



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO

**RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE GASTRÓPODES E
TREMATÓDEOS ASSOCIADOS EM ÁREAS AO REDOR DA
REGIÃO DOS LENÇÓIS MARANHENSES, BRASIL**

BRENO NUNES COSTA

SÃO LUÍS - MA
2024

BRENO NUNES COSTA

**RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE GASTRÓPODES E
TREMATÓDEOS ASSOCIADOS EM ÁREAS AO REDOR DA
REGIÃO DOS LENÇÓIS MARANHENSES, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Dr. José Manuel Macário Rebêlo

Coorientadora: Dra. Ligia Tchaicka

SÃO LUÍS – MA
2024

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

Costa, Breno Nunes.

RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE GASTRÓPODES E TREMATÓDEOS
ASSOCIADOS EM ÁREAS AO REDOR DA REGIÃO DOS LENÇÓIS
MARANHENSES, BRASIL / Breno Nunes Costa. - 2024.

84 f.

Orientador(a): José Manuel Macário Rebêlo.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Biodiversidade Conservação/ccbs, Universidade Federal do
Maranhão, São Luís, Maranhão, 2024.

1. Gastrópodes. 2. Trematódeos. 3. Lençóis
Maranhenses. 4. . 5. . I. Rebêlo, José Manuel Macário.
II. Título.

BRENO NUNES COSTA

**RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE GASTRÓPODES E
TREMATÓDEOS ASSOCIADOS EM ÁREAS AO REDOR DA
REGIÃO DOS LENÇÓIS MARANHENSES, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Aprovada em 28 / 11 /2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Manuel Macário Rebêlo (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Rafael Alves Esteves
Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ)

Prof^a. Dra. Christiane de Oliveira Goveia
Instituto Evandro Chagas – Belém (PA)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Santíssima Trindade, que, nos momentos mais difíceis da minha caminhada, sempre me sustentou e me fez mais do que vencedor. Sem Deus, nada seria possível.

Em segundo lugar, expresso minha gratidão à minha maravilhosa família, especialmente aos meus queridos pais, Evaldo e Margarete de Jesus, pelo apoio constante, incentivo aos estudos e por todos os sacrifícios feitos em prol da minha vida. Agradeço também a fé dos meus irmãos, Bruno e Larissa, que sempre acreditaram na minha capacidade de realizar este sonho de tornar-me mestre, e estendo meu muito obrigado ao meu cunhado Welitton pelo seu apoio e confiança. Sou igualmente grato aos meus amores Ana Laura e Júnior, sobrinhos que enchem nosso coração de alegria e estão presentes nos melhores momentos da minha vida. E, claro, agradeço a ela, minha esposa linda e perfeita, que desde o primeiro momento foi uma grande apoiadora do meu sonho e demonstra seu orgulho por mim onde quer que vá. Você é o amor da minha vida.

Em terceiro lugar, deixo meus sinceros agradecimentos ao meu respeitado e nobre orientador, Dr. Macário, que sempre compartilhou orientações valiosas e dicas preciosas sobre como fazer uma pesquisa científica. Com sua orientação, pude me tornar um discente mais qualificado e preparado para a obtenção deste título. A Universidade Federal do Maranhão tem, em Dr. Macário, um grande educador.

Agradeço ainda aos amigos, em especial à minha querida e primeira incentivadora para a inscrição e conclusão deste mestrado, a sempre professora Adriana de Mendonça Marques. Foi minha professora no Ensino Médio e na graduação no IFMA e, hoje, é também minha companheira de pesquisa. Sou muitíssimo grato por tudo. Além disso, registro meu profundo e eterno agradecimento aos nossos companheiros de pesquisa que tornaram este estudo possível, nossos dedicados pesquisadores PIBIC: Andreina, Eliana, Luiz e Karla (hoje também no mestrado) e nossas professoras da mesma instituição Luana e Paula pela ajuda com projetos de pesquisa auxiliares.

Por fim, agradeço à Prefeitura de Barreirinhas, por meio da Secretaria de Saúde, e à nossa sempre parceira, a instituição IFMA-Barreirinhas, pelo apoio logístico e pelos espaços físicos, ambos cruciais para a realização deste trabalho. Agradeço também à Universidade Estadual do Maranhão, na pessoa da nossa excepcional coorientadora Lígia e da professora Patrícia Cantanhede, “a mulher dos caramujos”, pelo suporte e apoio inestimáveis.

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Apresentação Geral	14
1.1. Introdução	14
1.2. Revisão Teórica	17
1.2.1. Filo Mollusca: características gerais	17
1.2.2. Gastrópodes: características e classificação	17
1.2.3. Interação trematoda e gastrópodes	20
1.2.4. Gastrópodes e trematódeos como indicadores da qualidade ambiental	21
1.2.5. Gastrópodes e trematódeos em uma perspectiva <i>One health</i>	22
1.3. Objetivos	25
1.3.1. Geral	25
1.3.2. Específicos	25
Referências	26
Capítulo 2 – Artigo Original	35
1. Introdução	37
2. Materiais e métodos	39
3. Resultados	41
3.1. Riqueza e abundância de gastrópodes límnicos	41
3.2. Distribuição geográfica de gastrópodes límnicos por localidade na Região dos Lençóis Maranhenses	43
3.3. Distribuição sazonal de gastrópodes límnicos	44
3.4. Relação parasitológica gastrópodes e trematódeos	45
3.5. Distribuição dos trematódeos por pontos de coletas	47
3.6. Análises de correlações possíveis entre gastrópodes, coliformes e fatores abióticos	47
5. Discussão	49
6. Conclusão	52
Referências	52
Capítulo 3 – Artigo Original	57
1. Introdução	59
2. Materiais e métodos	60
3. Resultados	61
5. Discussão	67
6. Conclusão	69
Referências	69
Capítulo 4 – Considerações Finais	72
Anexos	75

LISTA DE ABREVIACOES

ANOVA - Análise de Variância

APHA - American Public Health Association (Associao Americana de Saúde Pública)

COFAUMA - Coleo de Tecidos e DNA da Fauna Maranhense

IFMA - Instituto Federal do Maranhão

SISPCE - Sistema de Informao do Programa de Controle da Esquistossomose

SUS - Sistema nico de Saúde

UEMA - Universidade Estadual do Maranhão

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrões de riqueza e abundância de gastrópodes límnicos por município	43
Tabela 2 – Distribuição sazonal de gastrópodes límnicos na Região dos Lençóis Maranhenses	45
Tabela 3 – Tipos cercarianos encontrados na Região dos Lençóis Maranhenses	46
Tabela 1 Localidades participantes dos inquéritos coproscópicos em Barreirinhas, no período de 2000 a 2019	63
Tabela 2 – Idades e gêneros dos diagnosticados para esquistossomose no município de Barreirinhas de 2000 a 2019	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da Microrregião dos Lençóis Maranhenses e pontos de coletas	39
Figura 2 – Riqueza e abundância de gastrópodes límnicos	42
Figura 3 – Localidades positivas para gastrópodes na Região dos Lençóis Maranhenses	44
Figura 4 – Distribuição de carcárias nas localidades da Região dos Lençóis Maranhenses	47
Figura 5 – Correlações entre gastrópodes e microrganismos	48
Figura 6 – Correlações entre gastrópodes e fatores abióticos	49
Figura 1 – Localidades participantes do inquéritos coproscópicos para <i>Schistosoma mansoni</i> , no município de Barreirinhas de 2000 a 2019	62
Figura 2 – Taxa de prevalência para esquistossomose por 100 mil habitantes nas localidades positivas	64
Figura 3 – Taxa de incidência para esquistossomose por 100 mil habitantes nas localidades positivas	64
Figura 4 – Série histórica da esquistossomose mansoni em Barreirinhas (2000 a 2019)	65
Figura 5 – Taxa anual de prevalência para esquistossomose por 100 mil habitantes no município de Barreirinhas entre 2000 a 2019	66
Figura 6 – Taxa anual de incidencia para esquistossomose por 100 mil habitantes no município de Barreirinhas entre 2000 a 2019	66

RESUMO

Os moluscos constituem o segundo maior filo animal, ultrapassando 100 mil espécies e inferiorizado somente pelo grupo dos artrópodes. Entre os filões que constitui esse importante grupo de animais, destaca-se os gastrópodes límnicos, conhecidos dentro dos aspectos ambiental e epidemiológico, por possuírem forte parasitismo com helmintos trematódeos. O presente estudo teve por objetivo conhecer a fauna de gastrópodes e trematódeos e suas interações na região dos Lençóis Maranhenses. O trabalho foi realizado na região dos Lençóis Maranhenses, tendo 28 localidades definidas, espalhadas entre os municípios de Santo Amaro do Maranhão, Barreirinhas e Paulino Neves. Os gastrópodes foram coletados em ambientes de água doce, como restingas, campos, rios, afluentes e dunas. Foram verificadas as taxas de riqueza e abundâncias desses moluscos. Aplicou-se o teste ANOVA para verificação de diferenças na abundância dos gastrópodes entre as áreas estudadas, além da avaliação de infecções por trematódeos e correlação entre coliformes e fatores abióticos com gastrópodes. Foram coletados 3.483 espécimes de gastrópodes, sendo possível a identificação de três espécies: *Biomphalaria straminea*, *Melanoides tuberculata* e *Drepanotrema lucidum*, além de *Pomacea spp.* e *Physa spp.* A espécie *B. straminea*, que representou 51% dos espécimes recolhidos, foi mais abundante. Foi detectada a presença de trematódeos em 0,34% dos moluscos, com a maior incidência em *M. tuberculata*. O ANOVA demonstrou não haver diferença estatística significativa entre as populações de moluscos, apesar da estação seca apresentar maior quantidade de espécimes de moluscos. Os achados apontam presença de coliformes totais e termotolerantes, em especial em Barreirinhas e Paulino Neves, indicando possível contaminação por esgoto entre os corpos hídricos avaliados. A presente pesquisa pode auxiliar na compreensão da biodiversidade regional, além da identificação de importantes táxons envolvidos em problemáticas ambientais e de saúde, apontando a necessidade de monitoramento constante dos pontos de ocorrência dos animais.

Palavras-chave: Gastrópodes; Trematódeos; Lençóis Maranhenses.

ABSTRACT

Mollusks constitute the second largest animal phylum, surpassing 100,000 species and ranked only below the arthropods. Among the phyla within this significant group of animals, limnic gastropods stand out, known in environmental and epidemiological contexts for their strong parasitic associations with trematode helminths. This study aimed to explore the gastropod and trematode fauna and their interactions in the Lençóis Maranhenses region. The research was conducted across 28 defined locations within the Lençóis Maranhenses, spanning the municipalities of Santo Amaro do Maranhão, Barreirinhas, and Paulino Neves. Gastropods were collected from freshwater environments, including restinga forests, fields, rivers, tributaries, and dunes. Species richness and abundance rates were analyzed. ANOVA testing was applied to assess differences in gastropod abundance among the studied areas, along with an evaluation of trematode infections and correlations between coliforms and abiotic factors with gastropods. A total of 3,483 gastropod specimens were collected, identifying three species: *Biomphalaria straminea*, *Melanoides tuberculata*, and *Drepanotrema lucidum*, along with *Pomacea* spp. and *Physa* spp. The species *B. straminea*, representing 51% of the collected specimens, was the most abundant. Trematode presence was detected in 0.34% of the mollusks, with the highest incidence in *M. tuberculata*. ANOVA results indicated no statistically significant difference among mollusk populations, although the dry season presented a higher number of mollusk specimens. The findings reveal the presence of total and thermotolerant coliforms, particularly in Barreirinhas and Paulino Neves, suggesting possible sewage contamination among the evaluated water bodies. This research contributes to the understanding of regional biodiversity, highlights significant taxa involved in environmental and health issues, and underscores the need for ongoing monitoring of these species' occurrence sites.

Keywords: Gastropods; Trematodes; Lençóis Maranhenses.

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação constitui-se um estudo investigativo original e inédito para região dos Lençóis Maranhenses, tendo espécimes de gastrópodes límnicos e trematódeos associados como elementos de análise. O presente estudo foi realizado na jurisdição de três importantes municípios da Mesorregião Maranhenses: Santo Amaro do Maranhão, Barreirinhas e Paulino Neves, ambos conhecidos e visitados por diversas pessoas em virtude de suas vastas belezas naturais de dunas, lagos, lagoas e rios.

O presente estudo foi impulsionado pelo potencial que a Região dos Lençóis Maranhenses apresenta do ponto de vista ecológico, no tocante ao ecoturismo que o Parque Nacional do Lençóis Maranhenses vivência, bem como heterogeneidade ecológica prevalente (rica coleção hídrica, vegetação nativa de cerrado preservada, dunas e restingas) e deficiência no saneamento básico, o que poderia propiciar refúgio para muitas espécies de animais de interesses ambientais e epidemiológicos, entre elas gastrópodes e trematódeos.

Este trabalho está dividido em quatro capítulos, sendo o primeiro a apresentação geral constituído por introdução (abordagem mais geral e objetiva sobre os gastrópodes e suas associações com trematódeos), revisão teórica (apresentação de trabalhos teóricos e sistemáticos que sustentam a perspectiva desta proposta de pesquisa desenvolvida) e objetivos de pesquisa, apontando o que buscou alcançar e responder ao longo das análises e confrontação de resultados.

O segundo capítulo é apresentado em formato de artigo científico que será submetido à “Revista Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente”, *Qualis* B1, sob o título “Riqueza e abundância de gastrópodes límnicos e trematódeos associados na Região dos Lençóis Maranhenses, Brasil”, que objetivou conhecer a fauna de gastrópodes e trematódeos e suas interações na região dos Lençóis Maranhenses.

O terceiro capítulo também se constitui como trabalho científico em formato de artigo, tendo por título “Epidemiologia da esquistossomose mansoni em áreas circunvizinhas ao Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Brasil”, enviado para apreciação do periódico “Revista Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente”, *Qualis* B1. O trabalho avaliou a série histórica de dados epidemiológicos da doença supramencionada no município de Barreirinhas, Maranhão, compreendendo o intervalo de 2000 a 2019, a partir de dados secundários de bases oficiais de saúde pública.

Por fim, a última parte é estruturada em consideração final, aborda-se uma visão de conclusão sobre o estudo integrado desenvolvido, demonstrando os objetivos alcançados e limitações encontradas ao longo do trabalho, além de apontamentos pertinentes, em formato de recomendações, direcionados às autoridades de saúde e ambientais dos municípios contemplados com a pesquisa.

CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO GERAL

1. 1. Introdução

A relação parasitária entre trematódeos (platelmintos) e gastrópodes (moluscos) envolve diferentes eventos de transmissão em função dos distintos hospedeiros e circunstâncias ambientais. Os trematódeos alcançam a maturidade sexual no hospedeiro definitivo, na maioria das vezes, um vertebrado, onde realiza a reprodução sexuada que resulta na produção de ovos que darão origem a formas larvares, os miracídios.

Ato contínuo, estes infectam os hospedeiros intermediários, principalmente moluscos gastrópodes, tanto aquáticos quanto terrestres, iniciando a fase de reprodução assexuada. Esta ocorre com a formação de esporocistos e/ou rédias e resulta na produção de cercárias por um processo de poliembrionia. As cercárias irão infectar os vertebrados fechando o ciclo (SUKHDEO e SUKHDEO, 2004). Portanto, para que esta interação parasitária se mantenha, é necessário a superposição de ambos os grupos na mesma área.

Os gastrópodes são a classe mais diversa do filo Mollusca, com cerca de 40.000 a 100.000 espécies, dependendo da autoridade (BIELER, 1992; PONDER e LINDBERG, 1997). Tradicionalmente, os gastrópodes são divididos em três subclasses: Prosobranchia, Opisthobranchia e Pulmonata (BROWN, 2001), sendo essas referências para estudos zoológicos de riqueza, abundância e diversidade espécies, bem como a assuntos de caráter ambiental e sanitário/saúde (HEUDE-BERTHELIN *et al.*, 2023; SUGIARTO, RAHMAWATI e APRIYANA, 2023; BENKENDORFF, DAVIS e BREMNER, 2023).

No tocante a um melhor detalhamento da subclasse Prosobranchia, destaca-se que este táxon é constituído por espécies majoritariamente marinhas, além de algumas que vivem em terra ou água doce (CARVALHO *et al.*, 2020). Segundo Gao *et al.* (2022), esta subclasse apresenta uma ampla diversidade taxonômica, com mais de 27.000 espécies, das quais 1.200 podem ser encontradas no Brasil (TAITI *et al.*, 2021).

Os opistobrânquios são especiais porque suas brânquias estão localizadas atrás do coração, enquanto nos outros grupos os respectivos órgãos respiratórios estão localizados na frente do coração. A referida subclasse ocupa uma grande variedade de nichos ecológicos (KRISTOF e KLUSSMANN-KOLB, 2010) e distribuição global, mas são restritos quase exclusivamente aos habitats marinhos, sendo a única exceção algumas espécies de Acochliidae de água doce (MELO, 2015).

Os pulmonados constituem a maioria dos gastrópodes, mas têm uma capacidade limitada de explorar habitats de águas mais profundas porque não possuem um ctenídio (verdadeira brânquia de molusco). Em vez disso, usam um “pulmão” fino e vascularizado para trocas gasosas. Dentro desse grupo, os planorbídeos têm uma brânquia secundária (pseudobrânquio) e o eficiente pigmento respiratório hemoglobina; portanto, estão mais bem equipados para explorar ambientes com pouco oxigênio (BRASIL, 2007).

Outras espécies estão associadas a habitats lânticos, ocupando os baixios de lagos e/ou corpos d'água temporários ou efêmeros. Muitos pulmonados têm ampla tolerância ambiental, tendem a ser mais resistentes à eutrofização, anóxia e têm ciclos curtos. No entanto, existem muitas exceções, com alguns pulmonados tendo alcances muito curtos, incluindo alguns endêmicos de lagos (BOSS, 1978), nascentes (BROWN, 2001; TAYLOR, 2003) ou uma seção curta de um único rio (PONDER e WATERHOUSE, 1997).

No que diz respeito aos gastrópodes prosobranquiais e pulmonados, esses são hospedeiros necessários de trematódeos digenéticos, estando envolvidos na transmissão de todas as trematodíases importantes do ponto de vista médico e veterinário (POKORA, 2001). Referidos animais [trematódeos] ainda apresentam, do ponto de vista ambiental, um papel importante nos ecossistemas, visto que seus estágios larvais podem representar porcentagem significativa da biomassa total (KURIS *et al.*, 2008).

Ato contínuo, é imperioso ainda destacar que os trematódeos têm capacidade de provocar importante impacto na demografia de suas populações hospedeiras, devido à diminuição da taxa de sobrevivência do hospedeiro e sucesso reprodutivo (LEFÀVRE *et al.*, 2009), além de desempenharem papel importante no funcionamento das cadeias e teias alimentares quando envolvidos (LAFFERTY *et al.*, 2008).

Ademais, a ecologia e evolução das interações hospedeiro-parasita têm sido foco de várias pesquisas parasitológicas (KEESING *et al.*, 2010), uma vez que efeitos de fatores bióticos e abióticos podem alterar a intensidade da invasão e levar a mudanças no fenótipo ou comportamento do hospedeiro (LEFÈVRE *et al.*, 2009), podem ser estimulados pela temperatura (SAEED *et al.*, 2018), presença de certos microbiomas (CÉZILY *et al.*, 2014), efeito sinérgico de vários parasitas (POULIN, NICHOL e LATHAM., 2003), diversidade de hospedeiros (JOHNSON *et al.*, 2013), entre outros.

A detecção de trematódeos em moluscos hospedeiros permite verificar interações parasito-hospedeiro, sua participação no funcionamento dos ecossistemas e padrão de

disseminação de trematodiasas (SOLDA´NOVA *et al.*, 2017). Nesse contexto, em terra maranhenses, estudos dessa relação ainda são incipientes e restritos à Mesorregião Norte, onde já foram encontrados gastrópodes das espécies dos gêneros *Pomacea*, *Biomphalaria* e *Melanooides* infectados por Cryptogonimidae, Diplostomatidae, Echinostomatidae, Haplometridae, Schistosomatidae e outros (DAVID, 2018).

Considerando essa observância, vale destacar a região de entorno dos Lençóis Maranhenses, que a julgar pelo vasto sistema hídrico (rios, lagos e lagoas entre outros tipos), clima semi-úmido e com estação chuvosa de seis meses, além do deficitário saneamento básico entre a população, acrescido pelo histórico de positividade para esquistossomose (331 casos de 2005 a 2017), faz referida área propícia para a ocorrência de gastrópodes e trematódeos com relevâncias ambientais.

Tendo em vista o pressuposto anterior, a presente pesquisa pretende responder à seguinte indagação: Qual a fauna de gastrópodes límnicos e trematódeos, sua interação, diversidade, frequência e distribuição na área de entorno da Região dos Lençóis Maranhenses, Brasil?

O presente trabalho levou a seguinte hipótese: Há uma diversidade de espécies que compõem a comunidade de gastrópodes e trematódeos nas áreas silvestres dos municípios da região dos Lençóis Maranhenses, em virtude da riqueza do sistema hídrico e outros fatores ambientais (temperatura, oxigênio disponível, pH em equilíbrio, condutividade, salinidade e outros parâmetros) e vem se alterando devido a fatores sociais, sanitários e turísticos predominantes.

1.2. Revisão teórica

1.2.1. Filo Mollusca: características gerais

Os moluscos constituem o segundo maior filo animal, ultrapassando 100 mil espécies e inferiorizado somente pelo grupo dos artrópodes. Esses animais apresentam corpo mole, tendo, em sua maioria, concha calcária (externa ou interna), corpo constituído em três partes (cabeça, pé e massa visceral), formatos e tamanhos diversos (FERREIRA *et al.*, 2021). As espécies deste filo apresentam-se grande disparidade morfológica, devido à grande variabilidade de seus representantes e a sua adaptação em quase todos os ambientes.

Ato contínuo, esses indivíduos são celomados (celoma esquizocélico), triblásticos, protostômios, com sistema digestório completo, hábitos alimentares variados (herbívoros, carnívoros, detritívoros e onívoros), respiração pulmonar (no caso dos terrestres) ou branquial (para os viventes em ambientes aquáticos), simetria bilateral e a maioria são dióicos, além de realizarem fecundação interna ou externa e seu desenvolvimento embrionário ser direto ou indireto, a depender da espécie (SILVA *et al.*, 2019; RIBEIRO *et al.*, 2021).

Os moluscos estão agrupados em sete classes: Polyplacophora, Scaphopoda, Aplacophora, Monoplacophora, Cephalopoda, Bivalvia e Gastropoda. As três últimas são apresentadas como as mais relevantes, tendo em vista os contextos econômicos que apresentam, além da intrínseca relação meio ambiente e processo saúde-doença, a citar os gastrópodes do gênero *Biomphalaria* e a doença esquistossomose mansoni (SANTOS *et al.*, 2019; ARAÚJO *et al.*, 2020; CORREIA *et al.*, 2021).

Por fim, os moluscos além de contribuem para riqueza e abundância do reino animal, também vem sendo utilizados como importantes instrumentos de estudos epidemiológicos, no caso espécies da classe gastropoda são exemplos, posto que trematódeos e nematódeos causadores de enfermidade possuem as espécies desse agrupamento como hospedeiros intermediários (ZANARDI, 2018; RAMOS-DE-SOUSA, 2023). Outrossim, em estudos ecológicos, os gastrópodes também estão com *status* de bioindicadores (ROSSATO, 2017; NORONHA, 2019).

