos espécimes de *O. caatingae* encontrados foram de hospedeiros da área 1, sendo esta a que apresentou maiores taxas de prevalência, intensidade média e abundância média desta espécie quando compara às demais áreas (tabela 5).

Tabela 5 - Prevalência (P%), intensidade média (IM) e abundância média (AM) de *O. caatingae* em cada uma das áreas.

Espécie	Área	P (%)	IM	AM
<i>Oxyascaris caatingae</i>	1	50,0	6,6	3,3
	2	14,3	1,5	0,2
	3	7,7	1	0,1
	4	9,1	1	0,1

Mesmo apresentando ciclo de vida direto por ingestão de larva infectante, assim como *A. hylambatis*, *O. caatingae* foi encontrada em abundância consideravelmente menor. Levando em consideração as variáveis ambientais, esta poderia vir a ser uma espécie mais sensível a compostos químicos no ambiente, visto que ocorreu quase em sua totalidade na área considerada mais diversa e com pouca interferência de atividades de cultivo. Estes dados podem indicar que o ambiente onde os hospedeiros da área 1 foram encontrados era mais propício ao desenvolvimento de *O. caatingae* do que as demais áreas.

A presença de nematoides encistados (não identificados) foi vista apenas em hospedeiros da área 3 (tabela 6). Em estudos com o parasita *Rhabditis teres*, foi descoberto que a larva, em determinado estágio de desenvolvimento, pode encistar facilmente quando há uma baixa disponibilidade de recursos, podendo permanecer assim por semanas, retornando ao estágio larval quando as condições são favoráveis. Ainda, a forma encistada é tipicamente tida como uma fase de dispersão para estes nematoides (FERRIS; BONGERS, 2006). Talvez seja mais relevante associar a presença de cistos em hospedeiros da área 3 como um possível fator indicador de perturbação no ambiente, onde alguma (s) espécie (s) utilizou dessa estratégia como método de defesa contra o próprio ambiente. Assim, poderiam vir a retomar seu estágio larval quando as condições fossem propícias ou, ao ser ingerido como cisto por anuros, utilizaria deste como hospedeiro paratênico para que pudesse chegar em seu hospedeiro final, como répteis, aves e mamíferos (KELEHEAR; JONES, 2010). Dessa forma, a ocorrência de cistos apenas em hospedeiros de uma das áreas amostrais pode significar que aquela área estaria mais afetada que as demais aqui estudadas, ocasionando alterações no ciclo de vida dos parasitas encontrados na área.

Tabela 6 - Prevalência (P), intensidade média (IM) e sítios de infecção (SI) das espécies de parasitas encontradas no hospedeiro *L. macrosternum* da área 3. E=estômago, ID=intestino delgado, IG=intestino grosso, PUL=pulmão.

Área	Espécie	P (%)	IM	SI
Área 3	<i>Aplectana hylambatis</i>	38,5	8,6	ID, IG
	<i>Oswaldocruzia mazzai</i>	7,7	1	E
	Cisto	53,8	18,4	E, IG
	<i>Oxyascaris caatingae</i>	7,7	1	IG
	<i>Physaloptera sp.</i>	7,7	1	E
	<i>Rhabdias sp.</i>	7,7	1	PUL
	Digenea	46,2	8,5	E, ID, IG

Apesar de não ter sido possível a identificação dos cistos a nenhum nível taxonômico, é improvável que sejam de uma espécie de parasita diferente das já descritas neste trabalho, visto que a riqueza de espécies foi semelhante em todas as áreas. Das espécies aqui abordadas, a presença de larvas encistadas de *Physaloptera sp.* já foi observada em anfíbios (KELEHEAR; JONES, 2010).

Nas áreas onde os efeitos de atividades de cultivo eram baixos (1 e 2), *O. mazzai* foi encontrada em maior abundância e prevalência que nas demais áreas (tabela 7). Possíveis motivos para estas diferenças podem estar relacionadas com o ciclo de vida dos parasitas e a dieta de *L. macrosternum*.

