



UNIVERSIDADE DE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO – UFERSA
PRÓ-REITORIA DE PEQUISA E PÓS-GRAGUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

EUDILENA LAURINDO DE MEDEIROS

DENSIDADE DO GASTRÓPODE INVASOR *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) ASSOCIADO ÀS MACRÓFITAS AQUÁTICAS *Egeria densa* E *Chara indica*

MOSSORÓ-RN

2015

EUDILENA LAURINDO DE MEDEIROS

DENSIDADE DO GASTRÓPODE INVASOR *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) ASSOCIADO ÀS MACRÓFITAS AQUÁTICAS *Egeria densa* E *Chara indica*

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, Campus de Mossoró, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Henrique Gonzaga da Silva

MOSSORÓ – RN

ABRIL - 2015

O COTEÚDO DESSA OBRA É DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DOS
AUTORES

Catálogo na Fonte

Catálogo de Publicação na Fonte. UFERSA - BIBLIOTECA CENTRAL ORLANDO TEIXEIRA - CAMPUS MOSSORÓ

Medeiros, Eudilena Laurindo de.

Densidade do gastrópode invasor *Melanooides tuberculata* Müller,
1774 associado às macrófitas aquáticas *Egeria densa* e *Chara indica* /
Eudilena Laurindo de Medeiros. - Mossoró, 2015.

59f. il.

1. Molusco. 2. Complexidade de Habitat. 3. Reservatório de Santa
Cruz-Apodi. I. Título

RN/UFERSA/BCOT/423
M488d

CDD 639.4

EUDILENA LAURINDO DE MEDEIROS

DENSIDADE DO GASTRÓPODE INVASOR *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) ASSOCIADO ÀS MACRÓFITAS AQUÁTICAS *Egeria densa* E *Chara indica*

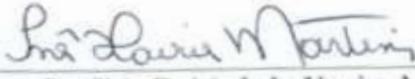
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, Campus de Mossoró, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação

Aprovada em 27 de Fevereiro de 2015

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Gustavo Henrique Gonzaga da Silva



Prof(a). Dr(a). Inês Xavier Martins



Prof. Dr. Iron Macedo Dantas

AGRADECIMENTOS

À Deus por seu meu refúgio de fé.

Ao Prof. Dr. Gustavo Henrique Gonzaga da Silva, não somente pela orientação, mas pela pelas discussões e conhecimentos compartilhados.

Aos membros da banca examinadora pelas valorosas sugestões e pela disposição em adicionar conhecimentos e melhorar a qualidade deste trabalho.

A Capes, pela concessão da bolsa e pelo apoio financeiro que possibilitou a execução e o desenvolvimento deste estudo.

Aos meus pais, pelo apoio, carinho e confiança dada em todos momentos, sem vocês não chegaria aqui. Sou grata por tudo e espero retribuir todos os ensinamentos e educação que me foi dada.

A todos que fazem ou fizeram parte do Laboratório de Limnologia e Qualidade de Água do Semiárido (LIMNOAQUA), Cyntia, Luiza, Allyssandra, Mônica, Thayse, Sávio, Cléo, Yuri, e ao químico do laboratório, Luís Carlos. A vocês agradeço por todo apoio pois nos tornamos uma segunda família, agradeço pelos, momentos e ajuda nestes anos, pelas participações tanto acadêmicas, quanto no dia-a-dia. Muito obrigada por estarem presentes na minha rotina vocês sempre foram muito importantes e continuaram sendo o resto da minha vida.

Á todos da primeira turma do programa de pós-graduação em ecologia e conservação, vocês foram uma parte muito importante da minha vida acadêmica.

Á todos os meus amigos que sempre me escutaram durante toda minha jornada e sabem o quanto foi complicado chegar até aqui hoje, mas sempre estiveram ao meu lado me apoiando e principalmente acreditando no meu sucesso.