1.2.2. Gastrópodes: características e classificação

Os gastrópodes são uma classe de moluscos que se caracterizam por apresentar uma concha univalve e um pé muscular utilizado para locomoção (BARNES *et al.*, 2019). Além disso, possuem uma rádula, uma estrutura dentada que utilizam para raspar o alimento, e um

sistema nervoso relativamente complexo, quando comparado ao seu tamanho (DAYRAT *et al.*, 2020). São considerados um dos grupos mais bem-sucedidos em termos evolutivos, com mais de 80 mil espécies descritas até o momento (MOLLUSCABASE, 2021).

Os organismos desta classe são compostos por uma grande diversidade de formas e tamanhos (ALMEIDA-SILVA *et al.*, 2021). A origem evolutiva do grupo ocorreu a partir de ambientes oceânicos, conseguindo se adaptar e colonizar espaço terrestres e hídricos límnicos, de climas variados tropicais e subtropicais, além de regiões áridas e até domésticas, tais como jardim, lavouras, hortas, quintais e semelhantes (GOUD *et al.*, 2019; MEDINA *et al.*, 2020; HEALY e HOLLAND, 2021).

Outrossim, apresentam uma ampla diversidade em suas estratégias alimentares, que incluem raspagem do substrato, filtração de partículas e predação eficiente. Exibem comportamentos peculiares, tais como o cortejamento prolongado, a utilização de dardos calcários ou quitinosos e a suspensão em fios de muco durante a troca de espermatozóides (BARNES *et al.*, 2019; DAYRAT *et al.*, 2020 e ALMEIDA-SILVA *et al.*, 2021).

Os gastrópodes possuem ampla variedade de espécies, cada uma com características únicas (TAN *et al.*, 2020). Nesse contexto, esse agrupamento pode ser organizado em três subclasses, considerando a classificação ainda em uso: Prosobranchia, Opisthobranchia e Pulmonata, sendo as duas últimas originárias da primeira (SIMONE, 1999; FREITAS *et al.*, 2021;). Esta organização se mostra valorosa, tendo em vista que objetiva uma melhor compreensão sobre a evolução e diversidade desses seres, além de auxiliar em estudos ecológicos (WÄGELE *et al.*, 2022).

A subclasse Prosobranchia apresenta uma grande diversidade taxonômica, com mais de 27.000 espécies (GAO *et al.*, 2022), das quais 1.200 podem ser encontrados no Brasil (TAITI *et al.*, 2021). O hábito majoritário é o marinho (CARVALHO *et al.*, 2020). Entre os representantes estão presentes nas famílias Ampullariidae (gêneros *Asolene*, *Felipponea*, *Marisa*, *Pomacea* e *Pomella*), Thiaridae (espécie *Melanoides tuberculatus* como exemplo) e Hydrobiidae (*Littoridina*, *Heleobia* e *Idiopyrgus* principais gêneros encontrados no Brasil) (BRASIL, 2008).

A abundância e diversidade da subclasse Prosobranchia em ambientes aquáticos podem ser aplicadas para indicação da qualidade desses espaços, uma vez que muitas espécies possuem alto grau de sensibilidade a alterações em parâmetros físico-químicos do meio (SILVA *et al.*, 2019). Alguns representantes, como os do gênero *Conus*, são fontes de compostos

bioativos com potencial farmacológico, demonstrando a importância desses organismos também para a biotecnologia (KOHN *et al.*, 2020).

A subclasse Opisthobranchia é um grupo de moluscos marinhos com variedade de formas, cores e hábitos (GOSLINER *et al.*, 2018). Estima-se que existam cerca de 3.000 espécies descritas no planeta, com grande abundância nos trópicos. No Brasil, as pesquisas sobre a diversidade desses seres ainda são ínfimas, porém já foram descritas mais de 150 espécies, sendo a região Nordeste do país a mais rica em exemplares (MARTINS, CREED e MATTHEWS-CASCON, 2018 e 2020; CABRAL *et al.*, 2019).

A diversidade dos Opisthobranchia é importante tanto do ponto de vista ecológico quanto econômico. Em termos ambientais, a variedade desses moluscos está relacionada com a manutenção da biodiversidade e com o funcionamento dos ecossistemas marinhos. Já em termos financeiros, estes animais possuem valor comercial em algumas regiões do mundo, onde são utilizados como alimento ou como fonte de compostos bioativos para a indústria farmacêutica e cosmética também (GOSLINER *et al.*, 2018; GRANDE *et al.*, 2018).

No tocante aos gastrópodes da subclasse Pulmonata, eles apresentam cerca de 80 mil espécies descritas em todo o mundo, sendo caracterizados distintamente em relação a outros grupos, visto que apresentam uma cavidade respiratória chamado pneumóstoma (SIMONE, 2021). No Brasil, a diversidade desses seres é especialmente em ambientes terrestres, com a presença de espécies endêmicas em áreas de Mata Atlântica e Cerrado, como *Megalobulimus spixi* e *Bulimulus tenuissimus*, respectivamente (BESSA *et al.*, 2019).

A importância ambiental dos Pulmonata é vasta e inclui a participação em processos ecológicos, como a decomposição de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes, bem como a função de fonte alimentícia para outros organismos (BESSA *et al.*, 2022). Além disso, alguns representantes possuem o *status* para bioindicadores de poluentes e alteração do clima, como os caramujos *Biomphalaria sp.* (MARTINS, CREED e MATTHEWS-CASCON, 2020; MELO *et al.*, 2021).

Outrossim, a referida subdivisão se apresenta relevante do ponto de vista médico, tendo em vista que alguns de seus representantes, a exemplo das espécies de *Biomphalaria* e *Achatina fulica*, estarem ligados a agravos de saúde, uma vez que são considerados vetores dos helmintos *Schistosoma mansoni* e *Angiostrongylus cantonensis*, respectivamente, que por lógica ocasionam no ser humano enfermidades como esquistossomose mansoni e meningite eosinofílica, de modo respectivo (FALCÃO, 2021; SANTOS *et al.*, 2022).

Em síntese, a classe Gastropoda apresenta: grande diversidade de formas e funções em todo o mundo; grande importância na manutenção dos ecossistemas onde está inserida; complexas associações interespecíficas com trematódeos de importância médica e veterinária; relevância para discussões sobre medidas de controle ambiental e sanitário adequadas para serem aplicadas entre cidadãos (FONTENELLE, AMORIM e SANTOS, 2019; RANGEL e NEGREIROS-FRANSOZO, 2019; PIRES e AMARAL, 2020; RIOS e RAMOS, 2021; ALMEIDA *et al.*, 2022).

1.2.3. Interação Trematoda e Gastrópodes

Os trematódeos, popularmente ditos como vermes de fígado, fazem parte do grupo platelmintos sem segmentação corporal e são revestidos de cutícula protetora, além de possuírem ventosas orais e ventrais, aplicadas na fixação e absorção de nutrientes dos parasitados (GARCIA, 2022; SMITH, 2023). Quanto à subdivisão, destaca-se os indivíduos monogênicos, caracterizados pelo ciclo de vida em um único hospedeiro, podendo ser encontrados em brânquias, pele ou nadadeiras de organismos aquáticos (JOHNSON, 2021).

Ainda, é imperioso destacar a existência de trematódeos digenéticos, sendo considerados mais complexos em seu ciclo de vida, uma vez que esses helmintos apresentam necessidade de dois ou mais hospedeiros para se desenvolverem. Nas fases larvais podem ocorrer em moluscos, peixes e até insetos, enquanto no estágio adultos são muitas vezes encontrados nos seres humanos ou em outros animais vertebrados (RODRÍGUEZ, 2020).

Os trematódeos são platelmintos que parasitam diversas classes de animais, em destaque os gastrópodes, que servem como hospedeiros intermediários (SOUZA, 2018). Ao interagir com gastrópodes, essa relação adquire importante relevância ambiental e epidemiológica, principalmente quando potencializada pela ausência de saneamento básico e manejo ambiental precário, o que favorece aos platelmintos *Schistosoma mansoni* e *Fasciola hepática*, por exemplo, situações propícias para continuarem seus ciclos de vida (SANTOS, 2014; FREZZA *et al.*, 2017; AMORIM e BARBOSA, 2021).

No estado do Maranhão, vários táxons de trematódeos já foram encontrados associados com gastrópodes em áreas degradadas e poluídas pela presença humana: Clinostomidae, Diplostomidae, Echinostomatidae, Schistosomatidae, Spirorchiidae e Strigeidae (RODRIGUES, *et al.*, 2017). Esses estudos iniciais já indicam uma estreita associação dos

trematódeos a áreas com problemas ambientais (MIRANDA *et al.*, 2016; RODRIGUES *et al.*, 2017).

1.2.4. Gastrópodes e trematódeos como indicadores da qualidade ambiental

Os bioindicadores são instrumentos de monitoramento biológico associados aos ecossistemas, e vem sendo aplicados dentro dos mais diversos estudos na atualidade, pois trata-se da aplicação dos elementos vivos do ambiente para avaliar a qualidade da saúde ecológica, abrangendo os mais diversos seres vivos presentes, a citar microrganismos, plantas e animais em geral (PRESTES e VINCENCI, 2019).

No entrecho do monitoramento ambiental é imperioso também destacar os novos elementos possíveis para aplicação da bioindicação, a exemplo dos moluscos gastrópodes, tendo em vista que muito embora estejam dentro da discussão sobre riscos para o bem-estar humano e veterinário, já é possível observar que esses seres têm mostrado potencial de indicarem relevantes resultados sobre alterações ou equilíbrio ecológico (DAVID, 2019; CARVALHO *et al.*, 2019).

Os moluscos apresentam relevante papel como bioindicadores para avaliar a qualidade de ambientes e entender as mudanças climáticas (DEACON *et al.*, 2023; SUGAWARA *et al.*, 2021). Análises de contaminantes, por exemplo, podem ser inferidas pela simples presença ou ausência de algumas espécies, principalmente, levando em consideração taxas de abundância e diversidade (CHEN *et al.*, 2022; SUGAWARA *et al.*, 2021).

Ademais, áreas impactadas por metais pesados influenciam na redução da diversidade e abundância de moluscos (PIMENTEL *et al.*, 2020). A poluição em áreas estuarinas afeta a composição e diversidade de gastrópodes, causando redução significativa na variedade de espécies em áreas com altas taxas de poluentes, comprometendo a sobrevivência e adaptação desses seres e servindo para indicação de *stress* ambiental (SILVA *et al.*, 2019).

A avaliação de contaminação por agrotóxicos em moluscos de água doce em região agrícola no sul do Brasil apontou para a presença de resíduos de pesticidas em diversas espécies (ALMEIDA *et al.*, 2019). O aumento na temperatura da água é um dos principais fatores associados à redistribuição de espécies na costa brasileira (RODRIGUES *et al.*, 2021), sugerindo que as mudanças climáticas podem afetar a distribuição e abundância de gastrópodes em ambientes marinhos, por exemplo (SAMPAIO *et al.*, 2019).

Os estudos de problemática ambiental, a partir do uso de moluscos, têm se mostrado fundamentais e cada vez mais usuais para a compreensão da saúde dos ecossistemas e dos seres humanos que deles dependem (DEACON *et al.*, 2023; CHEN *et al.*, 2022). Dentro deste contexto, pesquisas recentes têm enfatizado que os gastrópodes apresentam relevância considerável para estudos ecológicos, tais como de qualidade da água, solo e problemas socioambientais, o que os coloca como ferramenta elementar (SILVA *et al.*, 2019; LEITE *et al.*, 2021; FAGUNDES *et al.*, 2022; SAMPAIO *et al.*, 2023).

No tocante a associação dos gastrópodes e trematódeos e variações das condições do meio ambiente, a temperatura da água podem influenciar na reprodução e desenvolvimento dos trematódeos, afetando sua taxa de infecção nos gastrópodes (BARBOSA *et al.*, 2020). Do mesmo modo, a variação nos padrões de precipitações pluviométricas afeta os ciclos de vida dos trematódeos e suas taxas de infecção e dispersão (ALMEIDA *et al.*, 2021).

Outrossim, importante fator de indicação ambiental que envolvem os gastrópodes e trematódeos está relacionado ao saneamento básico, pois como é sabido casos de doenças associadas a caramujos e vermes achatados, a exemplo da esquistossomose, refere-se ao descarte irregulares de fezes infectadas no ecossistema límnicos, facilitando a continuação do ciclo de infecção e agravando a qualidade do ambiente (ARRUDA, DANTAS e BACHUR, 2023).

Os estudos que se utilizam de bioindicadores, a exemplo de gastrópodes e trematódeos e outros, não só vem contribuindo para o arcabouço teórico-metodológico acadêmico, mas também demonstram que apenas com microrganismos simples e animais já existentes no ambiente é possível diagnosticar situações de desequilíbrio ecológico existentes e que, muitas vezes, podem está impactando o ser humano e suas atividades (HUSPENI, 2004; HUSPENI, 2005; MARCOGLIESE, 2005; HUDSON, 2006; HECHINGER, 2007; SHEA, 2012; ANDRADE e BARROS, 2019; NORONHA, 2019; SILVA *et al.*, 2019).

1.2.5. Gastrópodes e trematódeos em uma perspectiva *one health*

A abordagem holística de questões ambientais, de saúde humana e animal tem ganhado força ao longo do tempo, especialmente após diversas crises epidemiológicas ocorridas pelo mundo. Isso ressalta a constatação de que tais impactos não ocorreram de forma isolacionista, mas em diferentes segmentos correlacionados, tanto naturais quanto humanos. Isso evidencia a

necessidade de uma análise constante das interconexões desses elementos, que agora estão em estudo (GIBBS, 2014; DESTOUMIEUX-GARZON *et al.* 2018).

Ato contínuo, historicamente, a humanidade sempre foi impactada por diversas frentes. Ou seja, quando, por exemplo, a comunidade de Minamata sofreu com surtos psicóticos, microcefalia e outras malformações devido à contaminação por mercúrio lançado irregularmente na baía, ela não apenas negligenciou a necessidade de cuidados com a saúde humana, mas também o seu mar, assim como os peixes desse ambiente que eram pela comunidade consumidos (EKINO *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2017).

Ademais, nos anos 50, em Londres, *Big Smog* ocasionado pela queima massiva de carvão, rico em dióxido de carbono e outros poluentes impactar adversamente a atmosfera e a saúde dos cidadãos, causando a morte de mais de 13.000 pessoas por questões respiratórias (DAVIS, 2002; SEINFELD, 2004). Além disso, epidemias recentes, como a do ebola, e pandemias, exemplificadas pelos vírus HIV e Sars-Cov-2, têm vínculos complexos com o contato humano inadequado com a natureza e animais hospedeiros de agentes infecciosos (CDC, 2019; ZHANG, WU e ZHANG, 2020; SOUZA *et al.*, 2023).

No contexto de avaliar impactos negativos sobre os seres vivos, a partir do viés associativo de saúde humana, animal e ambiental, o conceito de "*One Health*" torna-se aplicável, uma vez que essa ideia visa trabalhar a explicação de fenômenos não a partir de uma causa, mas do todo envolvido. Ou seja, analisar uma doença não se deve deter somente em questões epidemiológicas, mas também na avaliação do meio ambiente onde ocorre a situação e dos animais envolvidos nela (GIBBS *et al.* 2014; DESTOUMIEUX-GARZON *et al.* 2018).

Na perspectiva de interconexão entre saúde humana, animal e ambiental (*One Health*), ao considerar a presença de animais com potencial para atuarem como vetores e agentes infecciosos, aliada à falta de saneamento básico, é possível exemplificar alguns moluscos, especialmente os pertencentes aos gêneros *Biomphalaria* e *Lymnaea*, bem como helmintos associados, respectivamente, *Schistosoma mansoni* e *Fasciola hepática*, visto seus impactos na saúde e ecologia (VIDAL, 2010; CAMPOS, 2019; BORGES, 2023; CARMO SPERANDIO, 2023; GUIMARÃES *et al.*, 2023).

A associação entre o gastrópode do tipo *Biomphalaria* e o verme *S. mansoni* ocorre a partir de um ciclo biológico que se inicia pelo descarte irregular de fezes humanas contendo ovos do helminto mencionado em ambientes hídricos. Em contato com a água, esses ovos eclodem e liberam miracídeos, os quais buscam os moluscos em destaque e se desenvolvem em

cercárias. Posteriormente, essas cercárias são liberadas no ambiente, atingindo seres humanos (VIDAL, 2010; CAMPOS, 2019; GUIMARÃES *et al.*, 2023). Isso demonstra que a situação não pode ser apresentada apenas como um problema de saúde humana, mas também ambientalmente associado (GOMES *et al.*, 2014; GOMES *et al.*, 2016; PEREIRA FILHO *et al.*, 2023).

No Brasil, a relação entre *Biomphalaria* e *S. mansoni* ainda causam problemas significativos entre a população, como a doença esquistossomose, que possui uma extensão relevante do Pará até o Rio Grande do Sul, com número de doentes resultante em 423.117 entre 2009 e 2019, com uma média de 294 internações, e 490 mortes provocadas entre 2009 e 2013 (BRASIL, 2017; BRASIL, 2021).

Outrossim, como exemplo que reforça a perspectiva de saúde única, tendo gastrópodes e trematódeo como potencializadores, diz respeito justamente os caramujos do gênero *Lymnaea* e o helminto *F. hepática*, onde o primeiro é hospedeiro intermediário do segundo, e atinge ovinos, bovinos, suínos e seres humanos em seu desenvolvido final (MENDES LIMA e MELO, 2008; CORREA *et al.*, 2010). Quando alcança seus hospedeiros finais, provoca a fasciolose, doença de inflamação do fígado e ductos biliares devido às lesões provocadas pelo verme (NEVES, 2016).

Ainda, vale lembrar que essa enfermidade apresenta relevância veterinária, tendo em vista que provoca redução no ganho de peso e na produção de leite, e problemas de reprodução nos rebanhos, ocasionando perdas econômicas (SERRA-FREIRE, 1999). No Brasil, especialmente os estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Goiás são os mais atingidos (CUNHA *et al.*, 2007).

A implementação do princípio da "Saúde Única" no âmbito dos gastrópodes e trematódeos revela sua pertinência, destacando que as questões de saúde humana e veterinária não podem ser exclusivamente abordadas sob uma perspectiva epidemiológica (GIBBS, 2014; DESTOUMIEUX-GARZON *et al.* 2018). Esse enfoque ressalta a importância de considerar o ambiente, bem como as interações entre hospedeiros intermediários e definitivos, juntamente com os agentes patogênicos envolvidos, ampliando assim a compreensão e abordagem desses problemas de saúde (MAS-COMA, VALERO e BARGUES, 2023).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Geral

- Conhecer a fauna de gastrópodes e trematódeos e suas interações na região de entorno dos Lençóis Maranhenses.

1.3.2. Específicos

- Determinar a riqueza e abundância das espécies de gastrópodes e trematódeos em diferentes ecossistemas;
- Analisar a distribuição sazonal de gastrópodes e trematódeos;
- Estudar a distribuição de gastrópodes e trematódeos no espaço geográfico em tela;
- Avaliar os parâmetros microbiológicos e físico-químicos dos ambientes hídricos estudados;
- Mapear as áreas de importância ecológica e epidemiológica na região em estudo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. O. *et al.*, (2022). Distribution and abundance of the invasive snail *Biomphalaria tenagophila* in the floodplain of the Paraná River, southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 82, e247527. doi: 10.1590/1519-6984.247527
- ALMEIDA, D. R. *et al.* Contamination of freshwater mollusks by pesticides in an agricultural region in southern Brazil. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, v. 54, n. 2, p. 85-91, 2019.
- ALMEIDA, L. P. *et al.* (2021). Impact of climate change on the transmission dynamics of trematode infections: A systematic review. *Parasitology Research*, 120(7), 2183-2198.
- ALMEIDA-SILVA, P. *et al.* Gastropods from coral reefs in Brazil: new records, range extensions and checklist update. *Marine Biodiversity Records*, v. 14, n. 1, p. 1-14, 2021.
- ALMEIDA-SILVA, P. H. *et al.* Snails (Gastropoda) from the deep sea of the Campos Basin, southwestern Atlantic. *Zootaxa*, v. 4975, n. 1, p. 1-33, 2021.
- AMORIM, J. S.; BARBOSA, A. M. F. (2021). INDICADORES DE RISCO SOCIOAMBIENTAL PARA ESQUISTOSSOMOSE MANSONI EM ESPAÇOS URBANOS. *Revista Multidisciplinar Em Saúde*, 2(3), 114. <https://doi.org/10.51161/rem/1526>
- ANDRADE, G. F. D.; BARROS, D. B. D.. Bioindicadores microbiológicos para indicação de poluição fecal. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, n. 34, p. e1099-e1099, 2019.
- ARAÚJO, L. J. C. *et al.* Importância do filo Mollusca para o ser humano. In: OLIVEIRA, J. L. B. (Org.). *Biologia em foco: estudos contemporâneos*. São Paulo: Editora Novo Século, 2020. p. 47-57.
- ARRUDA, L. B. S.; DANTAS, V. F.; BACHUR, T. P. R.. ASPECTOS GERAIS SOBRE A ESQUISTOSSOMOSE MANSONI-UMA BREVE REVISÃO DE LITERATURA GENERAL ASPECTS ABOUT SCHISTOSOMIASIS MANSONI-A BRIEF. *Doenças infecciosas e parasitárias no contexto brasileiro–Volume 4*, 2023.
- BARBOSA, J. M., *et al.* (2020). Effects of temperature on life-history traits of freshwater snails and their trematode parasites. *Freshwater Biology*, 65(1), 85-94.
- BARNES, R. D.; FOX, R. S.; RUPPERT, E. E. *Zoologia dos Invertebrados*. Editora Roca, 2019.
- BARNES, R.D. *et al.* *Invertebrate Zoology*. Cengage Learning, 2019.
- BESSA, E. C. A. *et al.* Biodiversity and conservation of terrestrial mollusks in Brazil. In: *CONSERVATION BIOLOGY OF FRESHWATER TURTLES AND TORTOISES*, 2019, Chelonian Research Monographs, p. 425-447.

BENKENDORFF, K., DAVIS, A.R., e BREMNER, J.B. (2021). Chemical defense in opisthobranch molluscs: from evolution to ecology. *Natural Product Reports*, 38(9), 1333-1355.

BIELER, R. 1992. Gastropod phylogeny and systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23:311–338.

BORGES, D. L. *et al.* Influência das chuvas na população de moluscos límnicos transmissores da esquistossomose. *Caderno Pedagógico*, v. 20, n. 1, p. 164–182, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.54033/cadpedv20n1-009>. Acesso em: 09 fev. 2024

BRASIL. M. S., Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Vigilância e controle de moluscos de importância epidemiológica: diretrizes técnicas: Programa de Vigilância e Controle da Esquistossomose (PCE) / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – 2. ed. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2008.

BRASIL, Ministério da Saúde (FIOCRUZ). **Análise de Situação em Clima e Saúde**. Rio de Janeiro - RJ: FIOCRUZ, 2017. 83 p.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Esquistossomose**. Brasília - DF, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/e/esquistossomose-1>. Acesso em: 22 maio 2022.