Tabela 7 - Prevalência (P%), intensidade média (IM) e abundância média (AM) de *O. mazzai* em cada uma das áreas.

Espécie	Área	P (%)	IM	AM
<i>Oswaldocruzia mazzai</i>	1	56,3	20,8	10,4
	2	42,9	7,8	3,4
	3	7,7	1	0,1
	4	9,1	1	0,1

Diversos fatores podem moldar a riqueza e abundância de parasitos dentro de um hospedeiro. Dentre vários, podemos citar a dieta, que atua como um dos principais meios de infecção. Funcionalmente, parasitos podem existir como presas e predadores, e o fluxo energético derivado dessas interações influencia diretamente as redes tróficas, ressaltando sua importância na estrutura do ecossistema (PRESTON; JOHNSON, 2010). É através das redes tróficas que ocorrem as infecções por diversas espécies de parasitas, e tanto a dieta quanto o ambiente em que o hospedeiro vive vão influenciar e moldar a diversidade, riqueza e abundância da carga parasitária (BUSH *et al.*, 2001; PRESTON; JOHNSON, 2010). *L. macrosternum* apresenta uma dieta que pode variar de invertebrados a vertebrados (SOLÉ *et al.*, 2009), mas insetos e aracnídeos terrestres são os componentes mais encontrados em sua dieta, sendo esta espécie também capaz de forragear em ambientes aquáticos (SOLÉ; MIRANDA, 2006).

Diversos invertebrados, como artrópodes e moluscos, podem servir de hospedeiros intermediários para espécies como *O. mazzai*, que possui ciclo de vida indireto (ANDERSON, 2000). Dito isto, uma possível hipótese para explicar a maior ocorrência de *O. mazzai* em hospedeiros das áreas 1 e 2 estaria relacionado a utilização de produtos como inseticidas. Áreas

onde o uso de pesticidas é mais frequente e intenso podem possuir uma baixa diversidade desses possíveis hospedeiros (invertebrados) e, conseqüentemente, parasitas de ciclo de vida indireto poderão não ter meios de chegar até seu hospedeiro final (anfíbios). Outro fator que também pode ser atribuído a isto é a baixa resistência de algumas espécies a produtos químicos e estresse ambiental, que pode atuar juntamente com a hipótese supracitada.

Os resultados obtidos quanto a infecções por *Digenea* são apresentados na tabela 8. Apesar da intensidade média não ter sido afetada entre as áreas de não cultivo (1 e 2) e de cultivo comercial (3 e 4), a prevalência e abundância média dobrou nas populações associadas a áreas de cultivo.

Tabela 8 - Prevalência (P), intensidade média de infecção (IM) e abundância média (AM) de *L. macrosternum* infectados por *Digenea*.

Área	P (%)	IM	AM
Sem cultivo comercial (1 e 2)	20	6,8	1,4
Com cultivo comercial (3 e 4)	41,7	6,8	2,8

Pode-se relacionar estes resultados a três hipóteses: (i) as áreas de cultivo, por estarem mais próximas ao Rio Jaguaribe e, conseqüentemente, de corpos d'água e áreas mais úmidas, podem apresentar uma abundância maior de trematódeos devido à maior disponibilidade de espaço e recursos; (ii) os efeitos de produtos químicos destinados à agricultura nas áreas 3 e 4 podem ter imunossuprimido a resposta defensiva das populações de *L. macrosternum*, facilitando infecções por trematódeos digenéticos; e (iii) o uso de agroquímicos não afeta diretamente as populações de anuros, e sim o nicho utilizado por hospedeiros intermediários (moluscos), favorecendo o desenvolvimento de larvas de trematódeos no ambiente.