OBRIGADA Á TODOS.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”. (Marthin Luther King)

LISTA DE FIGURAS

ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Figura 1: Bancos vegetais no reservatório de Santa Cruz, Apodi – RN. (A – banco de <i>Egeria densa</i> , B – banco de <i>Chara indica</i> , C – área sem macrófitas).....	10
Figura 2: Indivíduos de <i>M. tuberculata</i> encontrados associados às macrófitas após a separação do material vegetal em laboratório	11
Figura 3: Processo de mensuração da complexidade de habitat, através da dimensão fractal (A – Foto utilizada pelo program GIMP, B – Foto utilizada pelo programa Fractop).....	12
Figura 4: Diferentes escalas de complexidade da macrófita <i>Myriophyllum spicatum</i> (Baseado em TOMAZ et al., 2008), método limite grade.....	12
Figura 5: Delineamento esquemático do aquário utilizado no experimento realizado em laboratório.....	13
Figura 6: Experimento em laboratório desenvolvido com as macrofitas <i>C. indica</i> , e <i>E. densa</i> e o molusco gastrópode <i>M. tuberculata</i>	14
Figura 7: Experimento em laboratório (A - Replica do experimento, B – Molusco associado a <i>C. indica</i>).	14

CAPITULO 1

Figura 1: Mapa do reservatório de Santa Cruz-RN, parte superior destacada mostra a região na qual, foram feitas as coletas.....	32
Figura 2: Precipitação média (mm) no reservatório de Santa Cruz - Apodi/RN de janeiro/2013 a maio/2014 (Fonte: Agência Nacional de Águas/ANA - 2013/2014)..	34
Figura 3: Valores médios com o desvio padrão do número de indivíduos nos período claro e período escuro, no qual foram submetidos a um teste t, para comparação do número de indivíduos em relação ao período claro e período escuro, em que as diferentes letras mostram diferenças significativas do número de indivíduos entre os períodos (A- tratamento com <i>C. indica</i> , B – tratamento com <i>E. densa</i> , C- tratamento controle).....	35
Figura 4: Densidade média e desvio padrão do <i>M. tuberculata</i> nos bancos vegetais e áreas sem macrófitas(A - Setembro-2013, B - Abril-2014), diferentes letras representam diferenças significativas entre os tratamentos segundo o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.....	36
Figura 5: Densidade média e desvio padrão do <i>M. tuberculata</i> , nos pontos de coleta em diferentes épocas do ano (A- Banco de <i>C. indica</i> , B- Banco de <i>E. densa</i> , C- Sem	

macrófitas). As diferentes letras mostram as diferenças significativas através da análise não paramétrica dos tratamentos entre nos dois meses estudados (Setembro/2013 e Abril/2014), através do teste de não paramétrico de Wilcoxon.....37

Figura 6: Valores médios e desvio padrão da dimensão fractal encontrado da *C. indica* e na *E. densa*, as diferentes letras mostram a diferença significativa da dimensão fractal entre as macrófitas, através do teste t.....38

CAPÍTULO 2

Figura 1: Delineamento esquemático do aquário usado no experimento, as setas indicam os diferentes tratamentos.....46

Figura 2: Valores médios do número de indivíduos de *M. tuberculata* nos tratamentos com *C. indica*, *E. densa* e Controle, com variação compartimentos durante as 24 horas do experimento Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey entre os tratamentos para cada período estudado48

Figura 3: Valores médios com o desvio padrão do número de indivíduos nos período claro e período escuro, no qual foram submetidos a um teste t, para comparação do número de indivíduos em relação ao período claro e período escuro, em que as diferentes letras mostram diferenças significativas do número de indivíduos entre os períodos49

Figura 4: : Valores médios e desvios padrão do número de indivíduos de *M. tuberculata* nos tratamentos com *C. indica*, *E. densa* e Controle (Tratamento sem macrófitas), (A- *C. indica*, B- *E.densa*, C-Controle) com variação compartimentos durante as 24 horas do experimento. 50

Figura 5: Valores médios com o desvio padrão das dimensões fractais encontradas na *C. indica* e *E densa* na região de estudo, que foi submetido a um teste t para comparação da complexidade de habitat, em que as diferentes letras mostram diferenças significativas das dimensões fractais entre as macrófitas.....51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Valores médios e desvio padrão das variáveis físicas e químicas nos aquários mostrando a uniformidade das variáveis (Temp. – Temperatura °C; pH; Cond. – Condutividade elétrica (mS.cm⁻¹)); Turb.-Turbidez (NTU); O.D. - Oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹); S.T.D – Sólidos totais dissolvidos (g.L⁻¹). 50