BROWN, K.M. 2001. Mollusca: Gastropoda. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. 2nd Edition*. Copyright © 2001 by Academic Press. All rights of reproduction in any form reserved.

CABRAL, A. S., MATTHEWS-CASCON, H., & CREED, J. C. (2019). Diversity of Opisthobranchia (Mollusca: Gastropoda) in Brazil: a review of records, distribution and biogeography. *Marine Biodiversity Records*, 12(1), 4.

CARVALHO, A. *et al.* Estrutura populacional de *Bittium varium* (Pfeiffer, 1840)(Mollusca: Gastropoda) associado à *Sargassum* sp. nas praias de uma área impactada de Ubatuba (SP). *Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP*, n. 27, p. 1-1, 2019.

CARVALHO, F. C. *et al.* Diversidade e distribuição geográfica da subclasse Prosobranchia (Mollusca, Gastropoda) no talude continental brasileiro. *Biota Neotrop.*, Campinas, v. 20, n. 2, 2020.

CAMPOS, G. C. *et al.* Levantamento malacológico, identificação de moluscos e cercárias transmissoras de *Schistosoma mansoni* do município de Arcos-MG. *Revista Conexão Ciência*, v. 14, p. 37-46, 2019.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). 2014–2016 Ebola outbreak in West Africa. 2019. Disponível em: <https://www.cdc.gov/vhf/ebola/history/2014-2016-outbreak/>. Acesso em: 09 dez. 2024.

CHEN, I.-C., *et al.* Climate change and shifts in spring phenology of three molluscan taxa in eastern North America. *Journal of Molluscan Studies*, v. 88, n. 3, p. 345-353, 2022.

CORREA, A. C. *et al.* Bridging gaps in the molecular phylogeny of the Lymnaeidae (Gastropoda: Pulmonata), vectors of Fascioliasis. *BMC Evolutionary Biology*, v. 10, n. 381, p. 1-12, 2010.

CORREIA, L. T. C. *et al.* Gastropoda: diversidade e importância econômica. *Revista de Ciências Biológicas e da Saúde*, v. 5, n. 1, p. 56-65, 2021.

CUNHA, F. E. A. Prevalência de fasciola hepática em ovinos no Rio Grande do Sul, Brasil. *Parasitologia Latinoamericana*, v. 62, p. 188-191, 2007.

DAYRAT, Benoit *et al.* Molecular phylogenetics of the highly diverse and ubiquitous marine eucoilomorph gastropod group: new data and discussion of the problem of cryptic speciation. *Bulletin of Marine Science*, v. 96, n. 1, p. 159-176, 2020.

DAVID, H. N. Respostas do Gastrópode *Littoraria angulifera* (LAMARCK, 1822) às variações ambientais previstas para manguezais estuarinos no Ceará. Orientadora: Cristina Rocha de Almeida Barreira. Co-orientadora: Rafaela Camargo Maia. 2019. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza (CE), 2019.

DAVID, N. F. Estudo de comunidades de trematódeos e gastrópodes límnicos da Mesorregião do Norte Maranhense, Maranhão, Brasil. 2018. 52 p. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) - UFMA, São Luís - MA, 2018.

DAVIS, D. *When Smoke Ran Like Water*. New York: Basic books, 2002.

DEACON, A. E., *et al.* (2023). The role of mollusks in environmental quality assessment and climate change understanding. *Marine Environmental Research*, 173, 105403.

DESTOUMIEUX-GARZÓN, D. *et al.*, The One Health Concept: 10 Years Old and a Long Road Ahead. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 5, n. FEB, p. 1-13, 12 Feb. 2018. Disponível em: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fvets.2018.00014/full>.

EKINO, S.; SUSU, M.; NINOMIYA, T.; IMAMURA, K.; KITAMURA, T. (2007). "Minamata disease revisited: An update on the acute and chronic manifestations of methyl mercury poisoning". *Journal of Neurological Sciences*, v. 262, pp. 131-144.

FAGUNDES, J. M. *et al.* Diversidade de gastrópodes em solos de cerrado do Brasil Central. *Revista Brasileira de Ecologia*, v. 31, n. 2, 2022.

FALCÃO, E. P. *et al.* Esquistossomose: focos de transmissão, espécies de *Biomphalaria* sp. envolvidas e fatores socioambientais em Pitimbu/PB, Brasil. 2021.

FERREIRA, R. B. *et al.* Moluscos: características gerais e importância ecológica. *Scientia Plena*, v. 17, n. 3, 2021. Disponível em: <http://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/3921/2317>. Acesso em: 29 abr. 2023.

FONTENELLE, J. H.; AMORIM, R. C. E SANTOS, J. M. (2019). Intestinal trematodes in gastropod mollusks from Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 56(1), e153345. doi: 10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2019.153345

FREITAS, J. R. *et al.* The complete mitochondrial genome of *Chicoreus ramosus* (Gastropoda, Muricidae) from Brazil. *Mitochondrial DNA Part B*, v. 6, n. 1, p. 57-59, 2021.

FREZZA, T. F., *et al.* (2017) Moluscos Hospedeiros Intermediários De Em Lagoa Urbana Do Município de Campinas, SP. *Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente*. Aracaju V.6 N.1 p. 75 – 82.

GAO, L. *et al.* Transcriptome analysis of two freshwater snails (Gastropoda: Prosobranchia) with different thermal tolerances. *PloS one*, v. 17, n. 1, p. e0257555, 2022.

GARCIA, M. (2022). Structural features of trematodes and their functional significance. *Parasitology Research*, 78(3), 201-214.

GIBBS E.P. The evolution of One Health: a decade of progress and challenges for the future. *Vet Rec*. 2014 Jan 25;174(4):85-91. doi: 10.1136/vr.g143. PMID: 24464377.

GOMES, E. C. de S. *et al.* Risk analysis for occurrences of schistosomiasis in the coastal area of Porto de Galinhas, Pernambuco, Brazil. *BMC Infectious Diseases*, v. 14, n. 1, p. 1-12, 2014.

GOMES, E. C. de S. *et al.* Transmissão urbana da esquistossomose: novo cenário epidemiológico na Zona da Mata de Pernambuco. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 19, p. 822-834, 2016.

GOSLINER, T. M., BEHRENS, D. W., e VALDÉS, Á. (2018). *Nudibranch and Sea Slug Identification: Indo-Pacific (2nd ed.)*. New World Publications.

GOUD, K. N., CHOUDHURY, M., THAKUR, N. L., e SRIVASTAVA, S. (2019). Diversity and distribution of terrestrial gastropods in Bishnupur District, Manipur, India. *Journal of Threatened Taxa*, 11(4), 13408-13420. <https://doi.org/10.11609/jott.4563.11.4.13408-13420>

GUIMARÃES, A. P. *et al.* Identificação dos locais de risco para transmissão de *Schistosoma mansoni* no município de Lagoa da Prata-MG. *Revista Conexão Ciência*, v. 16, p. 63-77, 2021.

GRANDE, R. C., TAVARES, M., & CREED, J. C. (2018). Diversity of Opisthobranchia (Mollusca: Gastropoda) from Brazil: a review of records and new contributions. *Zootaxa*, 4485(1), 1-66.

HEALY, J. M.; HOLLAND, B. S. (2021). Mollusca: Gastropoda. In: *Encyclopedia of Ocean Sciences*, 3rd Edition. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12263-5>

- HECHINGER R.F. *et al.* Can parasites be indicators of free-living diversity? Relationships between species richness and the abundance of larval trematodes and of local benthos and fishes. *Oecologia* 151: 82-92, 2007.
- HEUDE-BERTHELIN, C. *et al.* (2021). New tools for studying land gastropod diversity, biology, and parasitism. In B. Lang (Ed.), *Slugs and Snails: Agricultural, Veterinary and Environmental Perspectives* (pp. 1-16). CABI.
- HUDSON P.J., Dobson A.P., Lafferty K.D. Is a healthy ecosystem one that is rich in parasites? *Trends Ecol Evol* 21: 381-385, 2006.
- HUSPENI T.C., Hechinger R.F., Lafferty K.D. Trematode parasites as estuarine indicators: opportunities, applications and comparisons with conventional community approaches. In: Bortone SA (ed.). *Estuarine Indicators*. CRC Press. Boca Raton, 2005.
- HUSPENI T.C., Lafferty K.D. Using larval trematodes that parasitize snails to evaluate a salt-marsh restoration project. *Ecol Appl* 14: 795-804, 2004.
- JOHNSON, S. (2021). Subdivision of trematodes: Monogenetic and digenetic. *International Journal of Parasitology*, 62(4), 312-325.
- KOHN, A. J. *et al.* Genomic and transcriptomic insights into the biology of venomous and pre-cone snails (Gastropoda: Conoidea). *Toxicon*, v. 191, p. 99-108, 2020.
- KRISTOF, A.; KLUSSMANN-KOLB, A. 2010. "Neuromuscular development of *Aeolidiella stephanieae* Valdez, 2005 (Mollusca, Gastropoda, Nudibranchia)". *Frontiers in Zoology*. 7 (1): 5. doi:10.1186/1742-9994-7-5.
- LEITE, L. A., *et al.* (2021). Moluscos de água doce como vetores de doenças: uma revisão sistemática. *Revista de Saúde Pública*, 55, 28.
- MARCOGLIESE D.J. Parasites of the superorganism: are they indicators of ecosystem health? *Int J Parasitol* 35: 705-716, 2005.
- MARTINS, L. A.; CREED, J. C.; MATTHEWS-CASCON, H. A survey of freshwater gastropods in the Pirapama River basin, Pernambuco State, Brazil. *Biota Neotropica*, v. 20, n. 4, e20200366, 2020.
- MARTINS, R. O., CREED, J. C.; MATTHEWS-CASCON, H. (2018). Opisthobranchs (Mollusca: Gastropoda) from northeastern Brazil: a summary of records, including new records of alien species. *Check List*, 14(5), 791-798.
- MAS-COMA, S.; VALERO, M.A.; BARGUES, M.D. One Health for fascioliasis control in human endemic areas. *Trends Parasitol.*, v. 39, n. 8, p. 650-667, 2023. doi: 10.1016/j.pt.2023.05.009.
- MEDINA, M., FLORES, A. A. V., & ROMERO, L. M. (2020). Efecto de los factores ambientales sobre los patrones de abundancia y distribución de los gasterópodos terrestres.

Boletín de la Asociación de Herpetología Española, 31(1), 2-10. http://www.herpetologia-es.com/dmdocuments/Boletin/Boletin31-1/Boletin31-1_Art%C3%ADculo1.pdf

MELO, G. B. *et al.* Esquistossomose: biomphalaria, a caracol vetor e seu controle. *Revista de Saúde Pública*, v. 55, p. 1-11, 2021.

MELO, M. D. Opistobrânquios (mollusca: heterobranchia) do Rio Grande Norte, Brasil, incluído 34 novas ocorrências. 2015. 170 f. Dissertação (Sistemática e Evolução) - UFRN, Natal - RN, 2015.

MENDES, E. A.; LIMA, W. S.; MELO, A. L. Development of *Fasciola hepatica* in *Lymnaea columella* infected with miracidia derived from cattle and marmoset infections. *Journal of Helminthology*, v. 82, n. 1, p. 81-84, 2008.

MIRANDA, G. S., RODRIGUES, J. G. M., LIRA, M. G. S., NOGUEIRA, R. A., GOMES, G. C. C., MIRANDA, B. S., ARAÚJO, A. DE, e SILVA-SOUZA, N. (2016). Moluscos límnicos como hospedeiros de trematódeos digenéticos de uma região metropolitana da ilha do Maranhão, Brasil. *Scientia Plena*, 12(9). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2016.091004>

MOLLUSCABASE. Gastropoda. 2021. World Register of Marine Species. Disponível em: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=101>. Acesso em: 27 abr. 2023.

PARAENSE, L. Estado atual da sistemática dos planorbídeos brasileiros. *Arq Mus Nac* 55: 1975.

NEVES, D. P. *Parasitologia Humana*. 13. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2016. 587 p.

PIMENTEL, M. M. *et al.* Influence of heavy metal pollution on water quality and mollusk diversity in a river in southeastern Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 27, n. 5, p. 4652-4661, 2020.

PIRES, D. O.; AMARAL, F. D. (2020). Pulmonata gastropods as potential bioindicators of environmental pollution: a review. *Brazilian Journal of Biology*, 80(2), 383-389. doi: 10.1590/1519-6984.225710

PONDER, W.F., LINDBERG, D.R. 1997. Towards a phylogeny of gastropod molluscs: an analysis using morphological characters. *Zoological Journal of Linnaean Society* 119:83–265.

PEREIRA FILHO, A. A. *et al.* Presença de caramujos e aspectos ambientais que favorecem a ocorrência da esquistossomose no Sá Viana, bairro de periferia de São Luís, Maranhão – Brasil. In: *A pesquisa em saúde: desafios atuais e perspectivas futuras 3*. Atena Editora, 2023. p. 159-167. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/post/presenca-de-caramujos-e-aspectos-ambientais-que-favorecem-a-ocorrencia-da-esquistossomose-no-sa-viana-bairro-de-periferia-de-sao-luis-maranhao-brasil>. Acesso em: 09 fev. 2024.

PRESTES, R. M., VINCENCI, K. L. (2019). Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental / Bioindicators as environmental impact assessment. *Brazilian Journal of Animal and*

Environmental Research, 2(4), 1473–1493. Recuperado de <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/3258>

RAMOS-DE-SOUZA, J.; RODRIGUES GOMES, S.; CARVALHO DE MATTOS, A.; PORFÍRIO DE SOUSA, A. K.; FEITOSA DA SILVA, E.; MALDONADO-JUNIOR, A.; CARVALHO THIENGO, S. *Achatina fulica* infected by *Angiostrongylus cantonensis* in Manaus, Brazilian Amazon region, and the risk of transmission of eosinophilic meningitis. *Revista de Patologia Tropical / Journal of Tropical Pathology*, Goiânia, v. 52, n. 4, p. 295–303, 2023. DOI: 10.5216/rpt.v52i4.77199. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/iptsp/article/view/77199>. Acesso em: 24 jan. 2024.

RANGEL, L. F.; NEGREIROS-FRANZOZO, M. L. (2019). Opisthobranch mollusks associated with *Sargassum stenophyllum* (Mertens) Martius from the northeast coast of Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 67(2), 153-164. doi: 10.1590/S1679-87592019014106702

RIBEIRO, L. P. *et al.* Anatomia e histologia de moluscos: uma revisão. *Biotemas*, v. 34, n. 1, p. 139-153, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2021v34n1p139>. Acesso em: 29 abr. 2023.

RIOS, E. C.; RAMOS, M. A. (2021). The Opisthobranchia of Brazil: a review and comments. *Journal of Conchology*, 44(2), 147-166. doi: 10.1080/00222933.2021.1918538

RODRIGUES, J.G. M.; MIRANDA, G.S.; LIRA, M.G.S.; NOGUEIRA, R.A.; GOMES, G. C. C.; CUTRIM, R.S.; SOUZA, N. S. Larval trematodes in *Biomphalaria* spp. (Gastropoda: Planorbidae) from two municipalities of eastern Brazilian Legal Amazon. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, [s. l.], v. 8, ed. 3, 2017. DOI <http://dx.doi.org/10.5123/s2176-62232017000300006>. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2176-62232017000300051. Acesso em: 19 jul. 2023.

RODRIGUES, J. L. *et al.* Effects of climate change on the geographical distribution of marine mollusks in the Brazilian coast. *Journal of Coastal Research*, v. 37, n. 4, p. 825-833, 2021.

RODRÍGUEZ, C. (2020). Complex life cycles of digenetic trematodes. *Trends in Parasitology*, 37(1), 45-58.

ROSSATO, M. Influência de fatores biológicos e ambientais na acumulação de tributelastanho (TBT) e desenvolvimento de imposex em gastrópodes bioindicadores. 2017. Tese de doutorado (Doutorado em Oceanografia, física, química e geológica) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande - RS, 2017.

SAMPAIO, C. M. S. *et al.* Influência de mudanças climáticas na distribuição e abundância de gastrópodes em ambientes marinhos. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 67, n. 1, p. 23-30, 2019.

SAMPAIO, L. S., *et al.* Moluscos terrestres como indicadores de qualidade do solo em áreas degradadas pela mineração de bauxita. *Acta Amazonica*, 53(1), 81-88, 2023.

- SANTOS, A. L. *et al.* Diversidade e distribuição dos moluscos na bacia do rio Doce. Revista Brasileira de Zoologia, v. 36, n. 1, p. 34-43, 2019.
- SANTOS, R. L. Cruz *et al.* MENINGITE EOSINOFÍLICA POR ANGIOSTRONGYLUS: RELATO DE CASO. The Brazilian Journal of Infectious Diseases, v. 26, p. 102196, 2022.
- SANTOS, I. L. Q. S. Epidemiologia da fasciolose em duas fazendas na região do Vale do Paraíba-SP. 2014. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Malacologia de Vetores)-Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2014.
- SERRA-FREIRE, N. Fasciolose hepática no Brasil: Análise retrospectiva e prospectiva. Caderno Técnico-Científico da Escola de Medicina Veterinária, p. 9-70, 1999.
- SEINFELD, John. Air Pollution: a half century of progress. American Institute of Chemical Engineers (AIChE) Journal, vol. 50, n. 6, p.1096-1108, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1002/aic.10102>
- SHEA J. *et al.* The use of parasites as indicators of ecosystem health as compared to insects in freshwater lakes of the Island Northwest. Ecol Indic 13: 184-188, 2012.
- SILVA, J. R. M. *et al.* Impacto da poluição em áreas estuarinas na diversidade de gastrópodes. Revista de Estudos Ambientais, v. 25, n. 2, p. 125-140, 2019.
- SILVA, M. R. S. *et al.* Taxonomia e diversidade de gastrópodes marinhos em três praias do litoral sul da Bahia. Biotemas, v. 32, n. 2, p. 87-96, 2019.
- SILVA, R. R. D. *et al.* Convenção de Minamata: análise dos impactos socioambientais de uma solução em longo prazo. SAÚDE DEBATE, [s. l.], v. 41, p. 50-62, 2017.
- SILVA, V. H. *et al.* Características e importância dos moluscos. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 19, n. 3, p. 626-636, 2019.
- SIMONE, L. R. L. Anatomy and systematics of pulmonate gastropods. Zoologia, v. 38, e50772, 2021.
- SIMONE, Luiz Ricardo L. **Reino animalia**: gastropoda terrestres gastropoda terrestres. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1999.
- SMITH, J. (2023). Recent advances in the study of trematodes. Journal of Parasitology, 45(2), 123-135.
- SOUZA, F. A. M. D. (2018) Morfologia de estruturas sensoriais de cercárias de *echinostoma paraensei* Lie e Basch, 1967 (trematoda, echinostomatidae).
- SOUZA, P. R. R. de *et al.* Pandemias pelo mundo. ANALECTA-Centro Universitário Academia, v. 8, n. 1, 2023.

- SUGAWARA, Y., *et al.* Bioindication of environmental quality by intertidal mollusks. *Marine Pollution Bulletin*, v. 163, p. 111982, 2021.
- SUGIARTO, H., RAHMAWATI, S., e APRIYANA, S. (2021). Pulmonate gastropods in tropical environments: biodiversity and their potential as bioindicators. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(6), 7131-7144.
- SUKHDEO, M.V.K, e SUKHDEO, S.C. Trematode behaviours and the perceptual worlds of parasites. *Can J Zool.* 2004, 82(2):292-315.
- TAITI, Stefano *et al.* Marine Biodiversity in Brazil: The State of Knowledge, Threats and Challenges. *Diversity*, v. 13, n. 11, p. 580, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/d13110580>. Acesso em: 01 mai. 2023.
- TAN, S. H. *et al.* Opisthobranch gastropod diversity in Malaysia: current status and a review of past works. *Raffles Bulletin of Zoology*, v. 68, p. 29-56, 2020.
- VIDAL, C. H. F. et al. Aspectos epidemiológicos na neuroesquistossomose. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, v. 68, p. 72-75, 2010.
- WÄGELE, H. *et al.* The anatomy and systematics of Heterobranchia – a roadmap to understanding diversity in the gastropod clade. *Zoosymposia*, v. 18, p. 1-184, 2022.
- ZANARDI, V. S. Prevalência de infecção de *Biomphalaria glabrata* infectados por *Schistosoma mansoni* em coleções hídricas de Salvador, Bahia, Brasil. / Vanessa Sousa Zanardi. - 2018. Orientador: Prof. Dr. Mitermayer Galvão dos Reis, Laboratório de Patologia e Biologia Molecular. Dissertação (Mestrado em Patologia) – Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Medicina. Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Gonçalo Moniz, 2018.
- ZHANG, T.; WU, Q.; ZHANG, Zhigang. Probable pangolin origin of SARS-CoV-2 associated with the COVID-19 outbreak. *Current biology*, v. 30, n. 7, p. 1346-1351. e2, 2020.

CAPÍTULO 2 - ARTIGO ORIGINAL

RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE GASTRÓPODES LÍMNICOS E TREMATÓDEOS ASSOCIADOS NA REGIÃO DOS LENÇÓIS MARANHENSES, BRASIL

RICHNESS AND ABUNDANCE OF LIMNIC GASTROPODS AND ASSOCIATED TREMATODES IN THE LENÇÓIS MARANHENSES REGION, BRAZIL

RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE GASTERÓPODOS LÍMNICOS Y TREMATODOS ASOCIADOS EN LA REGIÓN DE LENÇÓIS MARANHENSES, BRASIL

Resumo

O presente estudo teve por objetivo conhecer a fauna de gastrópodes e trematódeos e suas interações na região dos Lençóis Maranhenses. O trabalho foi realizado na região dos Lençóis Maranhenses, tendo 28 localidades definidas, espalhadas entre os municípios de Santo Amaro do Maranhão, Barreirinhas e Paulino Neves. Os gastrópodes foram coletados em ambientes de água doce, como restingas, campos, rios, afluentes e dunas. Foram verificadas as taxas de riqueza e abundâncias desses moluscos. Aplicou-se o teste ANOVA para verificação de diferenças na abundância dos gastrópodes entre as áreas estudadas, além da avaliação de infecções por trematódeos e correlação entre coliformes e fatores abióticos com gastrópodes. Foram coletados 3.483 espécimes de gastrópodes pertencentes a cinco táxons, sendo possível a identificação de três espécies *Biomphalaria straminea*, *Melanoides tuberculata* e *Drepanotrema lucidum*, além das morfoespécies *Pomacea spp.* e *Physa spp.* A espécie *B. straminea*, que representou 51% dos espécimes recolhidos, foi mais abundante. Foi detectada a presença de trematódeos em 0,34% dos moluscos, com a maior incidência em *M. tuberculata*. O ANOVA demonstrou não haver diferença estatística significativa entre as populações de moluscos, apesar da estação seca apresentou maior quantidade de espécimes. Os achados apontam a presença de coliformes totais e termotolerantes, em especial em Barreirinhas e Paulino Neves, indicando possível contaminação por esgoto entre os corpos hídricos avaliados. A presente pesquisa pode auxiliar na compreensão da biodiversidade regional, além da identificação de importantes táxons envolvidos em problemáticas ambientais e de saúde, apontando a necessidade de monitoramento constante dos pontos de ocorrência dos animais.