Para a primeira hipótese, trematodas possuem ciclo de vida consideravelmente complexo, consistindo em três hospedeiros: (1) larva ciliada (miracídia) que busca por moluscos como primeiro hospedeiro; (2) a partir deste, emerge uma larva livre natante (cercariae) que procura por um segundo hospedeiro; (3) dentro deste segundo hospedeiro intermediário, a larva se torna uma metacercariae e deve ser ingerida pelo seu hospedeiro definitivo, ocorrendo então transmissão trófica (POULIN; CRIBB, 2002). Visto as diversas fases envolvendo ambientes aquáticos e o hábito do hospedeiro aqui estudado, a infecção por trematódeos em ambientes mais próximos da água eram esperadas.

Vale ressaltar que as variáveis de cada uma das hipóteses podem atuar em conjunto ou separadamente, influenciando as populações de formas diferentes. Por exemplo, ao fazer uma revisão sobre os efeitos de produtos químicos agrícolas em anfíbios, Mann *et al.* (2009) estabeleceu um fluxograma com as interações entre produtos e seus possíveis efeitos no ecossistema, envolvendo trematódeos e anfíbios hospedeiros. O uso de fertilizantes pode causar o aumento no crescimento de perifíton devido ao acúmulo de nutrientes, crescendo assim o número de hospedeiros de trematódeos (lesmas e caracóis) e conseqüentemente infectando mais girinos ou anuros adultos. Rohr *et al.* (2008) associa o uso de atrazina, um herbicida utilizado em plantações de milho e cana-de-açúcar, por exemplo, e a riqueza de fósforo (ambiente eutrofizado) em um ambiente como fatores que atuam em conjunto aumentando a exposição e suscetibilidade de anuros às larvas de trematódeos. Assim, diferentes tipos de produtos podem afetar tanto no aumento da abundância de trematódeos quanto na imunossupressão de anuros, que pode afetar a vida de anuros principalmente no estágio de girino (RELYEA; DIECKS, 2008).

Em contrapartida, parasitas pulmonares foram encontrados em maior abundância em hospedeiros de áreas pouco afetadas por atividades agrícolas (1 e 2) (tabela 9).

Tabela 9 - Prevalência (P), intensidade média de infecção (IM) e abundância média (AM) de *L. macrosternum* infectados por *Rhabdias* sp.

Espécie	Área	P (%)	IM	AM
<i>Rhabdias</i> sp.	1	43,8	1,6	0,7
	2	21,4	1,7	0,4
	3	7,7	1	0,1
	4	9,1	1	0,1

Christin *et al.* (2003), ao testar a hipótese de que a exposição a pesticidas reduz a resposta imune de anuros a infecções parasitárias, constatou um aumento na prevalência de parasitas de pulmão em indivíduos expostos a diferentes quantidades de pesticidas. Após 21 dias de exposição, os indivíduos apresentaram uma quantidade significativa destes parasitas quando comparados aos animais no grupo de controle. Parasitas desse gênero já foram diretamente ligados a redução de aptidão física e resposta cardíaca em algumas espécies de anuros (PIZZATTO; SHINE, 2012) e redução da taxa de sobrevivência durante a metamorfose em condições laboratoriais (BROWN *et al.*, 2015). Este grupo possui ciclo de vida direto através de penetração cutânea, possuindo anfíbios como hospedeiros definitivos. Indivíduos do

gênero *Rhabdias* podem apresentar forma de vida livre (machos e fêmeas) ou formas parasitas (fêmeas). Portanto, se faz necessário uma pesquisa em maior escala para entender os padrões de infecção por *Rhabdias sp.* e como estas interações são afetadas por fatores abióticos, assim como sua influência no ciclo de vida de *L. macrosternum*.

Os índices de discrepância para cada espécie abordada são mostrados na tabela 10. Os valores foram consideravelmente altos, portanto, as amostras apresentaram uma distribuição agregada. Diversos fatores vão exercer influência na agregação ou não de parasitas em seus hospedeiros, como suscetibilidade a infecções ou padrões comportamentais e genéticos (ESCH *et al.*, 1990). Assim, a relação agregada em todas as espécies de parasitas aqui descritas pode se inferir certa instabilidade nas relações parasito-hospedeiro da amostragem estudada, podendo ser influenciada por fatores ambientais ou individuais de cada hospedeiro.