SUMÁRIO

ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO 10

REVISÃO DE LITERATURA	15
• Legislação ambiental (espécies exóticas).....	15
• Impactos causados por moluscos invasores	17
CAPÍTULO 1	28
DENSIDADE DO GASTRÓPODE INVASOR <i>Melanoides tuberculata</i> (Müller, 1774) ASSOCIADO ÀS MACRÓFITAS AQUÁTICAS <i>Egeria densa</i> E <i>Chara indica</i> EM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO POTIGUAR BRASILEIRO.....	29
RESUMO	29
MATERIAL E MÉTODOS	32
RESULTADOS.....	34
DISCUSSÃO.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
CAPÍTULO 2.....	45
AVALIAÇÃO DA PREFERÊNCIA DO MOLUSCO INVASOR <i>Melanoides tuberculata</i> PELAS MACRÓFITAS AQUÁTICAS <i>Egeria densa</i> E <i>Chara indica</i>	46
INTRODUÇÃO	47
MATERIAL E MÉTODOS	48
RESULTADOS.....	51
DISCUSSÃO	55
CONCLUSÃO.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

A dissertação está estruturada em dois capítulos intitulados: (1) Densidade do gastrópode invasor *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) associado à macrófitas aquáticas *Egeria densa* e a *Chara indica* em reservatório do semiárido brasileiro; (2) Avaliação da preferência do molusco invasor *Melanoides tuberculata* pela *Chara indica* ou macrófita aquática *Egeria densa*

O primeiro capítulo “Densidade do gastrópode invasor *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) associado às macrófitas aquáticas *Egeria densa* e a *Chara indica* em reservatório do semiárido brasileiro”, teve como objetivo verificar a influência da presença das macrófitas aquáticas *Egeria densa* e *Chara indica* sobre a densidade do molusco invasor *Melanoides tuberculata* no reservatório de Santa Cruz – RN. Foram selecionadas aleatoriamente quatro áreas dentro de um banco da macrófita *Egeria densa* (Figura 1A), quatro áreas de um banco da *Chara indica* (Figura 1B), que apresentaram uma quantidade representativa das espécies vegetais, também foram selecionadas quatro áreas que não possuíam as espécies vegetais (Figura 1C).

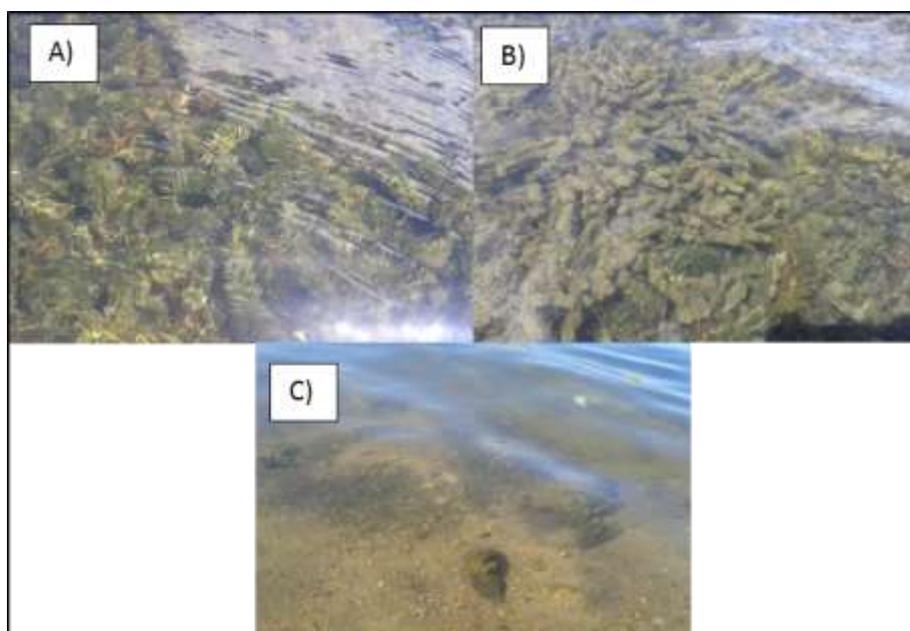


Figura 1: Bancos vegetais no reservatório de Santa Cruz, Apodi – RN. (A – banco de *Egeria densa*, B – banco de *Chara indica*, C – área sem macrófitas).