Palavras-chave: Moluscos; Platelminhos; Coliformes; Pólo Turístico; Saúde e Ambiente.

Abstract

The present study aimed to investigate the fauna of gastropods and trematodes and their interactions in the Lençóis Maranhenses region. The research was conducted across 28 defined locations within the municipalities of Santo Amaro do Maranhão, Barreirinhas, and Paulino Neves. Gastropods were collected in freshwater environments, including restinga, fields, rivers, tributaries, and dunes. The richness and abundance rates of these mollusks were assessed. ANOVA was applied to determine differences in gastropod abundance across the study areas, in addition to evaluating trematode infections and correlations between coliforms and abiotic factors with gastropods. A total of 3,483 gastropod specimens belonging to five taxa were collected, identifying three species *Biomphalaria straminea*, *Melanoides tuberculata*, and *Drepanotrema lucidum* along with the morphospecies *Pomacea spp.* and *Physa spp.* The species *B. straminea*, representing 51% of the collected specimens, was the most abundant. Trematodes were detected in 0.34% of the mollusks, with the highest incidence in *M. tuberculata*. ANOVA showed no statistically significant difference among mollusk populations, although a greater number of specimens were found in the dry season. Findings indicate the presence of total and thermotolerant coliforms, particularly in Barreirinhas and Paulino Neves, suggesting potential sewage contamination among the evaluated water bodies. This research contributes to understanding regional biodiversity and identifying key taxa involved in environmental and health issues, underscoring the need for ongoing monitoring of these animal occurrence sites.

Keywords: Mollusks; Platyhelminths; Coliforms; Tourism Hub; Health and Environment.

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo investigar la fauna de gastrópodos y trematodos y sus interacciones en la región de los Lençóis Maranhenses. La investigación se realizó en 28 localidades definidas, distribuidas entre los municipios de Santo Amaro do Maranhão, Barreirinhas y Paulino Neves. Los gastrópodos fueron recolectados en ambientes de agua dulce, como restingas, campos, ríos, afluentes y dunas. Se evaluaron las tasas de riqueza y abundancia de estos moluscos. Se aplicó la prueba ANOVA para verificar diferencias en la abundancia de los gastrópodos entre las áreas estudiadas, además de evaluar infecciones por trematodos y la correlación entre coliformes y factores abióticos con los gastrópodos. Se recolectaron un total de 3,483 especímenes de gastrópodos pertenecientes a cinco taxones, identificándose tres especies: *Biomphalaria straminea*, *Melanoides tuberculata* y *Drepanotrema lucidum*, además de las morfoespecies *Pomacea spp.* y *Physa spp.* La especie *B. straminea*, que representó el 51% de los especímenes recolectados, fue la más abundante. Se detectó la presencia de trematodos en el 0,34% de los moluscos, con la mayor incidencia en *M. tuberculata*. El ANOVA demostró que no hubo diferencias

estadísticamente significativas entre las poblaciones de moluscos, aunque se encontró una mayor cantidad de especímenes en la estación seca. Los hallazgos apuntan a la presencia de coliformes totales y termotolerantes, especialmente en Barreirinhas y Paulino Neves, lo que indica una posible contaminación por aguas residuales entre los cuerpos hídricos evaluados. Esta investigación puede ayudar a comprender la biodiversidad regional y a identificar taxones importantes involucrados en problemáticas ambientales y de salud, destacando la necesidad de un monitoreo constante de los puntos de ocurrencia de estos animales.

Palabras clave: Moluscos; Platelminotos; Coliformes; Polo Turístico; Salud y Medio Ambiente.

1. INTRODUÇÃO

Os moluscos constituem o segundo maior filo do reino animal, concentrando espécies dos mais variados ambientes hídricos e terrestres (FERREIRA et al., 2021). Muitos de seus representantes apresentam significâncias para estudos ambientais e epidemiológicos, especialmente quando ligados à ocorrência de enfermidades e contaminação de ambientes (MENDES LIMA e MELO, 2008; CORREA et al., 2010; NEVES, 2016).

Os gastrópodes são uma importante classe desse filo, pois além de apresentarem significados para composição da fauna ambiental, também estão relacionados a agravos de saúde como os provocados pelos gêneros *Biomphalaria* e *Lymnaea*. Espécimes desses gêneros são hospedeiros intermediários de helmintos causadores da esquistossomose mansoni -*Schistosoma mansoni* (Sambon, 1907) - e fasciolose - *Fasciola hepática* (Linnaeus, 1758) -, respectivamente (VIDAL, 2010; CAMPOS, 2019; BORGES, 2021; GUIMARÃES et al., 2021).

Estudos sobre a riqueza e abundância de gastrópodes, particularmente aqueles de água doce que são hospedeiros de trematódeos, demonstram a importância desses elementos para o ecossistema. Nesse contexto, é preciso entender como essa relação ecológica ocorre e seus impactos para saúde humana e veterinárias e dos demais seres envolvidos no habitat compartilhado (WILKE et al., 2000; CARVALHO et al., 2001; DEJONG et al., 2003 e 2004; JANNOTTI-PASSOS, MAGALHÃES e VIDIGAL, 2006; CARDOSO et al., 2006; NDASSA et al., 2007).

Os achados sobre gastrópodes límnicos e seus trematódeos associados, apresentam importantes ferramentas para conhecimento da biodiversidade de determinada região, particularmente entre aquelas que apresentam condições

naturais, sanitárias e antrópicas favoráveis para essa ocorrência (VIDAL, 2010; GOMES et al., 2014; GOMES et al., 2016; CAMPOS, 2019; GUIMARÃES, 2021; PEREIRA FILHO et al., 2023).

Nesse cenário, mostra-se imperioso apontar, especificamente, a Região dos Lençóis Maranhenses, que por possui rica coleção hídrica, vegetação preservada e clima tropical, além de severa deficiência de saneamento básico e registros de esquistossomose mansoni, bem como morte pela enfermidade, se mostra com potencial área para estudo ecológicos sobre a riqueza e abundância de gastrópodes e trematódeos associados (MONTEIRO et al., 2018; BRASIL, 2003; BRASIL, 2022).

Considerando essas condições na Região dos Lençóis Maranhenses, em especial, as deficiências sanitárias, um aspecto que também precisa ser estudado são as condições microbiológicas dos corpos d'água onde os gastrópodes ocorrem, além das características ambientais, tais como fatores físico-químicos da água que normalmente interferem na dinâmica das relações desse grupo de organismos.

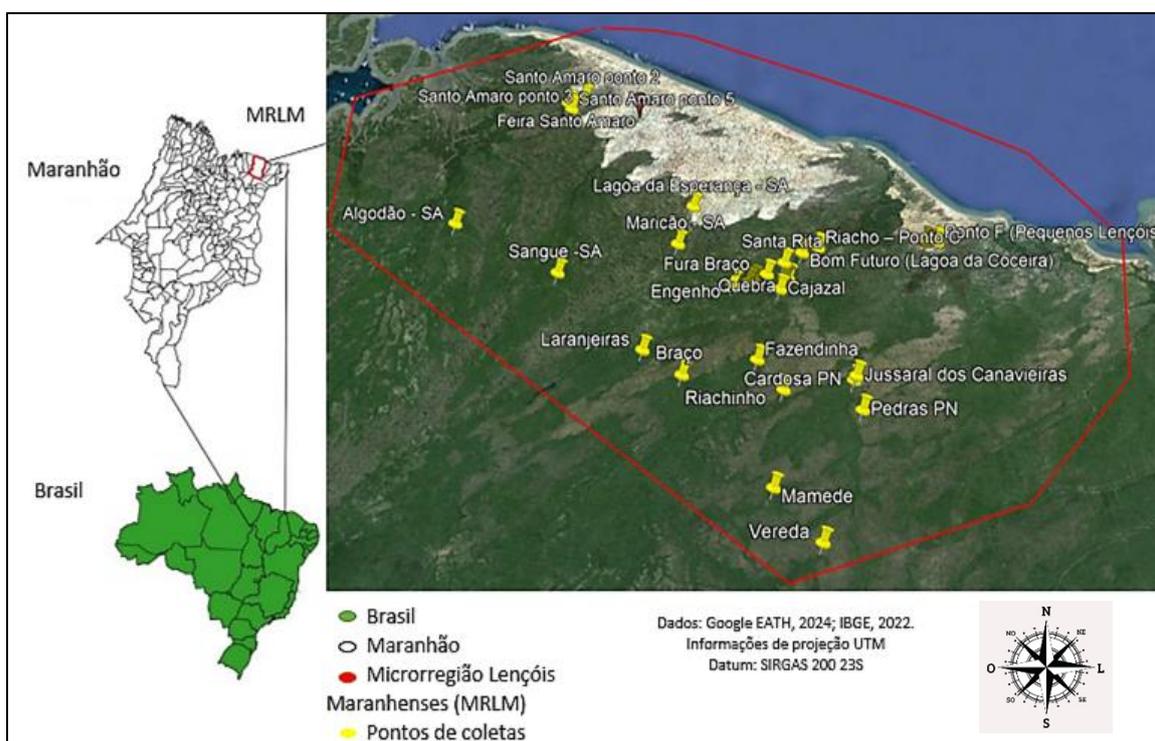
Sabe-se que as populações de *Biomphalaria glabrata* são influenciadas por fatores abióticos tais como pH, salinidade, temperatura e pluviometria (BARBOSA et al., 2017) e resistem a valores ambientais físico-químicos bem acima dos referenciados na literatura (SILVA et al., 2006). Do mesmo modo, pesquisadores alertam que a proliferação de coliformes totais e *E. coli*, por exemplo, nos criadouros de *Biomphalaria* é um fator preocupante, uma vez que a contaminação desses ambientes atua como mais um fator para manutenção do ciclo da esquistossomose nas localidades (BARBOSA et al., 2017).

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo conhecer a fauna de gastrópodes límnicos e trematódeos associados existente na Região dos Lençóis Maranhenses, Brasil, e entender a sua relação com fatores abióticos (físico-químicos) e microbiológicos (Coliformes totais e tolerantes). A hipótese é que a Região dos Lençóis Maranhenses apresenta elevada riqueza e abundância de gastrópodes límnicos e trematódeos associados, considerando seu vasto teor hídrico, condições bióticas, abióticas e sanitárias favoráveis para sobrevivência e reprodução das mais variadas espécies de moluscos e helmintos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo tem como base a coleta de moluscos (gastropódes) em criadouros naturais. O estudo foi conduzido em 28 pontos de três municípios no entorno do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses: Santo Amaro do Maranhão, Barreirinhas e Paulino Neves (Figura 1).

Figura 1 - Mapa da Microrregião dos Lençóis Maranhenses e pontos de coletas



A coleta de amostras foi realizada trimestralmente, ao longo de um ano, abrangendo tanto a estação seca quanto a chuvosa, em áreas de ocorrência natural de moluscos, bem como, em áreas focais de transmissão de esquistossomose. As amostras foram coletadas em ambientes de água doce, como margens de rios, córregos, lagos e lagoas, em ecossistemas de restingas, campos e dunas.

Durante o procedimento de campo, foi utilizado um método padronizado para a captura de moluscos. A coleta foi realizada por uma equipe de cinco coletores, utilizando pinças e conchas metálicas, durante 10 minutos em cada local. Os gastropódes capturados foram transportados para o Laboratório de Biologia do Instituto Federal do Maranhão (IFMA), onde foram acondicionados em aquários com

água filtrada e desclorada, substrato e alface, seguindo as metodologias de Paraense (1975) e Fernandez, Thiengo e Amaral (2008).

Para verificar a presença de infecções por trematódeos, os moluscos foram expostos à luz artificial por seis horas e à exposição noturna por até 12 horas (FERNANDEZ, THIENGO e AMARAL, 2008). Após essa exposição, os moluscos e a água onde foram mantidos foram examinados em lupa para detectar larvas de trematódeos. Lâminas frescas contendo as larvas foram preparadas e observadas em microscópio óptico, ampliando entre 8 a 40 vezes para a identificação morfológica das cercárias, utilizando chaves específicas de identificação de Schell (1970), Melo (2008) e Pinto e Melo (2013). O diagnóstico foi repetido semanalmente ao longo de um período de 30 dias.

A identificação morfológica dos gastrópodes ocorreu após a exposição dos espécimes, sendo os moluscos anestesiados com solução de pentobarbital sódico para facilitar o desprendimento da concha. Após aquecimento em água a 70° C, as conchas foram separadas da parte mole, lavadas e armazenadas em frascos identificados. As partes moles foram fixadas em solução de Railliet-Henry, com amostras da região cefalopediosa preservadas em álcool absoluto para análises moleculares. A identificação dos gastrópodes foi realizada até o menor nível taxonômico possível, com base na morfologia.

Uma amostra das espécies coletadas foi encaminhada para a Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), para inserção na Coleção de Tecidos e DNA da Fauna Maranhense (CoFauMA), visando auxiliar futuras pesquisas moleculares e genéticas.

O estudo também incluiu a avaliação das condições ambientais dos corpos d'água onde os gastrópodes foram coletados. A análise microbiológica foi conduzida em amostras de água coletadas simultaneamente à captura dos moluscos. Essas amostras foram armazenadas em frascos estéreis, refrigeradas e enviadas para o Laboratório de Ciências Biológicas do IFMA, Campus Barreirinhas.

A técnica utilizada para a análise microbiológica foi baseada na determinação do número mais provável de coliformes totais e termotolerantes. Para isso, utilizou-se caldo lauril sulfato de sódio para coliformes totais e caldo seletivo para coliformes termotolerantes, além de tubos de Durham invertidos para detectar a presença de gás,

o que indicava a presença de coliformes. A confirmação da presença de coliformes totais e termotolerantes foi realizada com os caldos incubados a 35°C e 45°C, respectivamente (APHA, 2005; SILVA, JUNQUEIRA e SILVEIRA, 2000).

As análises físico-químicas da água in loco incluíram a medição de parâmetros como pH, oxigenação, salinidade, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais (TDS) e temperatura, utilizando um medidor multiparâmetros AK88. Esses parâmetros foram considerados essenciais para compreender as condições dos ecossistemas onde os gastrópodes foram encontrados e como poderiam influenciar as taxas de riqueza e abundância das espécies estudadas.

A influência da precipitação pluviométrica na abundância também foi investigada ao longo do tempo para a área total do estudo e para cada município. Para análise da diferença na quantidade de gastrópodes encontrados nos períodos seco e chuvoso, foi utilizado o teste de variância ANOVA com dois critérios e Tukey, com nível de significância de 95% e $\alpha = 0,05$ no programa estatístico SPSS.

Ademais, foram analisados alguns índices ecológicos. As associações parasito-hospedeiro, foram baseadas em razões de prevalência (moluscos infestados/moluscos examinados), intensidade média de infestação (parasitas/moluscos infestados) e abundância média de infestação (parasitas/moluscos examinados).

Outrossim, foram realizadas as correções entre as taxas de riqueza e abundâncias dos animais em tela [gastrópodes] e as condições microbiológicas e físico-químicas dos ambientes onde estão inseridos. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software estatístico PAST, visando identificar possíveis relações entre características ambientais e a presença de gastrópodes.

3. RESULTADOS

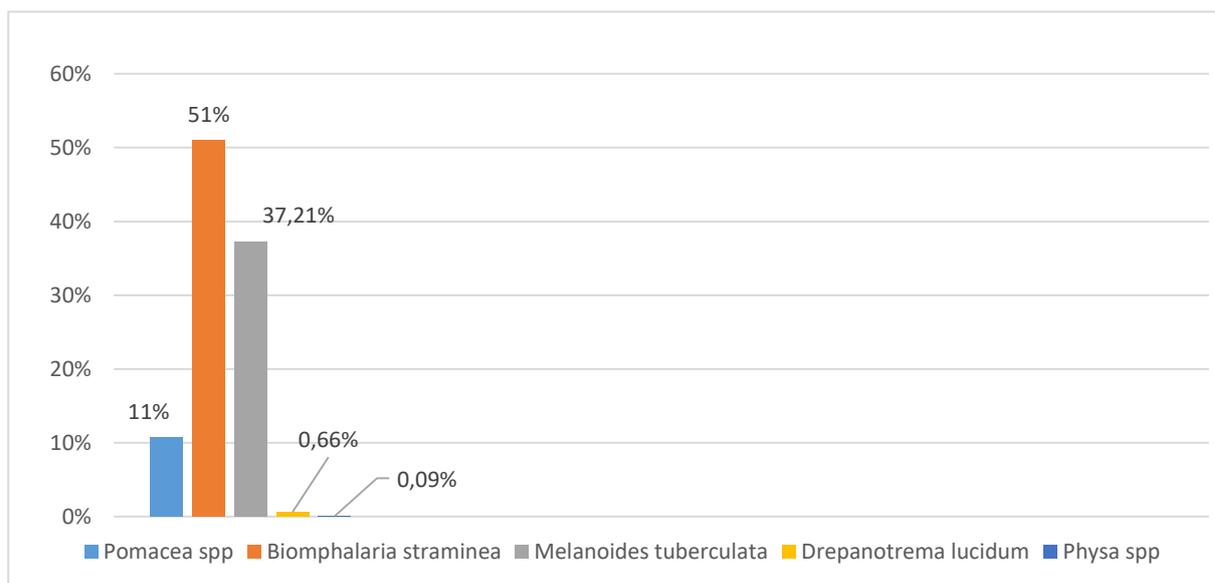
3.1. Riqueza e abundância de gastrópodes límnicos

O levantamento malacológico resultou em 18 pontos com presença de gastrópodes límnicos e total de 3.483 espécimes encontrados, pertencentes a quatro famílias distintas: Ampulariidae, Planorbidae, Physidae e Thiaridae. No que se refere às espécies, a análise morfológica permitiu a identificação precisa de *Biomphalaria straminea* (Dunker, 1848), *Drepanotrema lucidum* (Pfeiffer, 1839) e *Melanoides*

tuberculata (Müller, 1774), enquanto os demais foram classificados apenas até o nível de gênero, sendo eles *Pomacea spp.* e *Physa spp.*

No enfoque de abundância, as espécies *Biomphalaria straminea* (51%) e *Melanoides tuberculata*. (37,21%) apresentaram consideráveis representatividades, seguidas por *Pomacea spp.* (11%). Ademais, *Drepanotrema lucidum* (0,66%) e *Physa spp.* (0,09%) mostraram-se menos expressivos (Figura 2).

Figura 2 - Riqueza e abundância de gastrópodes límnicos



Fonte: autores do trabalho, 2024.

Em relação à riqueza de espécies por município, observou-se que, os gastrópodes *Biomphalaria straminea*, *Melanoides tuberculata*, *Pomacea spp.*, *Drepanotrema lucidum* e *Physa spp.* foram encontrados no município de Barreirinhas, enquanto Santo Amaro do Maranhão e Paulino Neves não apresentaram representantes dos dois últimos (Tabela 1).

Quanto ao padrão de abundância, o estudo aponta que, nos municípios de Barreirinhas e Santo Amaro do Maranhão, a espécie *Melanoides tuberculata* apresentou maior expressividade (56%), enquanto em Paulino Neves, *Biomphalaria straminea* (79%) ganhou destaque. A municipalidade paulinoense apresentou maior abundância de moluscos, enquanto os corpos hídricos santamarenses registraram a menor (Tabela 1).

Tabela 1 - Padrões de riqueza e abundância de gastrópodes límnicos por município

Municípios	<i>Biomphalaria straminea</i>	<i>Melanoides tuberculata</i>	<i>Pomacea spp.</i>	<i>Drepanotrema lucidum</i>	<i>Physa spp.</i>	Total
Barreirinhas	441	623	140	23	3	1.230
Santo Amaro do Maranhão	95	403	151	0	0	649
Paulino Neves	1.251	270	83	0	0	1.604
Total	1.787	1.296	374	23	3	3.483

Fonte: autores do artigo, 2024.

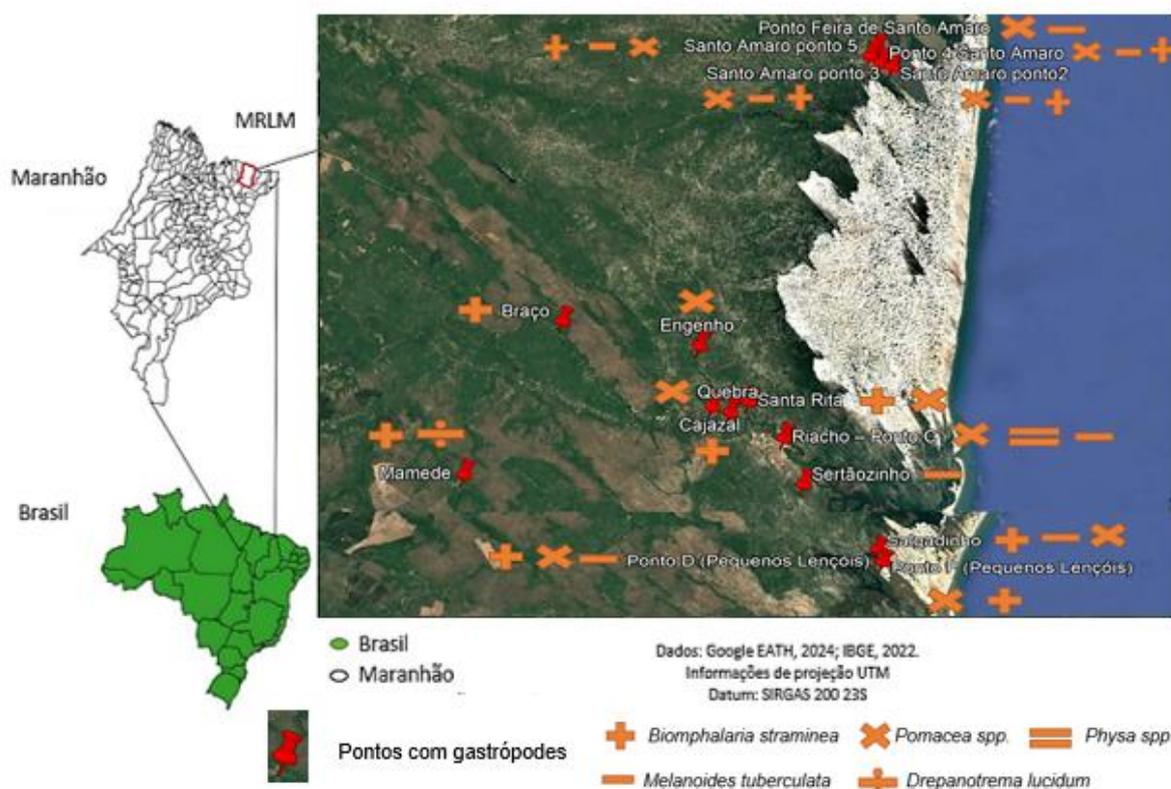
3.2. Distribuição geográfica de gastrópodes límnicos por localidade na Região dos Lençóis Maranhenses

Os gastrópodes límnicos foram encontrados em 16 pontos da Região dos Lençóis Maranhenses. No município de Barreirinhas, em 7 localidades foi possível encontrar espécimes de moluscos, nos pontos de Braço (*Biomphalaria straminea*), Engenho (*Pomacea spp.*), Santa Rita (*Biomphalaria straminea* e *Pomacea spp.*), Quebra (*Pomacea spp.*), Cajazal (*Biomphalaria straminea*), Mamede (*Biomphalaria straminea* e *Drepanotrema lucidum*), Riacho – Ponto C (*Melanoides tuberculata*, *Pomacea spp.* e *Physa spp.*) e Sertãozinho (*Melanoides tuberculata*).