Tabela 10 - Índice de discrepância de Poulin para cada espécie a amostragem total.

Espécie	Índice de discrepância (Poulin)
<i>Aplectana hylambatis</i>	0,856
<i>Oswaldocruzia mazzai</i>	0,885
Cisto	0,923
<i>Oxyascaris caatingae</i>	0,875
<i>Physaloptera sp.</i>	0,936
<i>Rhabdias sp.</i>	0,824
Digenea	0,861
<i>Cosmorcecidae</i>	0,964

Alguns estudos já trazem *L. macrosternum* como bioindicador de áreas afetadas no estado do Ceará, mais especificamente em regiões próximas ao Rio Jaguaribe (BRAGA *et al.*, 2022; GONDIM *et al.*, 2020). Os solos predominantes nessa região favorecem o seu uso para atividades de agricultura tradicional, sendo então uma área possivelmente afetada pelo uso de produtos agrícolas (GATTO, 1999). Assim, este trabalho buscou abordar uma visão parasitológica, assim como verificar e supor sobre possíveis hipóteses acerca das relações entre as alterações ambientais de áreas para cultivo com taxas de parasitismo em anuros.

As interações parasito-hospedeiro são complexas e, apesar de serem comumente relacionadas à doenças, ainda pouco se sabe sobre os demais efeitos dessa relação. Ao mesmo tempo que algumas interações podem acarretar riscos aos anuros, outras podem, em alguns casos, serem consideradas “benéficas” ou neutras (SESSIONS; RUTH, 1990; JOHNSON *et al.*,

1999; JOHNSON *et al.*, 2013). Ter uma visão mais ampla sobre o parasitismo, como esta relação é afetada por variáveis ambientais e como interfere na saúde de indivíduos e populações é importante para nos ajudar a entender os motivos que vêm causando o declínio populacional e extinção de anfíbios nos últimos anos (JACINTO-MALDONADO *et al.*, 2022).

O presente trabalho apresentou limitações em sua execução, tal como a baixa amostragem de hospedeiros. Portanto, os dados aqui apresentados são resultados parciais, e a futura complementação do trabalho será realizada assim que possível. Dessa forma, dados estatísticos poderão mudar com a análise das demais amostras. Ainda, há perspectiva futura de analisar a influência de metais pesados e pesticidas sobre a carga parasitária da amostra.

4. CONCLUSÃO

Uma variedade de fatores pode ser associada a mudanças nas cargas parasitárias entre as populações de cada área. O fato de que algumas espécies de parasitas foram encontradas em grande abundância média em todas as áreas, enquanto outras foram mais restritas a áreas específicas pode ser explicado pelas condições do ambiente. Produtos como herbicidas, inseticidas e agrotóxicos podem atuar de formas diferentes e influenciar as relações parasito-hospedeiro em diferentes estágios. Inseticidas podem diminuir as populações de hospedeiros intermediários, afetando o ciclo de vida indireto de algumas espécies de parasitas, impedindo-os de chegar à fase de larva infectante e, conseqüentemente, de chegar a seu hospedeiro definitivo (anuro). De outras formas, produtos utilizados na agricultura podem gerar uma eutrofização que pode vir a favorecer o desenvolvimento de moluscos, sendo estes hospedeiros intermediários de, principalmente, espécies de trematodas, aumentando conseqüentemente a presença destes no ambiente. Assim, estudos futuros serão realizados para procurar estabelecer e entender os motivos que levam a alterações na carga parasitária em *L. macrosternum*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AmphibiaWeb. **Information on amphibian biology and conservation.** [web application]. 2022. Berkeley, California: AmphibiaWeb. Available: <https://amphibiaweb.org/>. (Accessed: 2022).