No município de Santo Amaro, os espécimes estiveram concentrados em 5 pontos, sendo eles: Feira de Santo Amaro (*Melanoides tuberculata* e *Pomacea spp.*), Ponto 2, Ponto 3, Ponto 4 e Ponto 5, os quatros últimos locais foram positivos para *Melanoides tuberculata*, *Biomphalaria straminea* e *Pomacea spp.*

Já em Paulino Neves, 3 localidades apresentaram gastrópodes, a citar: Salgadinho e Ponto D – Pequenos Lençóis, positivos para *Melanoides tuberculata*, *Biomphalaria straminea* e *Pomacea spp.*, além do Ponto F – Pequenos Lençóis (*Biomphalaria straminea* e *Pomacea spp.*).

Figura 3 – Localidades positivas para gastrópodes na Região dos Lençóis Maranhenses



3.3. Distribuição sazonal de gastrópodes límnicos

A distribuição dos gastrópodes por estações nas localidades estudadas, se deu em 1.084 espécimes (31,13%) para o período chuvoso, sendo as espécies de *Melanoides tuberculata* e *Biomphalaria straminea*, bem como indivíduos dos gêneros *Pomacea spp.* e *Physa spp.* como representantes. A primeira espécie (*Melanoides tuberculata*) foi mais abundante para essa estação (Tabela 2).

A estação seca concentrou maior números de indivíduos, totalizando 2.399 espécimes, o que corresponde 68,88% do total geral de gastrópodes encontrados. A riqueza de moluscos, durante a baixa pluviosidade, foi de *Melanoides tuberculata*, *Biomphalaria straminea*, *Drepanotrema lucidum*, *Pomacea spp.* e *Physa spp.*, sendo a segunda espécie (*Biomphalaria straminea*) a mais abundante (Tabela 2).

Tabela 2 - Distribuição sazonal de gastrópodes límnicos na Região dos Lençóis Maranhenses

Estações	Chuvosa		Seca		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<i>Biomphalaria straminea</i>	264	7,58%	1.523	43,73%	1.787	51,31%
<i>Melanoides tuberculata</i>	700	20,10%	596	17,11%	1.296	37,21%
<i>Pomacea spp.</i>	118	3,39%	256	7,35%	374	10,74%
<i>Drepanotrema lucidum</i>	0	0,00%	23	0,66%	23	0,66%
<i>Physa spp.</i>	2	0,06%	1	0,03%	3	0,09%
Total	1.084	31,13%	2.399	68,88%	3.483	100%

Fonte: autores do artigo, 2024.

Em relação à importância estatística das variações encontradas entre as estações, a análise de variância (ANOVA) demonstrou um valor de F-valor de 1,417 e um P-valor de 0,249, ou seja, esses números apontam que não há diferença estatisticamente significativa entre os períodos secos e chuvoso em relação à abundância de gastrópodes (levando em conta o nível de significância de 0,05), apesar da estação seca apresentar um número maior de indivíduos.

3.4. Relação parasitológica gastrópodes e trematódeos

As análises parasitológicas realizadas na Região dos Lençóis Maranhenses relatam uma baixa prevalência de infecção por cercárias entre os gastrópodes estudados. Dos 3.483 espécimes analisados, apenas 12 apresentaram infecções, totalizando uma prevalência de 0,34%. A referida métrica se deu pela divisão do número de moluscos infectados (12), dividido pelo total de moluscos analisados (3.483) e multiplicado o resultado por 100, expressando o percentual.

A intensidade média de infestação foi estimada em 25, ou seja, esse valor indica que, entre os gastrópodes com infecções, havia uma média de 25 cercárias por espécime. Esse total foi encontrado a partir do somatório entre o total de parasitos

encontrados nos moluscos infectados e dividindo-o pelo número total de animais parasitados (12).

A abundância média de infestação, que se refere à carga parasitária, considerando tanto indivíduos infectados e não infectados, resultou em 0,086. Referido valor foi obtido a partir da divisão do número total de cercárias pelo quantitativo geral de gastrópodes avaliados (3.483). Esse número revela baixa abundância de cercárias em relação ao total de espécimes totalizados.

A avaliação também apontou que a espécie de gastrópodes *Melanoide tuberculata* esteve mais relacionado com cercárias, mais precisamente com a família Gminocéfala. Vale enfatizar que um mesmo gastrópode pode interagir com vários tipos cercarianos. O município com maior taxa de interação parasitológica foi Barreirinhas, porém a maior variedade (tipos de cercarianos em gastrópodes) aconteceu em Santo Amaro do Maranhão (Tabela 3).

Tabela 3 - Tipos cercarianos encontrados na Região dos Lençóis Maranhenses

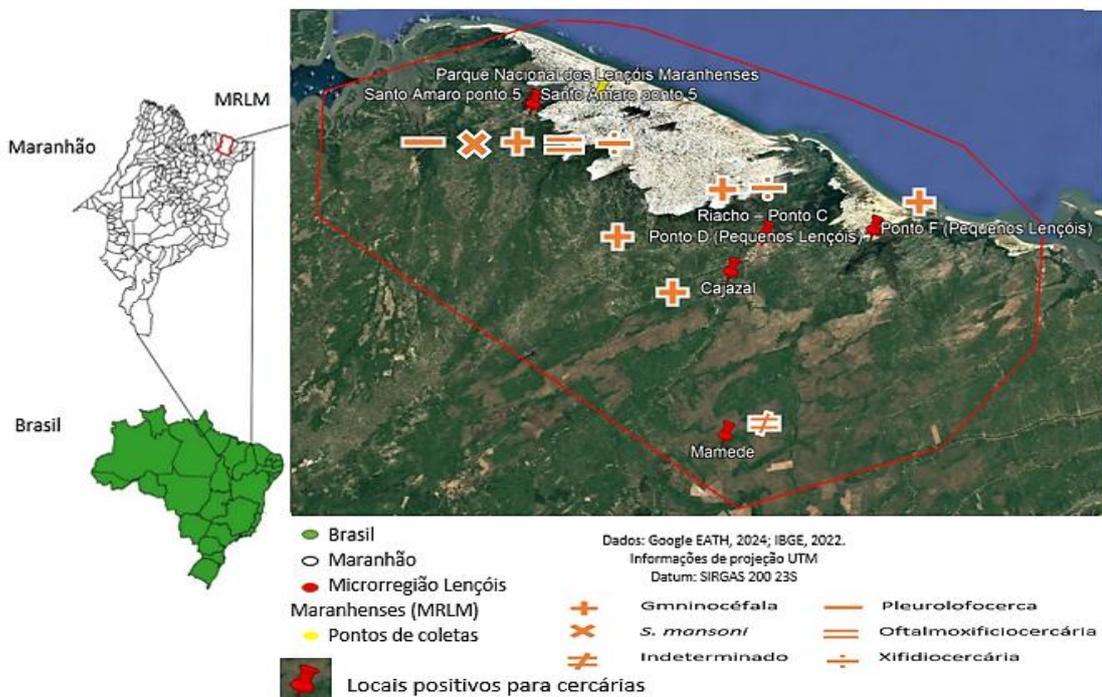
Gastrópodes	Municípios												
	Quantidade de gastrópodes por município			Barreirinhas			Santo Amaro do Maranhão			Paulino Neves			
	Barreirinhas	Santo Amaro do Maranhão	Paulino Neves	Gminocéfala	Xifidiocercária	Indeterminado	Gminocéfala	Pleurolofoerca	Oftalmoxifidiocercária	Xifidiocercária	<i>S. mansoni</i>	Indeterminado	Gminocéfala
<i>Pomacea spp.</i>	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Melanoides tuberculata</i>	4	3	1	4	1	0	3	2	1	1	0	0	1
<i>Biomphalaria straminea</i>	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Total	6	4	2						12				

Fonte: autores do artigo, 2024.

3.5. Distribuição dos trematódeos por pontos de coleta

Os tipos cercárianos encontrados na região dos Lençóis Maranhenses estão divididos em 5 pontos de estudos, entre as 28 localidades rastreadas. No Ponto 5, em Santos Amaro do Maranhão foi obtida a maior variedade de cercárias, entre eles a espécie *S. mansoni*, enquanto o município de Paulino Neves concentrou somente trematódeos Gmninocéfala. Já Barreirinhas apresentou helmintos em Área Urbana (Ponto 5 – Riacho) e Zona Rural (Cajazal e Mamede) (Figura 4).

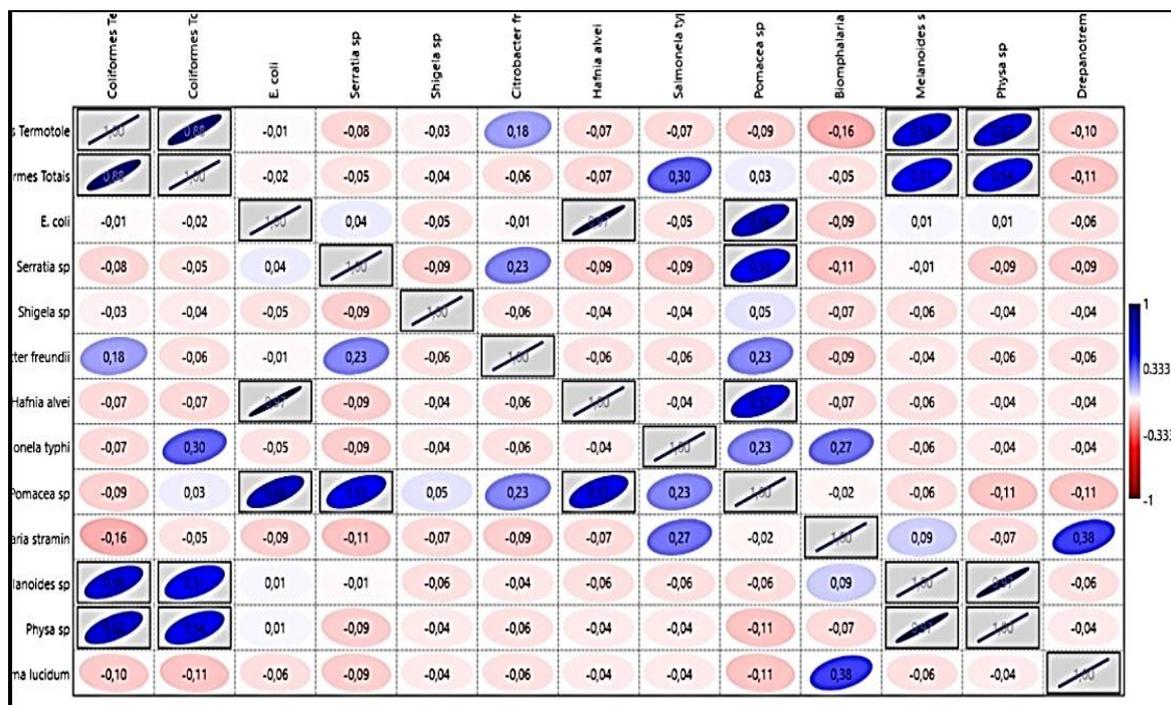
Figura 4 – Distribuição de cercárias nas localidades da Região dos Lençóis Maranhenses



3.6. Análises de correlações possíveis entre gastrópodes, coliformes e fatores abióticos

No tocante às análises microbiológicas, em especial avaliações das amostras de águas dos pontos de coletas d, a tabela 2 revela maior correlações entre *Melanoides tuberculata* e *Physa spp.* com coliformes totais e termotolerantes, bem como *Pomacea spp.* mais relacionada fortemente com enterobactérias (*E. coli.*, *Serratia spp.*, *Hafnia alvei* e *Salmonella typhi*) e *B. straminea* com *Salmonella typhi* (Figura 5).

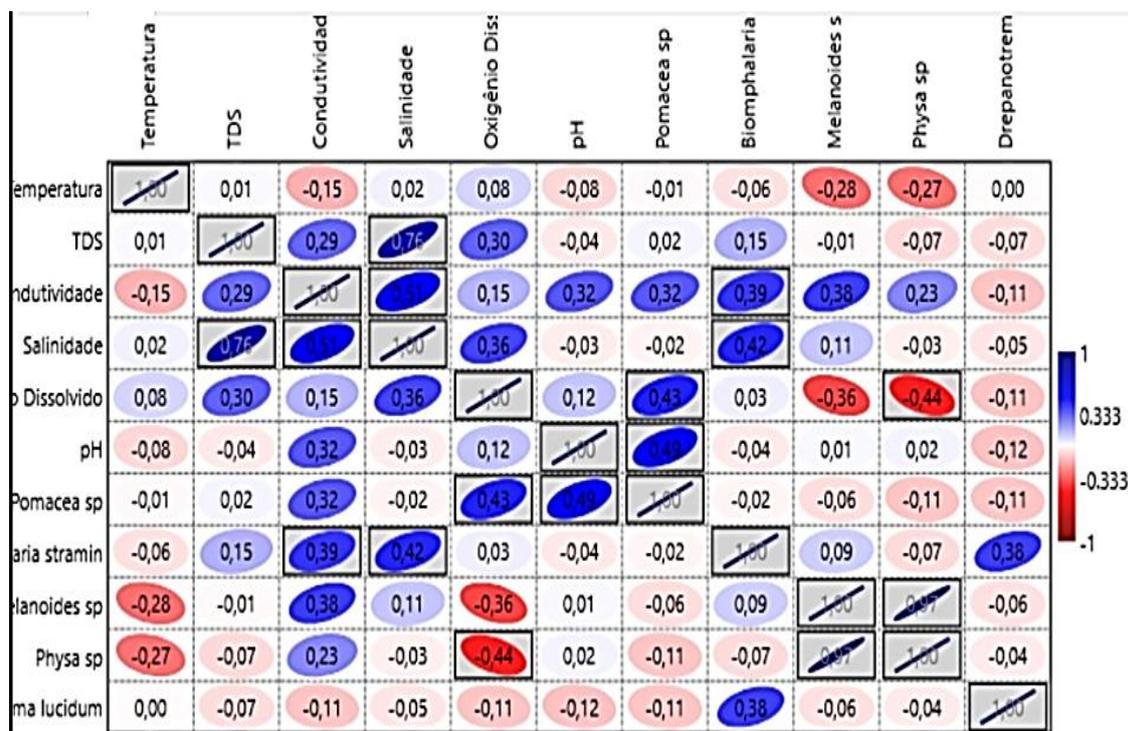
Figura 5 – Correlações entre gastrópodes e microrganismos



Fonte: autores da pesquisa, 2024.

No que diz respeito ainda às gastrópodes e possíveis correlações, a presente pesquisa também enfatizou esses elementos com fatores abióticos predominantes nos ambientes de coleta. Dessa forma, *Biomphalaria straminea* associou-se a TDS, condutividade, salinidade e Oxigênio dissolvido, enquanto *Pomacea ssp.* para condutividade e pH. *Physa spp.*, bem como *Melanoides tuberculata*, fizeram relação somente com condutividade (Figura 6).

Figura 6 – Correlações entre gastrópodes e fatores abióticos



Fonte: autores da pesquisa, 2024.

5. DISCUSSÃO

A riqueza de gastrópodes registrada na Região dos Lençóis Maranhenses, tendo quatro famílias (Ampulariidae, Planorbidae, Physidae e Thiaridae) e cinco gêneros identificados, demonstram uma importante variabilidade na biodiversidade de água doce local e apontam que condições ambientais predominantes (águas de correntes lênticas, lagoas sem fluxo e vegetação preservada) podem estar favorecendo os hábitos alimentares dos moluscos, reprodução e proteção dos ovos depositados sobre a vegetação (PARAENSE, 1975).

A predominância da espécie *Biomphalaria straminea* se mostra significativo e representativo para área estudada, pois refletem um indicativo das condições ambientais favoráveis para sua prevalência, além de potencial risco para infecções por *S. mansoni*. Sobre a ocorrência do gênero *Biomphalaria* neste tipo de estudo, resultados semelhantes sobre riqueza e abundância também foram observados por Fernandez, Thiengo e Boaventura (2001), no Rio de Janeiro-RJ, Coelho (2020) em

Belo Horizonte-MG e Lima et al. (2018) no estado de Sergipe para o tipo de gastrópode em foco.

A representatividade (riqueza e abundância) da espécie *Melanoides tuberculata* também se mostrou importante, pois, além de demonstrar frequência entre os três municípios, tornou-se o primeiro registro dela no estado do Maranhão, que apesar de apresentar fatores ambientais adversos a esse ser, não impediu sua adaptação. Referido fenômeno pode ser explicado pela procedência afro-asiática deste molusco, visto como exótico e invasor no Brasil, possui resistência aos fatores bióticos e abióticos adversos (DUDGEON, 1986; POINTIER, DAVID e JARNE, 2004; ALONSO e CASTRO-DÍEZ, 2008).

A distribuição geográfica das espécies de moluscos entre os municípios evidencia novamente a influência dos fatores ambientais locais (características hidrológicas e sedimentares) nesses resultados. Em Paulino Neves, a alta presença de gastrópodes pode estar ligada a essas condições. Na mesma perspectiva acontece em Barreirinhas e Santo Amaro.

O estudo sazonal apontou que a estação seca registrou maior abundância de espécimes em comparação ao período chuvoso; muito embora o teste ANOVA não tenha evidenciado diferença estatística significativa entre os períodos chuvosos e seco, a predominância de *Melanoides tuberculata* durante a estação de chuva e *Biomphalaria straminea* na baixa precipitação sugere que essas espécies possuem adaptações específicas aos ciclos hidrológicos regionais.

Sobre a distribuição geográfica, sazonalidade e valor estático da distribuição dos gastrópodes por estação, uma pesquisa realizada por Santos e Maia (2018), também evidenciou que a distribuição de gastrópodes límnicos em Acaraú, Ceará, também teve as condições específicas do meio como influenciadores na sua caracterização, além de não identificarem diferenças matemática [estatísticas] para riqueza e abundância dos moluscos entre corpos d'água.

A baixa prevalência de infecção por trematódeos nos gastrópodes avaliados, particularmente da espécie *Melanoides tuberculata* com cercarias da família Gmninocéfala, apontam um risco relativamente reduzido para ocorrência de doenças relacionadas. Todavia, o registro de *Schistosoma mansoni* em Santo Amaro merece

atenção, uma vez que esse helminto está associado a ocorrência de esquistossomose.

A intensidade média de infestação entre os gastrópodes infectados, embora moderada, enfatiza também potencialidade de algumas áreas em servirem como focos infecciosos sazonais, pois apesar de poucos os pontos de ocorrência de trematódeos associados, sua presença apresenta significado ambiental e epidemiológico para estudos parasitológicos e estacionais.

Sobre os achados, uma pesquisa realizada entre 2012 a 2014 por Cantanhede et al. (2014) no Maranhão, particularmente em 21 municípios da Baixada Maranhense, além de dois municípios vizinhos, apontou um número maior de tipos cercarianos que os encontrados na Região dos Lençóis Maranhenses, porém também registrando trematódeo *Schistosoma mansoni* em dois municípios (São Bento e São Vicente Férrer) como ocorrência.

Além disso, o mesmo estudo de Cantanhede et al. (2014), apontou que entre os 9.129 gastrópodes límnicos capturados e avaliados, a infecção por cercárias se mostrou infecções, tendo somente 69 positivos para trematódeos. Ainda nessa pesquisa, eles apontam que dos seus 990 exemplares de *Biomphalaria glabrata*, somente 0,1% possuía infecções por *Schistosoma mansoni*.

Um outro achado relevante foi a detecção de enterobactérias nas águas, que são encontradas no trato gastrointestinal humano, indicando a possibilidade de contaminação por fezes humanas nos locais de ocorrência dos gastrópodes (ANVISA 2004; CONAMA, 2005; NASCIMENTO e ARAUJO, 2013). Sobre isso, Gomes et al. (2018) notaram resultados parecidos em Pernambuco, onde 75% dos locais analisados continham coliformes fecais e *Escherichia coli*. A existência dessas bactérias é um indicador fundamental para possível cenário favorável de parasitas com relevância médica, como o *S. mansoni* (BRASIL, 2008; BARBOSA et al., 2017).

Em última análise, as informações mostraram que as características físico-químicas da água, tais como salinidade, temperatura, pH, turbidez, condutividade, oxigênio dissolvido e abundância de matéria orgânica, têm apresentado correlações importante na relação de riqueza e abundância dos gastrópodes encontrados, o que pode ser de balizados para reforçar as discussões ambientais atuais. Sobre a influência dos fatores abióticos na ocorrência de moluscos, outras pesquisas

ecológicas realizadas ratificam essa possível influência para diversidade gastropoda (BRASIL, 2008; BARBOSA e BARBOSA, 1994).

6. CONCLUSÃO

O presente estudo se mostra significativo para o conhecimento da malacofauna da Região dos Lençóis Maranhenses, tendo a identificação de 3.483 espécimes de gastrópodes, divididos em quatro famílias, além de suas interações parasitológicas e ecológicas. Os resultados apontam a predominância da espécie *Biomphalaria straminea*, seguida pela *Melanoides tuberculata*, bem como das correlações entre os moluscos, coliformes e fatores abióticos, evidenciando uma relação ecológica complexa entre os organismos estudados e seus respectivos ambientes.

Os resultados das interações parasitológicas (destacando a presença do *S. mansoni* entre as cercárias encontradas) e a associação dos gastrópodes com microrganismos patogênicos como *Salmonella typhi* e enterobactérias, destaca a relevância da correlação feita e demonstra a necessidade do monitoramento contínuo desses moluscos e seus ambientes. Ainda, os achados, do ponto de vista da saúde pública, podem auxiliar na implementação para medidas preventivas de doenças transmitidas por água contaminada por microrganismos e parasitos.

Por fim, a pesquisa ainda tende a ampliar a compreensão do dinamismo ecológico dos gastrópodes e suas interações com trematódeos, propiciando informações relevantes para o manejo de vetores e o controle de enfermidades como a esquistossomose. O estudo também pode colaborar para a conservação da biodiversidade regional e o desenvolvimento de políticas públicas ambientais mitigadoras sobre esses ecossistemas.

REFERÊNCIAS

ALONSO, A.; CASTRO-DÍEZ, P. What explains the invading success of the aquatic mud snail *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca)? *Hydrobiologia*, v. 614, p. 107–116, 2008.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Resolução nº 518, 25 de março de 2004. Brasília, 2004.

APHA (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC.

BARBOSA, F. S.; BARBOSA, C. S. The bioecology of snail vectors for schistosomiasis in Brazil. *Cad. Saúde Pública*, v. 10, n. 2, p. 200-209, abr./jun. 1994.

BARBOSA, V. S., LOYO, R. M., GUIMARÃES, R. J. de P. S. E., BARBOSA, C. S. The Geographic Information System applied to study schistosomiasis in Pernambuco. *Rev Saúde Pública* [Internet], 51:107, 2017. Available from: <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2017051000069>.

BORGES, D. L. et al. Influência das chuvas na população de moluscos límnicos transmissores da esquistossomose. *Caderno Pedagógico*, v. 20, n. 1, p. 164–182, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.54033/cadpedv20n1-009>. Acesso em: 09 fev. 2024.

BRASIL. IBAMA. Plano de Manejo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2003.

BRASIL. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. Plano de uso público: Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses. Brasília, DF: ICMBio, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/marinho/lista-de-ucs/parna-dos-lencois-maranhenses/copy_of_plano_uso_publico_pnlm.pdf. Acesso em: 12 nov. 2024.

BRASIL. M. S., Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Vigilância e controle de moluscos de importância epidemiológica: diretrizes técnicas: Programa de Vigilância e Controle da Esquistossomose (PCE) / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – 2. ed. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2008.

CANTANHEDE, Selma Patricia Diniz; FERNANDEZ, Monica Ammon; MATTOS, Aline Carvalho de; MONTRESOR, Lângia Colli; SILVA-SOUZA, Nêuton; THIENGO, Silvana Carvalho. Freshwater gastropods of the Baixada Maranhense Microregion, an endemic area for schistosomiasis in the State of Maranhão, Brazil: I - qualitative study. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 47, n. 1, p. 79-85, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0037-8682-0194-2013>. Acesso em: 12 nov. 2024.

CAMPOS, G. C. et al. Levantamento malacológico, identificação de moluscos e cercárias transmissoras de *Schistosoma mansoni* do município de Arcos-MG. *Revista Conexão Ciência*, v. 14, p. 37-46, 2019.

CARDOSO, P. et al. Genetic variability of Brazilian populations of *Lymnaea columella* (Gastropoda: Lymnaeidae), an intermediate host of *Fasciola hepatica*. *Acta Tropica*, v. 97, p. 339-345, 2006.

COELHO, P. Epidemiologia ambiental da esquistossomose em Alvorada de Minas, mesorregião metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais: caracterização populacional de *Biomphalaria* (Gastropoda: Planorbidae), distribuição geográfica e observações sobre infecções naturais. 2020.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2005.

CORREA, A. C. et al. Bridging gaps in the molecular phylogeny of the *Lymnaeidae* (Gastropoda: Pulmonata), vectors of *Fascioliasis*. *BMC Evolutionary Biology*, v. 10, n. 381, p. 1-12, 2010.

DEJONG, R.; EMERYTT.AM; ADEMAT, C. The mitochondrial genome of *Biomphalaria glabrata* (gastropoda: Basommatophora), intermediate host of *Schistosoma mansoni*. *The Journal of Parasitology*, v. 90, n. 5, p. 991-997, 2004.

DUDGEON, D. The life cycle, population dynamics and productivity of *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Prosobranchia: Thiaridae) in Hong Kong. *Journal of Zoology*, 208: 37-53, 1986.

FERNANDEZ, M. A.; THIENGO, S. C.; AMARAL, R. S. Técnicas malacológicas. In: R. S. AMARAL, S. C. THIENGO, O. S. PIERI (Org.). *Vigilância e Controle de Moluscos de Importância Médica: Diretrizes Técnicas*. MS, Ed. M da Saúde, Brasília, 2008; p. 43-70.

FERNANDEZ, M. A.; THIENGO, S. C.; BOAVENTURA, M. F. Gastrópodes límnicos do Campus de Manguinhos, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* [online], Rio de Janeiro, v. 34, n. 3, p. 279-282, jul./set. 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0037-86822001000300009>. Acesso em: 19 dez. 2023.

FERREIRA, R. B. et al. Moluscos: características gerais e importância ecológica. *Scientia Plena*, v. 17, n. 3, 2021. Disponível em: <http://www.scienciaplena.org.br/sp/article/view/3921/2317>. Acesso em: 29 abr. 2023.

GOMES, E. et al. Spatial risk analysis on occurrences and dispersal of *Biomphalaria straminea* in an endemic area for schistosomiasis. *Journal of Vector Borne Diseases*, v. 55, p. 208–214, 2018.

GOMES, E. C. de S. et al. Risk analysis for occurrences of schistosomiasis in the coastal area of Porto de Galinhas, Pernambuco, Brazil. *BMC Infectious Diseases*, v. 14, n. 1, p. 1-12, 2014.

GUIMARÃES, A. P. et al. Identificação dos locais de risco para transmissão de *Schistosoma mansoni* no município de Lagoa da Prata-MG. *Revista Conexão Ciência*, v. 16, p. 63-77, 2021.

JANNOTTI-PASSOS, L.; MAGALHÃES, K. C.; VIDIGAL, T. Multiplex PCR for both identification of Brazilian *Biomphalaria* species (Gastropoda: Planorbidae) and diagnosis of infection by *Schistosoma mansoni*. *The Journal of Parasitology*, v. 92, n. 2, p. 426-429, 2006.

LIMA, V. F. S. et al. Caracterização da esquistossomose mansônica e seus vetores em áreas de foco no estado de Sergipe, nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v. 14, n. 27, p. 30-40, 2018.

MELO, A. L. Formas larvais de trematódeos encontradas em moluscos límnicos. In: R. S. AMARAL, S. C. THIENGO, O. S. PIERI (Org.). *Vigilância e Controle de Moluscos de Importância Médica: Diretrizes Técnicas*. MS, Ed. MS, Brasília, p. 43-70, 2008.

MENDES, E. A.; LIMA, W. S.; MELO, A. L. Development of *Fasciola hepatica* in *Lymnaea columella* infected with miracidia derived from cattle and marmoset infections. *Journal of Helminthology*, v. 82, n. 1, p. 81-85, 2014.

OLIVEIRA, A. R.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, A. S. A. Investigação do ambiente e condições hídricas favoráveis à transmissão de esquistossomose. *Jornal da Saúde Pública*, v. 39, n. 3, p. 46-49, 2016.

PEREIRA, L. S. et al. Avaliação das taxas de infestação de *Biomphalaria* e *Aplexa* em áreas endêmicas de esquistossomose no estado da Bahia. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 21, n. 3, p. 268-276, 2012.

PONTES, L. A. et al. Aspectos epidemiológicos na neuroesquistossomose. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, v. 68, p. 72-75, 2010.

QUEIROZ, P. E. et al. Características e importância epidemiológica do gênero *Biomphalaria* no Brasil. *Revista Brasileira de Medicina Tropical*, v. 36, n. 5, p. 605-613, 2003.

RIBEIRO, L. L. et al. Factors influencing the epidemiology of schistosomiasis in Northeast Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 28, n. 2, p. 119-125, 2019.

ROCHA, G. M. et al. Malacologia: Identificação dos hospedeiros intermediários de moluscos de importância médica. *Jornal Brasileiro de Medicina*, v. 98, p. 233-239, 2017.

RODRIGUES, A. L.; GARCIA, J. A. Perfil malacológico de águas doces nas proximidades do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses. *Revista Brasileira de Limnologia*, v. 35, n. 3, p. 120-130, 2015.

RYDBERG, L. S. et al. *Biomphalaria glabrata* and its schistosome infection status: A survey of two different types of habitat in São Paulo, Brazil. *Acta Tropica*, v. 128, p. 46-50, 2013.

SILVA, C. M. et al. Moluscos de água doce no município de São João Nepomuceno, Minas Gerais: importância no ciclo de transmissão da esquistossomose. *Revista de Saúde Pública*, v. 34, p. 479-485, 2000.

SILVA, D. P. et al. Natural infection of *Biomphalaria* species in endemic areas of schistosomiasis in Maranhão, Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 47, n. 6, p. 719–723, 2014.

SILVA, M. I. et al. Diagnóstico molecular de trematodes de interesse veterinário, com enfoque na esquistossomose. *Revista de Parasitologia*, v. 13, n. 4, p. 318-324, 2019.

STEINER, M. P.; CARVALHO, S. A.; COSTA, M. T. *Biomphalaria* species in the study of schistosomiasis in Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia*, v. 15, n. 1, p. 35-44, 2017.

VAZ, L. et al. Distribuição de *Biomphalaria* em áreas de transmissão de esquistossomose no Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 18, n. 1, p. 106-120, 2015.

VIGILATO, M. et al. Estudo sobre a diversidade de moluscos límnicos e sua relação com as condições ambientais em áreas de focos de esquistossomose. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 19, n. 2, p. 45–52, 2017.

VIDAL, C. H. F. et al. Aspectos epidemiológicos na neuroesquistossomose. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, v. 68, p. 72-75, 2010.

ZACARIAS, L. et al. Monitoramento de *Biomphalaria* e *Lymnaea* em municípios endêmicos para esquistossomose no estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Saúde Pública*, v. 43, p. 56-60, 2015.

CAPÍTULO 3 - ARTIGO ORIGINAL

EPIDEMIOLOGIA DA ESQUISTOSSOMOSE MANSONI EM ÁREAS CIRCUNVIZINHAS AO PARQUE NACIONAL DOS LENÇÓIS MARANHENSES, BRASIL

EPIDEMIOLOGY OF MANSONI SCHISTOSOMIASIS IN AREAS SURROUNDING THE LENÇÓIS MARANHENSES NATIONAL PARK, BRAZIL

EPIDEMIOLOGÍA DE LA ESQUISTOSOMIASIS DE MANSONI EN ÁREAS ALREDEDORES DEL PARQUE NACIONAL LENÇÓIS MARANHENSES, BRASIL

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a série histórica de dados epidemiológicos da esquistossomose mansoni no município de Barreirinhas, Maranhão, compreendendo o intervalo de 2000 a 2019. Trata-se de um estudo ecológico exploratório, com enfoque nos seguintes aspectos: exames de fezes positivos para *Schistosoma mansoni*, local de procedência dos examinados e ano de realização do exame. As informações foram extraídas do Sistema de Informação do Programa de Controle da Esquistossomose (SISPCE) e submetidas a análises estáticas descritivas, por meio de frequência absoluta e frequência relativa, bem como cálculos das taxas de incidência e prevalência. No acumulado do período, foram notificados 576 exames positivos para esquistossomose mansoni, com maior frequência nos anos de 2005 (115 positivos), 2002 (61 casos) e 2001 (56 registrados). O gênero masculino se mostrou mais prevalente para esquistossomose e a faixa-etária de idade dos 15 aos 25 anos como a mais atingida. As notificações predominaram na zona rural, mas notou-se um avanço para as áreas periurbanas e urbanas. Esse resultado combina com a situação precária da infraestrutura de saneamento nos locais afetados e falta de educação em saúde. Sabendo que a esquistossomose é um problema de saúde pública, torna-se indispensável implementação de ações contínuas de monitoramento e investigação em áreas focais, bem como de educação em saúde por parte do poder público junto à população inserida no rol histórico de infecções.

Palavras-chave: Barreirinhas; *Schistosoma mansoni*; Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses.

Abstract

The present paper aimed to evaluate the historical series of epidemiological data on schistosomiasis mansoni in the municipality of Barreirinhas, Maranhão, covering the period from 2000 to 2019. This is an exploratory ecological study, focusing on the following aspects: positive stool tests for *Schistosoma mansoni*, place of origin of those examined and year of examination. The information was extracted from the

Schistosomiasis Control Program Information System (SISPCE) and subjected to descriptive static analysis, using absolute frequency and relative frequency, as well as calculations of incidence and prevalence rates. Over the period, 576 positive tests for schistosomiasis mansoni were reported, with greater frequency in 2005 (115 positives), 2002 (61 cases) and 2001 (56 registered). The male gender was more prevalent for schistosomiasis and the age group from 15 to 25 years old was the most affected. Notifications predominated in rural areas, but an increase was noted in peri-urban and urban areas. This result combines with the precarious situation of sanitation infrastructure in the affected locations and lack of health education. Knowing that schistosomiasis is a public health problem, it is essential to implement continuous monitoring and investigation actions in focal areas, as well as health education by public authorities among the population included in the historical list of infections.

Keywords: Barreirinhas; *Schistosoma mansoni*; Lençóis Maranhenses National Park.

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la serie histórica de datos epidemiológicos sobre schistosomiasis mansoni en el municipio de Barreirinhas, Maranhão, que abarca el período de 2000 a 2019. Se trata de un estudio ecológico exploratorio, centrándose en los siguientes aspectos: pruebas positivas en heces para *Schistosoma mansoni*, lugar de procedencia de los examinados y año de examen. La información fue extraída del Sistema de Información del Programa de Control de la Esquistosomiasis (SISPCE) y sometida a análisis estático descriptivo, utilizando frecuencia absoluta y frecuencia relativa, así como cálculos de tasas de incidencia y prevalencia. Durante el período, se notificaron 576 pruebas positivas de esquistosomiasis mansoni, con mayor frecuencia en 2005 (115 positivos), 2002 (61 casos) y 2001 (56 registrados). El género masculino fue más prevalente para la esquistosomiasis y el grupo etario de 15 a 25 años fue el más afectado. Las notificaciones predominaron en las zonas rurales, pero se observó un aumento en las zonas periurbanas y urbanas. Este resultado se combina con la precaria situación de la infraestructura de saneamiento en las localidades afectadas y la falta de educación sanitaria. Sabiendo que la esquistosomiasis es un problema de salud pública, es fundamental implementar acciones continuas de monitoreo e investigación en áreas focales, así como educación en salud por parte de las autoridades públicas entre la población incluida en el listado histórico de infecciones.

Palabras clave: Barreirinhas; *Schistosoma mansoni*; Parque Nacional Lençóis Maranhenses.

1. INTRODUÇÃO

A esquistossomose mansoni, também conhecida como xistose ou barriga d'água, é uma doença causada pelo helminto trematódeo *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907, do qual possui dois hospedeiros, um intermediário — caramujos do gênero *Biomphalaria* - e outro definitivo — o ser humano e outros mamíferos (BRASIL, 2014). Esta enfermidade é considerada de grande relevância no Brasil, visto que entre 2009-2019 ocasionou mais de 423 mil notificações, e média de 294 internações e 490 mortes, no período de 2009 a 2013 (BRASIL, 2017; BRASIL, 2021).

O primeiro caso humano de esquistossomose mansoni no Brasil foi detectado no início do século XX, na Bahia, por Pirajá da Silva em 1908 (BRASIL, 2014). Mas sua origem é mais antiga, para tanto há relato de que foi introduzida no estado do Maranhão desde o século XVI, por meio de escravos oriundos da Angola e Guiné. Nessa época, a mão de obra escrava era fixada em fazendas do litoral e da baixada maranhense para trabalhar no cultivo de algodão, arroz, mandioca e cana-de-açúcar (CUTRIM e COURA, 1992).

Além disso, somente no ano de 1920, foram detectados (registrados) os primeiros casos da doença no Maranhão, notadamente na zona litorânea, incluindo os municípios de Cururupu e São Luís (FERREIRA et al., 1998). Mais tarde, em 1950, o inquérito helmintológico nacional revelou uma prevalência de esquistossomose em torno de 0,86 % no Maranhão. Novamente os municípios da região ocidental do Estado, eram os mais afetados, incluindo Cururupu (litoral), bem como, São Bento (baixada), com prevalência superior a 4%, e a transmissão da doença foi considerada autóctone nessa região (CUTRIM et al., 1998).

Atualmente, a doença também incide na região oriental do estado, incluindo Barreirinhas, Tutóia, Araioses e São Bernardo (CARVALHO et al., 2008; SANTOS e MELO, 2011). No cenário enfatizado, aponta-se, de forma específica, uma importante região mundialmente conhecida, a Microrregião dos Lençóis Maranhenses, por constituir um importante polo turístico. Neste ponto de desenvolvimento, destaca-se particularmente o município de Barreirinhas, por representar a porta de entrada aos Lençóis Maranhenses e, ao mesmo tempo, apresentar notória deficiência de saneamento básico entre sua população e histórico endêmico para esquistossomose (BRASIL, 2017; BRASIL, 2024).

Neste contexto, um estudo retrospectivo a respeito da ocorrência dessa enfermidade fez-se necessário, tendo em vista que constitui um problema grave de saúde pública e por ser um tema, muitas vezes, negligenciado pelo próprio poder público e população em geral, sobretudo, numa região que recebe, todos os anos, milhares de visitantes do mundo inteiro.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a série histórica de dados epidemiológicos da esquistossomose mansoni no município de Barreirinhas, Maranhão, no intervalo de 2000 a 2019. A pergunta central que buscamos responder foi: Como se comportam a positividade, a distribuição geográfica, a prevalência, a incidência, a sazonalidade e o perfil social (gênero/idade) dos casos de esquistossomose mansoni nas diferentes localidades do município ao longo desse período?

A relevância deste estudo reside na necessidade de compreender o padrão epidemiológico da doença em uma região endêmica, o que permitirá o desenvolvimento de estratégias mais direcionadas de prevenção, controle e alocação de recursos para intervenções de saúde pública, contribuindo diretamente para a redução da carga da doença e mitigação de seus impactos na população local.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Desenho do estudo. Trata-se de um estudo ecológico exploratório, com enfoques quantitativos e qualitativos, utilizando dados secundários extraídos do Sistema de Informação do Programa de Controle da Esquistossomose (SISPCE). O recorte temporal para esta pesquisa foi de 2000 a 2019, período mínimo e máximo oportunizado pela base para encontro de informações sobre a esquistossomose mansoni. Por se tratar de levantamento de informações secundárias, este estudo não necessitou de submissão em Comitê de Ética em Pesquisa, tendo em vista a Resolução n.º 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

Local do estudo. O município de Barreirinhas está localizado a 272 quilômetros a leste da capital maranhense, e a aproximadamente 30 quilômetros da costa, sob as seguintes coordenadas geográficas: latitude 2º45'12"S e longitude 42º49'33"O. O município situa-se na Mesorregião do Norte do Maranhão, e na

Microrregião da Baixada Oriental Maranhense ou Microrregião dos Lençóis Maranhenses (IBGE, 2022).

A região do município de Barreirinhas é caracterizada pelo clima tropical subúmido seco, com temperatura média anual de 26 °C, índice pluviométrico varia entre 1200mm e 2000mm. Nele, pode-se distinguir duas estações bem definidas: uma chuvosa, que vai de janeiro a julho, e outra seca, de agosto a dezembro (IBGE, 2022).

Análise estatística. Os resultados foram apresentados por meio de medidas de tendência central e dispersão para as variáveis quantitativas. A prevalência foi calculada, sendo a taxa de prevalência (P) a razão entre o número de pacientes positivos e o total de indivíduos testados em cada localidade, sendo o resultado multiplicado por 100 mil habitantes. Calculou-se as taxas de incidência para os casos de esquistossomose, onde o número dos positivados novos foi dividido pela população do município de Barreirinhas, sendo o resultado multiplicado por 100 mil habitantes.

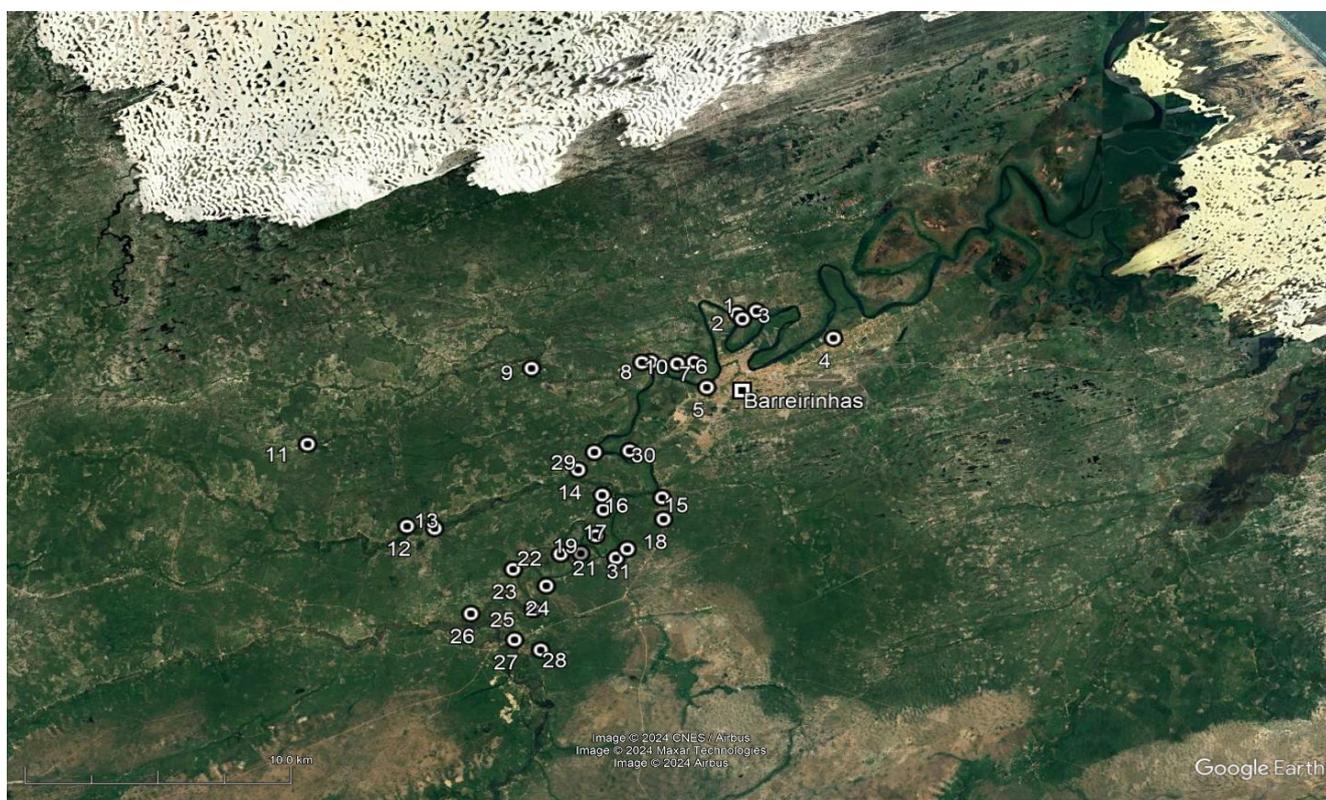
Os dados dos Censos Demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foram aplicados para os cálculos das taxas de prevalência e incidência, sendo o levantamento de 2000 enfatizado nos anos de 2000 a 2009 e as informações de 2010 para 2010 até 2019. Para os cálculos aplicados à incidência por localidades (povoados e áreas urbanas), usou-se o levantamento de 2010 como base, tendo em vista a ausência de informações populacionais por ponto analisado.

Outrossim, foi realizada uma análise de regressão linear simples com o número de casos novos atuando como variável dependente e os anos como variável independente, com a avaliação do ajuste do modelo realizada por meio do coeficiente R^2 . No todo, as análises estatísticas foram realizadas no Microsoft Office Excel® 2016, tendo nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS

Distribuição geográfica. No total, 31 localidades foram monitoradas no município de Barreirinhas ao longo dos anos de 2000 a 2019, sendo que 12 (Amapá - Rural, Anibal, Barreirinhas, Boa Vista, Carnaubeira, Chapadinha, Itápera, Lontra, Quebra, Santa Maria, Santa Rita, São Roque) positivaram para esquistossomose em algum momento (Figura 1).

Figura 1 - Localidades participantes dos inquéritos coprocópicos para *Schistosoma mansoni*, no município de Barreirinhas, de 2000 a 2019.