ANDERSON, R. M. **Nematode Parasites of Vertebrates: Their Development and Transmission.** 2nd ed., CABI Publishing, Wallingford, Oxon, U.K. 650 pp, 2000.

BIENENTREU, J. F.; LESBARRÈRES, D. **Amphibian disease ecology: Are we just scratching the surface?** *Herpetologica*, v. 76, n. 2, p. 153-166, 2020.

BOLEK, M. G.; COGGINS, J. R. **Helminth community structure of sympatric eastern American toad, *Bufo americanus americanus*, northern leopard frog, *Rana pipiens*, and blue-spotted salamander, *Ambystoma laterale*, from southeastern Wisconsin.** *Journal of Parasitology*, 89, 673–680, 2003.

BONGERS, T; FERRIS, H. **Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring.** *Trends in Ecology & Evolution*, v. 14, n. 6, p. 224-228, 1999.

BRAGA, R.R. et al. **Leptodactylus macrosternum (Anura: Leptodactylidae) as a bioindicator of potentially toxic chemical elements in irrigated perimeters in northeastern Brazil.** *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, v. 4, p. 124–131, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enceco.2022.02.003>.

BRAGA, R.R.; GONDIM, P.M.; MATUSHIMA, E. R. **Histopathology of Endocrine Organs of Miranda's White-Lipped Frogs (*Leptodactylus macrosternum*) from Cultivated and Non-Cultivated Regions in Semi-Arid Northeastern Brazil.** *Journal of Comparative Pathology*, v. 192, p. 1–10, 2022b. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2021.12.002>.

BRASIL. **Diretrizes da Prática de Eutanásia do CONCEA.** Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação: Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. Brasília: 2018, 49p. Disponível em:

https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/outros_atos/resolucoes/Resolucao_CONCEA_n_37_de_15022018.html. Acesso em 25 Nov. 2022.

BRITO, S. V. et al. **Phylogeny and micro-habitats utilized by lizards determine the composition of their endoparasites in the semiarid Caatinga of Northeast Brazil.** Parasitology Research, v. 113, n. 11, p. 3963-3972, 2014.

BROWN, G. P.; KELEHEAR, C.; PIZZATTO, L.; SHINE, R. **The impact of lungworm parasites on rates of dispersal of their anuran host, the invasive cane toad.** Biological Invasions, 18(1), 103-114, 2016.

BRÜHL, C. A.; PIEPER, S.; WEBER, B. **Amphibians at risk? Susceptibility of terrestrial amphibian life stages to pesticides.** Environmental Toxicology and Chemistry, v. 30, n. 11, p. 2465-2472, 2011.

BUSH, A. O.; FERNANDEZ, J. C.; ESCH, G. W.; SEED, J. R. **Parasitism: the diversity and ecology of animal parasites.** Cambridge University Press, 2001.

CAMPIÃO, K.M.; MORAIS, D.H.; DIAS, O.T.; AGUIAR, A.; TOLEDO, G.; TAVARES, L.E.R.; DA SILVA, R.J. **Checklist of Helminth parasites of Amphibians from South America.** Zootaxa 3843(1): 1–93, 2014.

CAMPIÃO, K. M.; RIBAS, A. C. D. A.; MORAIS, D. H.; SILVA, R. J. D.; TAVARES, L. E. R. **How many parasite species a frog might have? Determinants of parasite diversity in South American anurans.** PLOS one, 10(10), e0140577, 2015.

CAMPIÃO, K. M.; RIBAS, A.; TAVARES, L. E. R. **Diversity and patterns of interaction of an anuran–parasite network in a neotropical wetland.** Parasitology, v. 142, n. 14, p. 1751-1757, 2015.

CATENAZZI, A.; LEHR, E.; RODRIGUEZ, L. O.; VREDENBURG, V. T. **Batrachochytrium dendrobatidis and the collapse of anuran species richness and abundance in the upper Manu National Park, southeastern Peru.** Conservation Biology, 25(2), 382-391, 2011.