1.Fontinha, 2. Cantinho, 3. Barreiros, 4. Boa Vista, 5. Amapá 1, 6. Amapá rural, 7. Dendê, 8.Carnaubeira, 9.Massangano, 10.Ladeira rural, 11.Aníbal, 12.Engenho, 13.Santa Maria, 14.São Pedro, 15.Santa Cruz, 16.Quebra, 17.Lontra, 18.Moia, 19.Chapadinha, 20. Barreira Velha, 21. Bacuri, 22. Cajazal, 23. Vigia, 24. Recanto, 25.Alto Bonito, 26.Bonito, 27.Sobradinho, 28.São Roque, 29.Santa Rita, 30.Itápera, 31.Faveiro. Fonte: Google Earth, 2022.

Taxa de positividade. Durante o período de estudo foram realizados 33.096 exames, resultando positivos 576, obtendo uma taxa de positividade de 1,74%. Desses exames, 417 eram oriundos da zona urbana, resultando 2 positivos e taxa de positividade de 0,48%. Na área periurbana foram 1.353 exames e nenhum resultou positivo. O restante, 31.326 exames realizados em suspeitos da zona rural, 574 resultaram positivos com uma taxa de positividade de 1,83% (Tabela 1).

O povoado do Amapá (rural) apresentou a maior concentração em testes positivos para doença, seguido dos povoados Ladeira, Santa Maria e São Pedro. A mais endêmica para esquistossomose foi a localidade de São Pedro, conforme demonstra a Tabela 1.

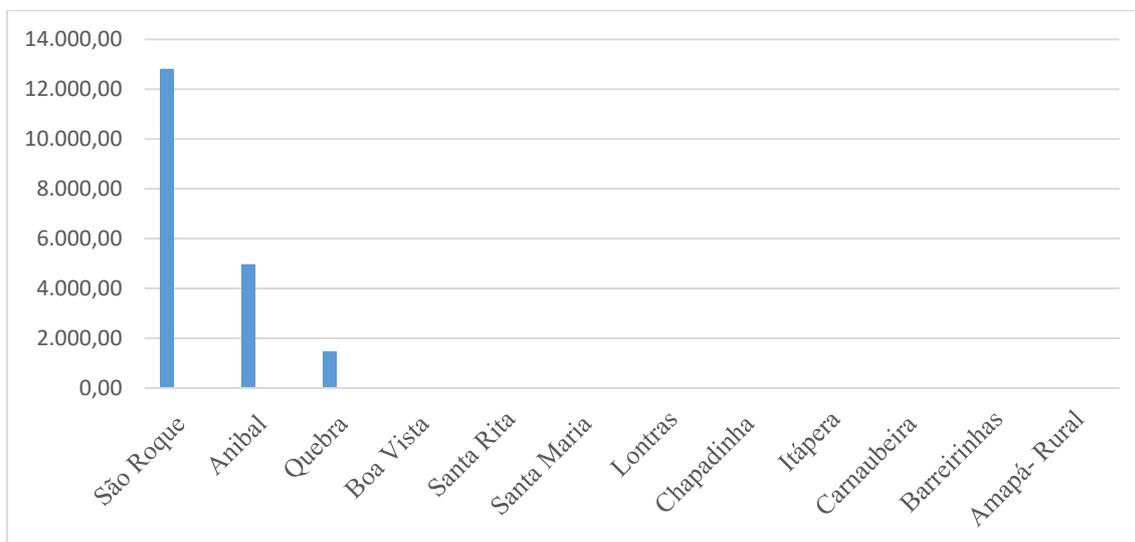
Tabela 1 - Localidades participantes dos inquéritos coproscópicos em Barreirinhas, no período de 2000 a 2019

Localidades	Zona de Residência	Exames		
		Realizados	Positivos	Taxa (%)
Sede municipal	Urbana	417	2	0,48
Amapá 1	Periurbana	1.353	0	0
Alto Bonito	Rural	164	0	0
Amapá Rural	Rural	7.599	105	1,38
Aníbal	Rural	201	10	4,98
Bacuri	Rural	102	0	0
Barreira Velha	Rural	401	0	0
Barreiros	Rural	702	0	0
Boa Vista	Rural	2.456	94	3,83
Bonito	Rural	103	0	0
Cajazal	Rural	401	0	0
Carnaubeira	Rural	1.398	20	1,43
Chapadinha	Rural	437	3	0,69
Dendê	Rural	61	0	0
Engenho	Rural	764	0	0
Faveira	Rural	11	0	0
Fontinha	Rural	192	0	0
Itápera	Rural	535	1	0,19
Ladeira	Rural	3.141	35	1,11
Lontra	Rural	358	2	0,56
Massangano	Rural	241	0	0
Moia	Rural	178	0	0
Quebra	Rural	1.288	19	1,48
Recanto	Rural	190	0	0
Santa Cruz	Rural	206	0	0
Santa Maria	Rural	3.463	40	1,16
Santa Rita	Rural	2.779	69	2,48
São Pedro	Rural	2.957	135	4,56
São Roque	Rural	312	40	12,8
Sobradinho	Rural	83	0	0
Vigia	Rural	603	1	0,17
Total		33.096	576	1,74

Fonte: autores do artigo, 2024.

Taxas de prevalência entre as localidades positivas para esquistossomose. O Povoado São Roque se destacou com a maior taxa (12.820,5), seguido de Anibal (4.975), Quebra (1.470,6), Boa Vista (3.82), Santa Rita (248.7), Santa Maria (115.4), Lontra (558.4), Chapadinha (686.3), Itápera (186.4), Carnaubeira (1.43), Barreirinhas (478.4) e Amapá - Rural (1.38) (Figura 2).

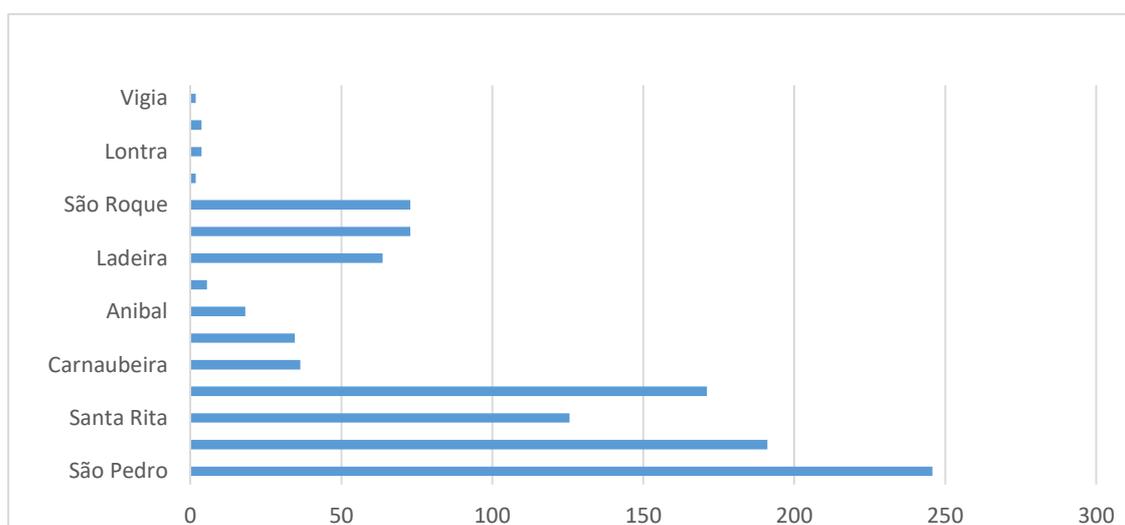
Figura 2 - Taxa de Prevalência para Esquistossomose por 100 mil habitantes nas diferentes localidades positivas



Fonte: autores do artigo, 2024.

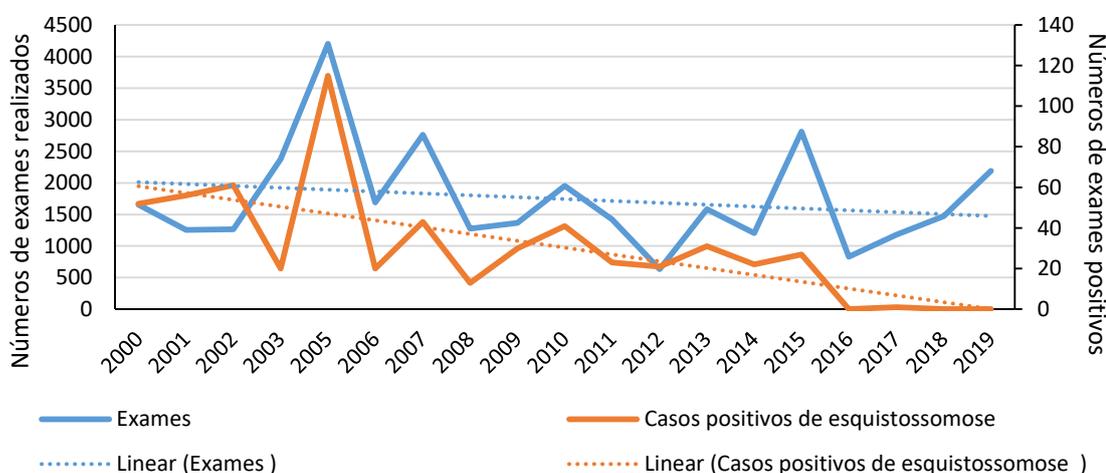
Taxas de incidência entre as comunidades. Neste ponto, para ordem de incidência se destaca as localidades São Pedro (245,77), Amapá - Rural (191,15), Santa Rita (125,61), Boa Vista (171,13), Carnaubeira (36,41), Quebra (34,59), Anibal (18,20), Chapadinha (5,46), Ladeira (63,72), Santa Maria (72,82), São Roque (72,82), Itápera (1,82), Lontra (3,64), Barreirinhas (3,64), Vigia (1,82), conforme se observa na Figura 3.

Figura 3 - Taxa de incidência para Esquistossomose por 100 mil habitantes nas localidades positivas



Distribuição temporal de exames realizados e positivos. Os números de exames realizados e positivos variaram ao longo do período de estudo. O maior número de exames realizados e positivos foram registrados no ano de 2005, com 4.200 testes realizados e 115 confirmações da doença, enquanto 2012 é apresentado como período com menor realização de exames (632) e 21 casos detectados. Observa-se que a partir de 2005 houve uma tendência de diminuição tanto de exames realizados como de casos positivos (Figura 4). A média anual de positivos detectados ficou em $30,31 \pm 27,75$

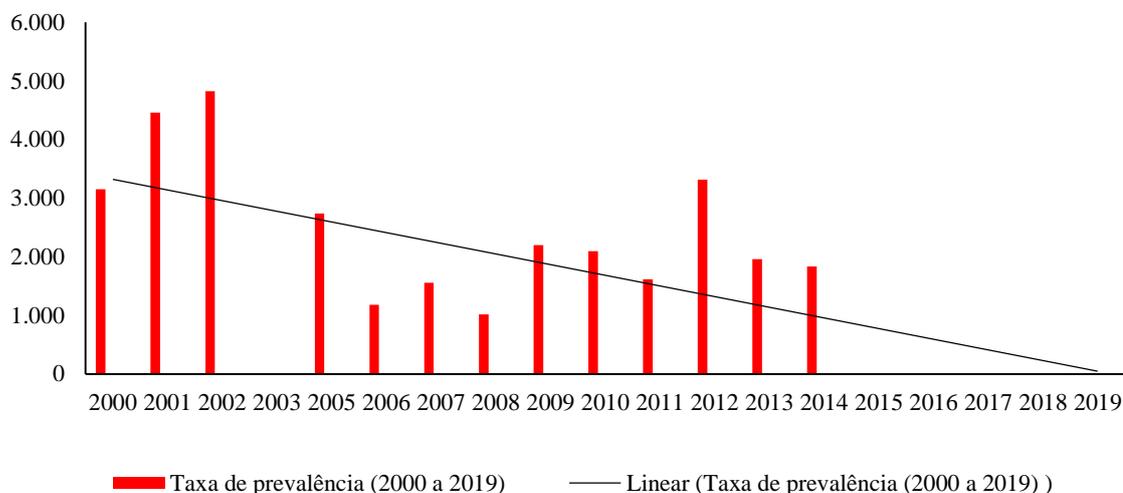
Figura 4 - Série histórica da esquistossomose mansoni em Barreirinhas (2000 a 2019)



Fonte: autores do artigo, 2024.

Taxas de prevalência anuais. Os anos de 2002 e 2001 se destacam com suas prevalências de 4,827 e 4,462, respectivamente, sendo os mais expressivos na série histórica. Em contraste, 2017 apresentou apenas 0,085 de resultado, seguido de 2016, 2018 e 2019, que não pontuaram em virtude da ausência de casos positivos, apesar da realização de exames entre a população de Barreirinhas (Figura 5).

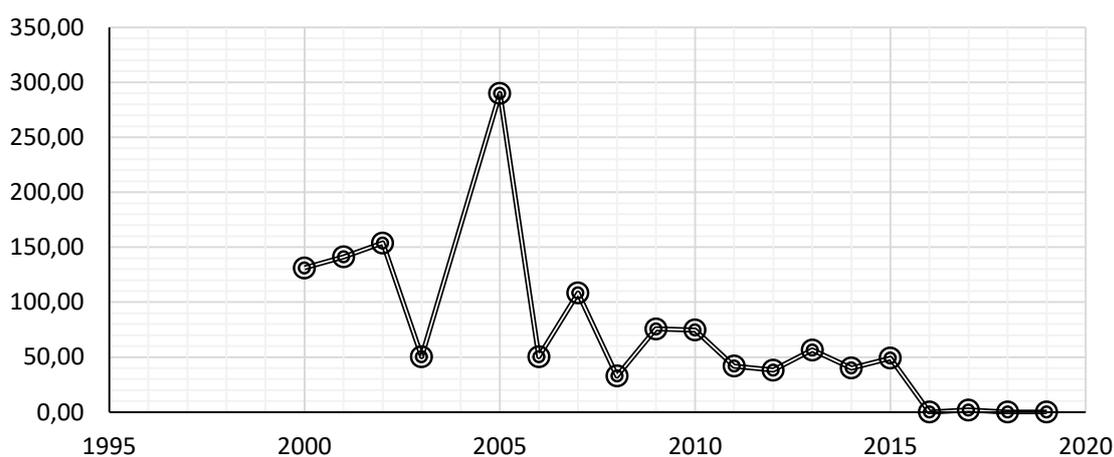
Figura 5 - Taxa anual de prevalência para Esquistossomose por 100 mil habitantes no município de Barreirinhas entre 2000 a 2019



Fonte: autores do artigo, 2024.

Incidência temporal dos casos de esquistossomose. Ao longo dos 19 anos analisados, em especial no ano de 2005, pôde-se observar a maior taxa de incidência, 289,90. Enquanto, que no ano de 2017 mostrou-se o menos expressivo, com apenas 1,82, seguido de 2016, 2018 e 2019 com resultado zero para referido aspecto avaliado (Figura 6).

Figura 6 - Taxa anual de incidência para esquistossomose por 100 Mil habitantes no município de Barreirinhas entre 2000 a 2019



Fonte: autores do artigo, 2024.

Perfil socioeconômico. Em relação à faixa-etária de idade mais positiva para esquistossomose, os jovens de 15 a 25 anos apresentaram maior representatividade (164 diagnósticos), seguido dos 26 a 45 anos (158 registros). O gênero mais endêmico expressou-se no masculino, tendo 372 diagnósticos para *S. mansoni*, conforme tabela 2.

Tabela 2 - Idades e gêneros dos diagnosticados para esquistossomose no município de Barreirinhas de 2000 a 2019

Idade	Positivos para esquistossomose	Gênero		
		Masculino	Feminino	Sem definição de gênero
< 2	4	1	3	0
2 a 6	39	20	19	0
7 a 9	41	22	19	0
10 a 14	73	37	36	0
15 a 25	164	115	49	0
26 a 45	158	115	43	0
> = 46	96	62	34	0
Sem definição de idade	1	0	0	1
Total	576	372	203	1

Fonte: autores do artigo, 2024.

4. DISCUSSÃO

Os nossos achados indicaram que a esquistossomose continua endêmica em Barreirinhas, predominando principalmente nas regiões rurais e próximas ao Rio Preguiças. Esta distribuição geográfica alinha-se com pesquisas anteriores que indicam a prevalência da doença em áreas com condições ambientais propícias à presença do caramujo vetor, conforme ressaltado no estudo de Cantanhede et al. (2014) em seu estudo na Baixada Maranhense. A existência de áreas inundadas e a prática agrícola nas áreas impactadas reforçam a noção de que elementos socioeconômicos e ambientais desempenham um papel crucial na manutenção do ciclo de transmissão do *Schistosoma mansoni*.

Os achados indicaram uma taxa de positividade de 1,74% nos testes conduzidos, com uma concentração considerável de casos na área rural. Esta circunstância espelha o que se constatou em outras pesquisas, que apontam que a esquistossomose é majoritariamente uma enfermidade rural, frequentemente ligada à ausência de saneamento básico e água potável (MARTINS, 2019; GUEDES e CUNHA, 2012; BRASIL, 2021). A existência de serviços de saúde insuficientes, como destacado por Brasil (2021), intensifica a fragilidade dessas comunidades, onde a intervenção é fundamental para diminuir as taxas de infecções.

Os dados sugerem um declínio nos casos positivos desde 2006. No entanto, essa diminuição pode ser vista como um resultado de múltiplos fatores, como aprimoramentos na detecção e notificação de casos e medidas de saúde pública focadas, como demonstrado por Fernandes (2014). É relevante destacar que a progressão da esquistossomose para formas crônicas pode levar a subdiagnósticos, uma vez que muitos pacientes procuram ajuda médica apenas em fases mais avançadas da enfermidade.

Ademais, nossos achados apontaram uma predominância do sexo masculino entre os casos positivos, particularmente nas idades de 15 a 25 anos e 26 a 45 anos. Esta tendência é consistente com pesquisas anteriores que vinculam a exposição laboral dos homens a tarefas que os expõem a ambientes infecciosos (CARNEIRO et al., 2022). A ausência de estratégias de saúde voltadas especificamente para os homens, frequentemente ignorados em programas de prevenção, pode estar contribuindo para essa desigualdade (GOMES et al., 2016).

Por fim, confirmando nossas descobertas, torna-se clara a urgência de ações em saúde pública e saneamento básico em Barreirinhas, particularmente nas regiões rurais. Conforme sugerido por Saucha et al. (2015), as políticas públicas devem focar em ampliar o acesso à água tratada e a sistemas de esgoto apropriados. O entendimento restrito do público sobre o ciclo da esquistossomose ressalta a relevância de programas de educação em saúde, que podem contribuir para amenizar os impactos da enfermidade. Assim, para um controle eficaz da esquistossomose em Barreirinhas, assim como em outras regiões endêmicas do Maranhão, é crucial que as medidas sejam amplas e inclusivas, envolvendo a comunidade na procura por soluções sustentáveis.

5. CONCLUSÃO

Este estudo mostrou que a maior parte dos casos de esquistossomose ocorreu em zonas rurais, especialmente nas proximidades do Rio Preguiças, indicando uma possível influência de fatores ambientais na propagação da doença. Além disso, a taxa de positividade de 1,74% para esquistossomose em Barreirinhas, apesar de parecer baixa em termos absolutos, representa uma grande preocupação em termos epidemiológicos, uma vez que pode sinalizar a continuidade da doença e a demanda por monitoramento constante, especialmente em regiões endêmicas.

O ano de 2002 registrou a maior prevalência, enquanto 2005 registrou a maior incidência. Apesar de as taxas de incidência e prevalência terem se mantido inalteradas entre 2011 e 2016, observou-se uma redução significativa nos casos de 2016 a 2019, com a falta de notificações em 2017, 2018 e 2019. A faixa etária de 15 a 25 anos foi a mais afetada, acompanhando uma tendência observada tanto no estado quanto no país.

Por fim, para controlar e possivelmente eliminar a esquistossomose em Barreirinhas, é crucial que as medidas de saúde estejam aliadas a políticas governamentais que assegurem acesso a água limpa, saneamento básico apropriado e programas de educação sanitária, fomentando assim uma transformação relevante na saúde da comunidade local. É essencial conduzir pesquisas futuras para acompanhar a progressão da doença e a efetividade das medidas implementadas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Barreirinhas: População. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/barreirinhas/panorama>. Acesso em: 26 jan. 2024.

BRASIL. Instituto de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Brasília (DF): IBGE; 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/30/84366?ano=2017>. Acesso em: 2 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde (FIOCRUZ). Análise de Situação em Clima e Saúde. Rio de Janeiro (RJ): FIOCRUZ; 2017. 83 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS: Programa de Controle a Esquistossomose - Maranhão. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2024. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sinan/pce/cnv/pceMA.def>. Acesso em: 12 fev. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Esquistossomose. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/e/esquistossomose-1>. Acesso em: 22 maio 2022.

BRASIL. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Esquistossomose permanece endêmica em regiões do Brasil pela falta de saneamento básico. Rio de Janeiro (RJ), 2021. Disponível em: <https://informe.ensp.fiocruz.br/noticias/52012#:~:text=Esquistossomose%20permanece%20end%C3%AAmica%20em%20regi%C3%B5es%20do%20Brasil%20pela%20falta%20de%20saneamento%20b%C3%A1sicoPublicado%20em%3A25&text=Contato%20com%20%C3%A1guas%20contaminadas%2C%20pessoas,causada%20pelo%20parasita%20Schistosoma%20mansoni>. Acesso em: 7 maio 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Vigilância da Esquistossomose Mansoní: diretrizes técnicas. 4. ed. Brasília (DF): Ministério da Saúde, 2014. 144 p. : il.

CANTANHEDE, Selma Patricia Diniz; FERNANDEZ, Monica Ammon; MATTOS, Aline Carvalho de; MONTRESOR, Lângia Colli; SILVA-SOUZA, Nêuton; THIENGO, Silvana Carvalho. Freshwater gastropods of the Baixada Maranhense Microregion, an endemic area for schistosomiasis in the State of Maranhão, Brazil: I - qualitative study. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 47, n. 1, p. 79-85, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0037-8682-0194-2013>. Acesso em: 12 nov. 2024.

Carneiro, K.J.S.G.; Carneiro, K.S.G.; Carneiro, C.S.C. Esquistossomose mansônica como doença profissional: a importância de estabelecer onexo. *Saúde Soc.*, São Paulo, 2022;31(4).

Carvalho, O.S.; Amaral, R.S.; Dutra, L.V.; Scholte, R.G.; Guerra, M.A. Distribuição espacial de *Biomphalaria glabrata*, *B. straminea* e *B. tenagophila* hospedeiros intermediários do *Schistosoma mansoni* no Brasil. In: Carvalho, O.S.; Coelho, P.M.Z.; Lenzi, H.L. (Eds.). *Schistosoma mansoni* e esquistossomose: uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2008. p. 395.

Cutrim, R.M.N.; Chieffi, P.P.; Moraes, J.C. Schistosomiasis mansoni in the "Baixada Ocidental Maranhense", state of Maranhão, Brazil: Cross-sectional studies performed in 1987 and 1993. *Rev Inst Med Trop São Paulo*, v. 40, n. 3, 1998.

Cutrim, R.N.M.; Coura, J.R. Schistosomiasis mansoni in three localities of western lowland of the state of Maranhão before and after mass treatments. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, v. 87, n. 4, p. 555-558, 1992.

Fernandes, O.S. Estudo da esquistossomose mansônica nas Regionais de Saúde no estado do Maranhão, 2007 a 2011. (Dissertação) Mestrado em Saúde Pública - Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 2014.

Ferreira, L.A.; Lima, F.L.; Anjos, M.R.; Costa, J.M.L. Forma tumoral encefálica esquistossomótica: apresentação de um caso tratado cirurgicamente. *Rev Soc Bras Med Trop*, v. 31, n. 1, p. 89-93, 1998.

Gomes, A.C.L. et al. Prevalência e carga parasitária da esquistossomose mansônica antes e depois do tratamento coletivo em Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. *Epidemiol Serv Saúde*, v. 25, n. 2, p. 243-50, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742016000200006>. Acesso em: 14 jul. 2024.

Guedes, S.A.G.; Cunha, L.D.A. Prevalência de esquistossomose mansônica na cidade de Nossa Senhora do Socorro, Sergipe, 2001-2006. *Ideias Inovação-Lato Sensu*, Aracaju, v. 1, n. 1, p. 41-48, 2012.

Martins, F.L. et al. Fatores de risco e possíveis causas de esquistossomose. *Rev Saúde Foco*, v. 11, p. 396-444, 2019.

Santos, A.M.; Melo, A.C.F.L. Prevalência da esquistossomose num povoado do Município de Tutóia, Estado do Maranhão. *Rev Soc Bras Med Trop*, v. 44, n. 3, p. 343-45, 2011.

Saucha, C.V.V.; Silva, J.A.M.; Amorim, L.B. Condições de saneamento básico em áreas hiperendêmicas para esquistossomose no estado de Pernambuco em 2012. *Epidemiol Serv Saúde*, v. 24, n. 3, p. 397-406, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742015000300010>. Acesso em: 7 maio 2024.

Schall, V.T. Esquistossomose mansônica: aspectos históricos e mudanças nas estratégias de controle no Brasil. *Rev Bras Epidemiol*, v. 7, n. 4, p. 449-63, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2004000400007>. Acesso em: 14 jul. 2024.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Optou-se por estudar a riqueza e abundância das comunidades de gastrópodes e trematódeos associados na região dos Lençóis Maranhenses, pela razão do assunto está ainda muito incipiente de informações entre os trabalhos acadêmicos, pelo menos de forma detalhada ou pontual referente aos municípios de Santo Amaro do Maranhão, Barreirinhas e Paulino Neves ligados diretamente à Unidade de Conservação Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, apesar dos casos relacionados a esquistossomose que existem no território e do vasto ecossistema predominante e conservado.

Para fins de delimitação do estudo, estabeleceu-se como objetivo geral de pesquisa, conhecer a fauna de gastrópodes e trematódeos e suas interações na região de entorno dos Lençóis Maranhenses, ponto esse atendido, vez que os resultados conseguiram demonstrar, explicitamente, a existência de distintas espécies de gastrópodes, bem como das famílias cercarianas circulantes entre os moluscos analisados.

Visando especificar ainda mais os objetivos desta dissertação, elencou-se cinco objetivos específicos, quais sejam: I - Determinar a riqueza e abundância das espécies de gastrópodes e trematódeos em diferentes ecossistemas; II - Analisar a distribuição sazonal de gastrópodes e trematódeos; III - Estudar a distribuição de gastrópodes e trematódeos no espaço geográfico em tela; IV - Avaliar os parâmetros microbiológicos e físico-químicos dos ambientes hídricos estudados; V- Mapear as áreas de importância ecológica e epidemiológica na região em estudo.

O primeiro objetivo específico foi alcançado, visto que por meio dele se conseguiu evidenciar as taxas de riqueza e abundância dos animais estudados, sendo a primeira relativamente baixa, com apenas cinco táxons (*Biomphalaria straminea*, *Drepanotrema lucidum*, *Melanoides tuberculata*, *Pomacea spp.* e *Physa spp.*), destacando a espécie *B. straminea* como a mais abundante.

Ademais, os gêneros e espécies de gastrópodes descritos neste estudo são inéditos para área, o que torna esta pesquisa como o primeiro registro científico referente para Região dos Lençóis Maranhenses. Também pode-se apontar como inédito, o relato da espécie *Melanoides tuberculata* em ambientes do Maranhão, tendo em vista não haver literatura registrada sobre referido fato.

Sobre os trematódeos, foram encontrados, associados aos gastrópodes, táxons de quatro famílias cercarianas, a citar Gmninocéfala, Xifidiocercária, Pleurolofocerca e Oftalmoxifidiocercária, além de indivíduos da espécie *S. mansoni*. A média de abundância, se mostrou relativamente baixa, com número de 0.086, evidenciando que as interações são eventos raros, porém a intensidade de infestação no valor de 25 se mostra alta, e tendo o agente etiológico da esquistossomose presente, servindo de alertas para a vigilância da saúde pública.

O segundo objetivo, foi alcançado, tendo em vista que foi possível demonstrar o período seco como o mais abundante para gastrópode, a nível de comparativo número, porém do ponto de vista estatístico (teste ANOVA), essa questão não se mostrou relevante e significativo, considerando os F-valor de 1,417 e um P-valor de 0,249. Ainda, o terceiro também se contemplou, demonstrando a distribuição geográfica de *Biomphalaria straminea*, *Melanoides tuberculata* e *Pomacea spp* nos três municípios estudados, além de *Drepanotrema lucidum* e *Physa spp.* em Barreirinhas.

No quarto objetivo, logrou-se êxito, tendo em vista que foram encontrados coliforme totais e termotolerantes de importância médica nos locais de presença de gastrópodes, inclusive correlacionando-se com esses moluscos, com destaque para *Salmonella typhi* e *B. straminea*. Com os fatores abióticos, *Biomphalaria straminea*, *Pomacea ssp.*, *Physa spp.* e *Melanoides tuberculata* apresentaram correlação, respectivamente, com TDS, condutividade, salinidade e Oxigênio dissolvido, condutividade e pH e condutividade, demonstrando que esses fatores podem favorecer possível manutenção de sobrevivência.

Por fim, o último objetivo foi contemplado, onde se evidenciou que a região dos Lençóis Maranhenses apresenta grupos de gastrópodes e trematódeos de significância ecológica e epidemiológica, como *Biomphalaria straminea* e *Melanoides tuberculata* acontecendo nos três municípios problematizados, destacando o primeiro como importante para saúde pública e o segundo por possuir *status* de molusco exótico. Sobre os helmintos, a família Gmninocéfala ganhou destaque em todas os municípios, além da presença confirmada de *S. mansoni* em Santo Amaro do Maranhão.

Ato contínuo, por mais que este estudo tenha conseguido alcançar seus objetivos pretendidos, ele obteve certas limitações, como por exemplo, a não identificação molecular dos gastrópodes e trematódeos, limitando-se somente aos métodos morfológicos, o que não possibilitou, em alguns casos, a definição, até o nível de espécie, de alguns moluscos (*Pomacea ssp.* e *Physa spp.*) e helmintos (somente até a família cercariana).

Tendo por base o até aqui estudado e apresentado, ainda se faz necessário outras pesquisas continuativas sobre a temática e problemática aqui enfatizados, a fim de ampliar ainda mais a discussão sobre riqueza e abundância dos gastrópodes e trematódeos na Região dos Lençóis Maranhenses, em especial quando essas estiverem ligadas às questões de saúde pública e qualidade ambiental.

Ademais, recomenda-se que o poder público de Barreirinhas e seus agentes ao tomar conhecimento das constatações aqui apontadas e possam refletir acerca das seguintes recomendações:

- Fortalecimento e ampliação das políticas de saneamento básico entre a população moradora dos municípios, especial entre aquelas mais distantes dos centros urbanos e com pouca assistência;
- Monitoramento de corpos hídricos dos municípios da região, em especial com a verificação da presença e quantidade de gastrópodes, bem como associações com trematódeos, além de avaliações microbiológicas e físico-químicas;
- Realização continuadas de exames parasitológicos, segundo parâmetros do Ministério da Saúde, para esquistossomose entre os moradores próximos de corpos hídricos com presença de *Biomphalaria ssp.* e com histórico da doença;
- Treinamentos e cursos para profissionais de saúde nos níveis de atenção primária (médicos, enfermeiros, técnicos de enfermagem e agentes comunitários de saúde e combate às endemias) e alta complexidade.
- Ações de educação em saúde para moradores dos municípios, através dos agentes comunitários de saúde e de combate às endemias;
- Divulgações de achados sobre gastrópodes e trematódeos à população em geral, inclusive visitantes, comunidade acadêmica e profissionais de saúde;
- Realização de seminários e audiência públicas sobre o tema gastrópodes e trematódeos no contexto da biodiversidade e significância para saúde pública.

Diante do exposto, ressaltando-se a importância dos aspectos abordados e recomendados, acredita-se que o processo monitoramento da biodiversidade com significância ecológica e epidemiológica poderão ser mais significativos, factuais, ativos e próximo daquilo que tanto se almeja dentro dos processos de preservação e conservação ambiental e qualidade de vida.

ANEXOS

Comprovante de submissão de artigo à revista

[ICSA] Agradecimento pela submissão ▶ Caixa de entrada x



Dra. Cláudia Moura de Melo via Periódicos Grupo Tiradentes <pen-bounces@emnuvens.com.br>
para mim ▼

seg., 12 de ago., 19:32 ☆ ☺ ↶ ⋮

Breno Nunes Costa,

Agradecemos a submissão do seu artigo "EPIDEMIOLOGIA DA ESQUISTOSSOMOSE MANSONI EM ÁREAS CIRCUNVIZINHAS AO PARQUE NACIONAL DOS LENÇÓIS MARANHENSES, BRASIL" para a revista Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando acessar o sistema disponível em:

URL do Manuscrito: <https://periodicos.set.edu.br/saude/authorDashboard/submission/12380>

Regras de submissão da revista Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente

Diretrizes para Autores

As **normas de submissão** são requisitos básicos para aceitação de trabalhos a serem publicados em qualquer uma das revistas desta plataforma. Os autores devem observar requisitos de estrutura, formatação, citações e referências.

Os originais devem estar em português, inglês ou espanhol, devem ser inéditos e destinar-se exclusivamente ao Portal de Periódicos da Sociedade de Educação Tiradentes, não sendo permitida sua apresentação simultânea a outro periódico, tanto no que se refere ao texto, como figuras ou tabelas, quer na íntegra ou parcialmente, excetuando-se resumos ou relatórios preliminares publicados em Anais de Reuniões Científicas.

Artigos enviados por e-mail não serão considerados

Todos os direitos editoriais são reservados para as publicações do Portal de Periódicos SET, nenhuma parte das publicações pode ser reproduzida, estocada por qualquer sistema ou transmitida por quaisquer meios ou formas existentes ou que venham a ser criados, sem prévia permissão por escrito da Comissão Editorial, ou sem constar o crédito de referência, de acordo com as leis de direitos autorais vigentes no Brasil.

Nas pesquisas envolvendo seres humanos, os autores deverão enviar uma cópia de aprovação emitida pelo Comitê de Ética, reconhecido pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), segundo as normas da Resolução do Conselho Nacional de Saúde - CNS 466/12 e 510/16 ou órgão equivalente no país de origem da pesquisa.

Categorias de manuscritos aceitos:

Artigo original: trabalho de pesquisa com resultados inéditos e que agreguem valor à publicação. Limitado com no mínimo oito páginas e no máximo 15 páginas. Sua estrutura deve conter:

- **Introdução:** deve ser breve, definir o problema estudado, destacando a sua importância e as lacunas do conhecimento. NBR 6022:2003
- **Método:** os métodos empregados, a população estudada, a fonte de dados e os critérios de seleção devem ser descritos de forma objetiva e completa. Inserir o número do

protocolo de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa e informar que a pesquisa foi conduzida de acordo com os padrões éticos exigidos.

- **Resultados:** devem ser apresentados de forma clara e objetiva, descrevendo somente os dados encontrados sem interpretações ou comentários, podendo para maior facilidade de compreensão serem acompanhados por tabelas, quadros e figuras. O texto deve complementar e não repetir o que está descrito nas ilustrações.
- **Discussão:** deve restringir-se aos dados obtidos e aos resultados alcançados, enfatizando os novos e importantes aspectos observados no estudo e discutindo as concordâncias e divergências com outras pesquisas já publicadas.
- **Conclusão:** deve corresponder aos objetivos ou hipóteses do estudo, fundamentada nos resultados e discussão, coerente com o título, proposição e método.
- **Agradecimentos:** mencionar a(s) fonte(s) de financiamento, quando houver.

É de responsabilidade do autor correspondente a inserção das informações de todos os autores do manuscrito no sistema de submissão e na página de identificação, **não sendo permitida a inclusão de outros autores após a aprovação do manuscrito.**

CONSIDERAÇÕES GERAIS

- O manuscrito poderá ser submetido redigido em português, inglês ou espanhol;
- Margens: superior e esquerda 3cm, inferior e direita 2cm;
- Fonte Arial tamanho 12, espaçamento entre linha 1,5 para todo o corpo do texto (exceto citação direta longa, que deverão ser em fonte 10, espaçamento simples e alinhadas a direita com recuo de 4cm);
- Espaçamento antes e depois de cada parágrafo 0 pt;
- Fotos, mapas, gráficos e outras ilustrações serão tratados como “FIGURA”;
- Os títulos das figuras, tabelas e quadros devem ser justificados, com fonte Arial tamanho 11, espaçamento simples e legendas com fonte 10 e espaçamento simples.

DOCUMENTOS OBRIGATÓRIOS PARA A SUBMISSÃO

- **Manuscrito** redigido de acordo com as normas da revista
- **Página de Identificação**, contendo Título (português, inglês e espanhol) e Autores com as respectivas filiações
- Quando for o caso, anexar **autorizações, liberações e/ou licenças** emitidas por Comitês de Ética em Pesquisa ou de Uso Animal ou por entidades governamentais para liberação de coleta biológica

TÍTULO:

Deverá ser escrito em **PORTUGUÊS, INGLÊS E ESPANHOL** em **caixa alta, negrito e centralizado**, Fonte Arial 12, espaçamento simples.

Se o artigo for baseado em tese ou dissertação, indicar como nota de rodapé o título, o nome do programa de pós-graduação, a instituição e o ano de defesa.

AUTORES E AFILIAÇÕES:

É de responsabilidade do autor correspondente a inserção das informações de todos os autores do manuscrito no sistema de submissão e na Página de Identificação, **não sendo permitida a inclusão de outros autores após a aprovação do manuscrito.**

- **Os nomes devem estar completos, sem utilização de abreviação**, na ordem da publicação, um abaixo do outro e alinhado à direita;
- Não há limitação para o número de autores;
- As respectivas filiações devem vir como nota de rodapé, fonte Arial 10, espaçamento simples e conter a formação, a última e maior titulação, o vínculo institucional atual, o ORCID (quando houver) e o email de cada autor, p. ex:

Primeiro Autor¹

Segundo Autor²

Terceiro Autor³

¹Graduanda em Nutrição. Universidade Tiradentes – UNIT, Aracaju, SE. Brasil. Email: ingrid_yanomani18@hotmail.com

²Nutricionista. Mestre em Saúde e Ambiente. Universidade Tiradentes – UNIT, Aracaju, SE. Brasil. Email: Manu.freire.nutri@gmail.com

³Nutricionista. Doutor em Nutrição Clínica. Programa de Pós-graduação em Saúde e Ambiente. Universidade Tiradentes – UNIT, Aracaju, SE. Brasil. ORCID 0000-0005-9234-1523. Email: adalbertoalves@yahoo.com.br

RESUMO E PALAVRAS-CHAVE:

- O resumo é do tipo **não estruturado** e deve possuir o máximo de 300 palavras, espaçamento simples e alinhamento justificado;
- Também deverão ser apresentados um **Abstract** e um **Resumen (obrigatório)**
- Deverão ser apresentadas de três a cinco **Palavras-Chave**, separadas por ponto e vírgula.
- Também devem ser apresentadas as **Keywords** e as **Palabras Clave (obrigatório)**.

CORPO DO TEXTO:

O manuscrito poderá ser organizado com:

Introdução, Métodos, Resultados e Discussão (ou Resultados e Discussão em um só tópico), Conclusão, Agradecimentos (opcional) e Referências.

TÓPICO (CAIXA ALTA E NEGRITO)

- 1. INTRODUÇÃO**
- 2. MÉTODOS**

Sub-Tópico (Só a primeira letra maiúscula e todo em negrito)

2.1 Área de Estudo

Sub-Sub-Tópico (Só a primeira letra maiúscula e sem negrito)

2.1.1 Área de coleta

Sub-Sub-Sub-Tópico (Só a primeira letra maiúscula e todo sublinhado)

2.1.1.1 Técnica de coleta

ILUSTRAÇÕES

As **tabelas**, **quadros** e **figuras** devem ter um título breve, serem numeradas consecutivamente com algarismos arábicos na ordem em que foram inseridas as respectivas chamadas no texto. Exceto tabelas e quadros, todas as ilustrações devem ser designadas como figuras.

Figura (fotos, desenhos, gráficos etc) - resolução de 300 dpi, colorida, em formato digital (jpg ou TIFF) e deverá ser submetida no portal da revista como documento complementar. Quando a figura for extraída de outro trabalho, a fonte original deve ser mencionada e serão publicadas sem identificação dos sujeitos, a menos que acompanhadas de permissão por escrito de divulgação para fins científicos. Os gráficos deverão ser inseridos no texto em formato editável, quando possível.

Tabelas - inseridas no texto em formato editável, em seguida de sua chamada. Devem incluir apenas os dados imprescindíveis, evitando-se tabelas muito longas, sem a utilização de traços

internos horizontais ou verticais. As notas explicativas devem ser colocadas no rodapé das tabelas e não no cabeçalho ou título. **As tabelas não devem repetir dados já descritos no texto e vice-versa.**

CITAÇÕES:

Um autor:

No início da frase: Meneguetti (2015).

Exemplo: “De acordo com Meneguetti (2015), a malária”.

Ao término da frase: (MENEGUETTI, 2015).

Exemplo: “A malária é a principal doença parasitária ocorrente na região da Amazônia Ocidental (MENEGUETTI, 2015)”.

Dois autores:

No início da frase: Silva e Bortolini (2012).

Exemplo: “Estudo de Silva e Bortolini (2012) mostra que”.

Ao término da frase: (SILVA; BORTOLINI, 2012).

Exemplo: “A educação física é uma área do conhecimento humano ligada às práticas corporais produzidas pela humanidade (SILVA; BORTOLINI, 2012)”.

Três ou mais autores:

No início da frase: Maia et al. (2010).

Exemplo: “Um estudo realizado por Maia et al. (2010) mostrou que...”.

Ao término da frase: (MAIA et al., 2010).

Exemplo: A Amazônia Ocidental é composta pelos estados do: Acre, Amazonas, Rondônia e Roraima (MAIA et al., 2010).

Citação de mais de um trabalho:

Quando são citados mais de um trabalho, os mesmos devem aparecer no texto do mais antigo para o mais recente (ordem cronológica). Exemplo: (OLIVEIRA, 2009; SANTOS et al., 2014, ANDRADE et al., 2022).

QUESTÕES ÉTICAS, AUTORIZAÇÕES E LICENÇAS

Quando for o caso, os autores deverão adicionar essas informações em um sub-tópico específico, no tópico “Métodos”, onde deverá constar os respectivos números dos documentos de autorização, assim como enviar a(s) autorização (ções) no momento da submissão (ver **DOCUMENTOS OBRIGATÓRIOS**)

AGRADECIMENTOS

O agradecimento é opcional e deve ser realizado apenas para as pessoas e instituições que tiveram envolvimento com o desenvolvimento da pesquisa e que não seja um dos autores. Se houver fonte de financiamento, a menção é obrigatória. Este deve aparecer depois da conclusão e antes das referências.

REFERÊNCIAS

Os trabalhos que possuem um ou dois autores, devem ser citados todos os autores. Já os trabalhos que possuem mais de três autores, deve ser citado o primeiro e em seguida “et al.”, conforme exemplos abaixo:

Artigo

Nas referências dos artigos, o nome da revista em que o artigo foi publicado deve estar em negrito e abreviado (para a abreviação, deve ser consultado: https://images.webofknowledge.com/images/help/WOS/A_abrvjt.html ou o site da respectiva revista).

AUTOR, A.B. Título do artigo. **Nome da revista**, v. X, n. X, p. XX – XX, Ano.

AMORIM, C.Z. et al. Screening for antimalarial activity in the genus *Pothomorphe*. **J Ethnopharmacol**, v. 24, n. 1, p. 101-106, 1988.

Livro

AUTOR, A.B. **Título da obra em negrito**. Edição. Cidade da Editora: Editora. Ano

BERG, M.E.V.D. **Plantas medicinais na Amazônia: contribuição ao seu conhecimento sistemático**. 2ª Ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 2010.

MENEGUETTI, N.F.S.P.; SOUZA, M.P. **A evolução das dimensões do macromarketing expandido no processo extrativo da Castanha-da-Amazônia: o caso do assentamento Canaã, município de Ariquemes - RO**. 1ª Ed. Rio Branco: Stricto Sensu Editora, 2019.

Capítulo de Livro

AUTOR, A.B. Título do capítulo não negrito. In: Autor, A.B. (Ed. ou Org.). **Título do livro em negrito**. Edição. Cidade: Editora. Ano.

ANDRADE, D.C. et al. Evolução histórica-epidemiológica da leishmaniose visceral em Aracaju, Sergipe: Estado da arte. In: Camargo, L.M.A.; Oliveira, J.; Meneguetti, D.U.O. (Org.) **Atualidades em medicina tropical na América do Sul: Epidemiologia e Educação em Saúde**. 1ª Ed. Rio Branco: Stricto Sensu Editora, 2021.

Trabalhos em eventos

AUTOR, A.B. Título do trabalho. In: Evento, **Anais**, Cidade (País), Ano.

OLIVEIRA, A. S. et al. As vacinas disponibilizadas no Brasil para COVID-19 e as tecnologias implantadas. In: XIX Seminário de Pesquisa UNIANDRADE. **Anais**, Curitiba, 2022.

Dissertações e Teses

AUTOR, A.B. **Título do trabalho em negrito**. (Dissertação ou Tese) Curso – Instituição, Cidade, Estado, Ano

DUTRA, M.G. **Plantas medicinais, fitoterápicos e saúde pública: um diagnóstico situacional em Anápolis, Goiás**. (Dissertação) Mestrado em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente - Centro Universitário de Anápolis, Anápolis, Goiás, 2009.

DOLABELA M.F. **Atividade antiplasmódica e citotoxicidade de *Esenbeckia febrifuga* (A.ST-HIL) Juss. ex Mart. (Rutaceae) e de espécies do gênero *Aspidosperma* (Apocynaceae).** (Tese) Doutorado em Ciências Farmacêuticas - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 2007.

Sites

Com autores:

AUTOR, A.B. Título do artigo. **Nome do site em negrito**, Ano. Disponível em: endereço do site consultado. Acesso em: data da consulta.

SIQUEIRA, K.; SCHETTINO, J. P. J. O consumo de queijos pelos brasileiros. **Milkpoint**, 2021. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/kennya-siqueira/o-consumo-dequeijos-pelos-brasileiros-225212/>. Acesso em: 3 set. 2023.

Sites Institucionais:

SIGLA. Nome por extenso. **Título da página**. Ano. Disponível em: endereço do site consultado. Acesso em: data da consulta.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 23 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Disposições gerais sobre Doenças Diarreicas Agudas**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dda>. Acesso em: 29 mai. 2023.