CHATIGNY, F. et al. **Uses and doses of local anesthetics in fish, amphibians, and reptiles.** Journal of the American Association for Laboratory Animal Science : JAALAS, v. 56, n. 3, p. 244–253, 2017. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28378704> .

CHRISTIN, Marie-Soleil *et al.* **Effects of agricultural pesticides on the immune system of *Rana pipiens* and on its resistance to parasitic infection.** Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal, v. 22, n. 5, p. 1127-1133, 2003.

DA COSTA, D. F. S. *et al.* **Dieta de *Leptodactylus macrosternum*, Amphibia Anura, Leptodactylidae, no Sertão da Paraíba, Brasil.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 11, n. 4, p. 123-128, 2016.

DE-CARVALHO, C. B.; FREITAS, E. B. D.; FARIA, R. G.; BATISTA, R. D. C.; BATISTA, C. D. C.; COELHO, W. A.; BOCCHIGLIERI, A. **História natural de *Leptodactylus mystacinus* e *Leptodactylus fuscus* (Anura: leptodactylidae) no Cerrado do Brasil Central.** Biota Neotropica, 8, 105-115, 2008.

DE CARVALHO, T. R.; GIARETTA, A. A.; ANGULO, A.; HADDAD, C. F.; PELOSO, P. L. **A new Amazonian species of *Adenomera* (Anura: Leptodactylidae) from the Brazilian state of Pará: a tody-tyrant voice in a frog.** American Museum Novitates, 2019(3919), 1-21, 2019.

DE OLIVEIRA, C. R.; ÁVILA, R. W.; MORAIS, D. H. **Helminths associated with three *Physalaemus* species (Anura: Leptodactylidae) from Caatinga Biome, Brazil.** Acta Parasitologica, v. 64, n. 1, p. 205-212, 2019.

DE SÁ, R. O.; GRANT, T.; CAMARGO, A.; HEYER, W. R.; PONSSA, M. L.; STANLEY, E. **Systematics of the neotropical genus *Leptodactylus* Fitzinger, 1826 (Anura: Leptodactylidae): phylogeny, the relevance of non-molecular evidence, and species accounts.** South American Journal of Herpetology, 9(s1), 2014.

ESCH, G. W. *et al.* **Parasite communities: patterns and processes.** London: Chapman and Hall, 1990.

FELIX-NASCIMENTO, G. *et al.* **Two new species of Cosmocercidae (Nematoda: Cosmocercoidea) of Leptodactylus macrosternum Miranda-Ribeiro (Anura: Leptodactylidae) from Caatinga Biome, Brazil.** *Zootaxa*, v. 4877, n. 2, p. 274-290, 2020.

FERRIS, H; BONGERS, T. **Nematode indicators of organic enrichment.** *Journal of nematology*, v. 38, n. 1, p. 3, 2006.

GATTO, L. C. S. **Diagnóstico ambiental da bacia do Rio Jaguaribe.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Salvador, 1999. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95788.pdf>.

GONDIM, P. M.; RODRIGUES, J. F. M.; CASCON, P. **Fluctuating asymmetry and organosomatic indices in anuran populations in agricultural environments in semi-arid Brazil.** *Herpetol. Conserv. Biol.* 15, p. 354–366, 2020.

GONDIM, P. M. **Indicadores de estresse ambiental em populações de Leptodactylus macrosternum (Leptodactylidae) e Scinax x-signatus (Hylidae) em ambientes agrícolas no semi-árido brasileiro.** 2021. 109 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

GONZALEZ, C. E.; GÓMEZ, V. I.; HAMANN, M. I. **Morphological variation of Aplectana hylambatis (Nematoda: Cosmocercidae) from different anuran hosts and localities in Argentina.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 91, 2019.

GONZÁLEZ, C. E. *et al.* **Structure of the helminth community in Dermatotonotus muelleri (Anura: Microhylidae) from the driest area of the American Chaco.** *Annals of Parasitology*, v. 66, n. 1, 2020.

GRABDA-KAZUBSKA, B. **Abbreviation of the life cycles in plagiorchid trematodes: general remarks.** *Acta Parasitol. Polonica* 24, 125–141, 1976.

GREER, A. L.; BERRILL, M.; WILSON, P. J. **Five amphibian mortality events associated with ranavirus infection in south central Ontario, Canada.** Diseases of aquatic organisms, v. 67, n. 1-2, p. 9-14, 2005.

GRÜNDLER, M. C. *et al.* **Interaction between breeding habitat and elevation affects prevalence but not infection intensity of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Brazilian anuran assemblages.** Diseases of aquatic organisms, v. 97, n. 3, p. 173-184, 2012.

HUANG, D.; ZHANG, Y.; WANG, Y.; XIE, Z.; JI, W. **Assessment of the genotoxicity in toad *Bufo raddei* exposed to petrochemical contaminants in Lanzhou Region, China.** Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 629(2), 81-88, 2007.

JACINTO-MALDONADO, M.; GARCIA-PEÑA, G. E.; LESBARRÈRES, D.; MEZA-FIGUEROA, D.; ROBLES-MORÚA, A.; SALGADO-MALDONADO, G.; SUZÁN, G. **Urbanization impacts parasite diversity in the cane toad *Rhinella horribilis* (Anura: Bufonidae).** Global Ecology and Conservation, 38, e02275, 2022.

JOHNSON, P. T.; LUNDE, K. B.; RITCHIE, E. G.; LAUNER, A. E. **The effect of trematode infection on amphibian limb development and survivorship.** Science, 284(5415), 802-804, 1999.

JOHNSON, P. T.; PRESTON, D. L.; HOVERMAN, J. T.; LAFONTE, B. E. **Host and parasite diversity jointly control disease risk in complex communities.** Proceedings of the National Academy of Sciences, 110(42), 16916-16921, 2013.

KELEHEAR, C.; JONES, H. I. **Nematode larvae (Order Spirurida) in gastric tissues of Australian anurans: a comparison between the introduced cane toad and sympatric native frogs.** Journal of Wildlife Diseases, v. 46, n. 4, p. 1126-1140, 2010.

KIESECKER, J. M.; BLAUSTEIN, A. R.; BELDEN, L. K. **Complex causes of amphibian population declines.** Nature, v. 410, n. 6829, p. 681-684, 2001.

LANDFOR, G. J.; JAVONY, J. **Comparative Life Cycles and Life Histories of North American *Rhabdias* Spp. (Nematoda: Rhabdiasidae): Lungworms from Snakes and**

Anurans. American Society of Parasitologists. *Journal of Parasitology*, 95(5) : 1145-1155, 2009.

LAFFERTY, K. D. **The evolution of trophic transmission.** *Parasitology Today*, 15, 111–115. [https://doi.org/10.1016/S0169-4758\(99\)01397-6](https://doi.org/10.1016/S0169-4758(99)01397-6), 1999.

LEUNG, T. L. F.; KOPRIVNIKAR, J. **Nematode parasite diversity in birds: The role of host ecology, life history and migration.** *Journal of Animal Ecology*, 85, 1471–1480. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12581>, 2016.

LEUNG, T. L. F.; KOPRIVNIKAR, J. **Your infections are what you eat: how host ecology shapes the helminth parasite communities of lizards.** *Journal of Animal Ecology*, v. 88, n. 3, p. 416-426, 2018.

MANN, R. M.; HYNE, R. V.; CHOUNG, C. B.; WILSON, S. P. **Amphibians and agricultural chemicals: review of the risks in a complex environment.** *Environmental pollution*, 157(11), 2903-2927, 2009.

MASCARENHAS, W.; OLIVEIRA, C. R.; BENÍCIO, R. A.; ÁVILA, R. W.; RIBEIRO, S. C. **Nematodes of *Proceratophrys ararype* (Anura: Odontophrynidae), an endemic frog from the Araripe Plateau, northeastern Brazil.** *Biota Neotropica*, 21, 2021.

MEDINA, E. G.; LIRA-NORIEGA, A.; ARÁOZ, E.; PONSSA, M. L. **Potential effects of climate change on a Neotropical frog genus: changes in the spatial diversity patterns of *Leptodactylus* (Anura, Leptodactylidae) and implications for their conservation.** *Climatic Change*, v. 161, n. 4, p. 535-553, 2020.

PETERSON, J. D.; PETERSON, V. A.; MENDONÇA, M. T. **Exposure to coal combustion residues during metamorphosis elevates corticosterone content and adversely affects oral morphology, growth, and development in *Rana sphenocephala*.** *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, v. 149, n. 1, p. 36-39, 2009.

PIZZATTO, L.; SHINE, R. **Typhoid Mary in the frogpond: can we use native frogs to disseminate a lungworm biocontrol for invasive cane toads?** *Anim Conserv* 15:545–552, 2012.

POULIN, R.; CRIBB, T. H. **Trematode life cycles: short is sweet?**. *Trends in parasitology*, v. 18, n. 4, p. 176-183, 2002.

POULIN, R.; FREDENSBORG, B. L.; HANSEN, E.; LEUNG, T. L. **The true cost of host manipulation by parasites.** *Behavioural Processes*, 68(3), 241-244, 2005.

PRESTON, D.; JOHNSON, P. **Ecological consequences of parasitism.** *Nature Education Knowledge*, v. 3, n. 10, 2010.

R Core Team (2021). **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

REGNAULT, C.; WORMS, I. A.; OGER-DESFEUX, C.; MELODELIMA, C.; VEYRENC, S.; BAYLE, M. L.; ... REYNAUD, S. **Impaired liver function in *Xenopus tropicalis* exposed to benzo [a] pyrene: transcriptomic and metabolic evidence.** *BMC genomics*, 15(1), 1-16, 2014.

REICZIGEL, J.; MAROZZI, M.; FABIAN, I.; ROZSA, L. **Biostatistics for parasitologists – a primerto Quantitative Parasitology**, *Trends in Parasitology*, 35(4): 277-281, 2019.

RELYEA, R. A.; DIECKS, N. **An unforeseen chain of events: lethal effects of pesticides on frogs at sublethal concentrations.** *Ecological Applications*, v. 18, n. 7, p. 1728-1742, 2008.

ROHR, J. R. *et al.* **Agrochemicals increase trematode infections in a declining amphibian species.** *Nature*, v. 455, n. 7217, p. 1235-1239, 2008.

SEGALLA, M. V. *et al.* **List of Brazilian amphibians.** *Herpetologia Brasileira*, v. 10, n. 1, p. 121-216, 2021.

SESSIONS, S. K.; RUTH, S. B. **Explanation for naturally occurring supernumerary limbs in amphibians.** Journal of experimental Zoology, v. 254, n. 1, p. 38-47, 1990.

SOLÉ, M.; DIAS, I. R.; RODRIGUES, E. A.; MARCIANO-JR, E.; BRANCO, S. M.; CAVALCANTE, K. P.; RÖDDER, D. **Diet of Leptodactylus ocellatus (Anura: Leptodactylidae) from a cacao plantation in southern Bahia, Brazil.** Herpetology Notes, 2(2009), 9-15, 2009.

SOLÉ, M.; MIRANDA, T. **Sub aquatic feeding in the Hylid frog Pseudis cardosoi (Anura: Hylidae) from Rio Grande do Sul, southern Brazil.** Boletín de la Asociación Herpetológica Española 17, 101-102, 2006.

VICENTE, J. J. et al. **Nematoides do Brasil 2º parte: nematoides de Anfíbios.** Revista Brasileira de Zoologia, 7, 549–626, 1991.