Figura 2: Indivíduos de *M. tuberculata* encontrados associados às macrófitas após a separação do material vegetal em laboratório

Para a mensuração complexidade de habitat foram coletados quatro fragmentos de 20 cm de comprimento da *E. densa* e quatro fragmentos de 20cm de comprimento da *C. indica*. Em laboratório os fragmentos foram colocados em aquários de (10x10x20 cm) cheios com água, em seguida foram tiradas fotos dos quatro lados do aquário cobrindo toda sua área lateral. Essas imagem foram transferidas para o programa Gimp (Figura 3A), para tratamento de contraste e brilho e posterior análise no programa Fractop (Figura 3B)(JELINEK, CORNFORTH E WEYMOUTH, 2003), onde o método de contagem de caixa (Método limite grade - SUGIHARA E MAY, 1990) (Figura 4) foi usado para estimar dimensão fractal (D).

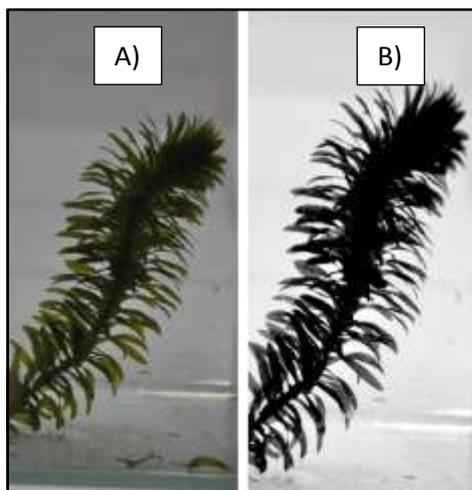


Figura 3: Processo de mensuração da complexidade de habitat, através da dimensão fractal (A – Foto utilizada pelo program GIMP, B – Foto utilizada pelo programa Fractop).

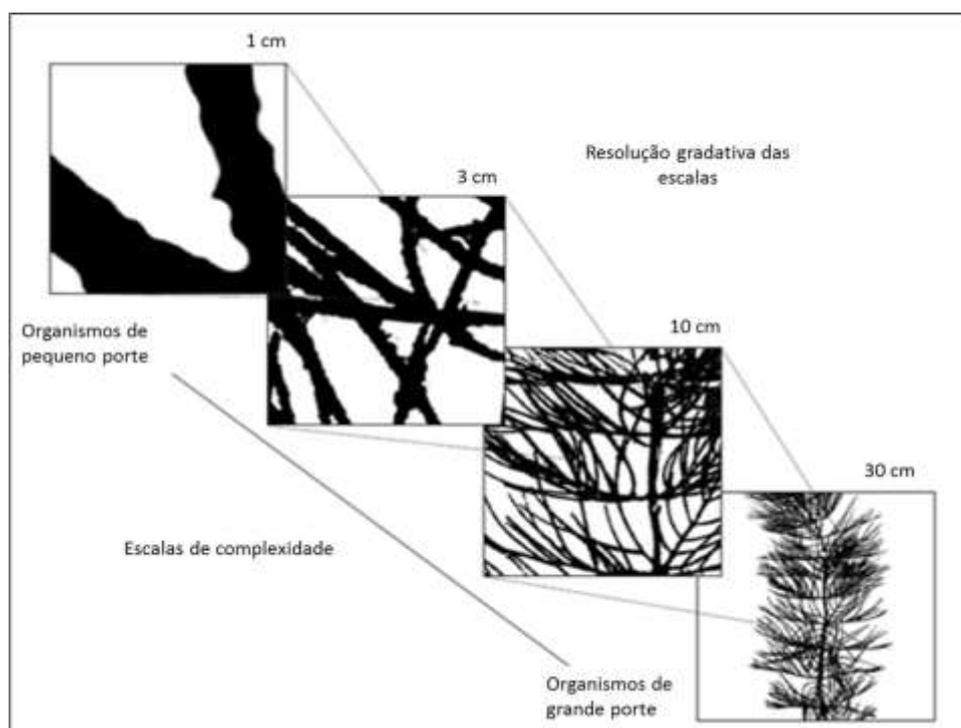


Figura 4: Diferentes escalas de complexidade da macrófita *Myriophyllum spicatum* (Baseado em TOMAZ et al., 2008), método limite grade.

O segundo capítulo “Avaliação da preferência do molusco invasor *Melanooides tuberculata* pela macrofitas *Chara indica* ou *Egeria densa*”, teve como objetivo, avaliar a preferência do molusco invasor *M. tuberculata* pela *Chara indica* ou *Egeria densa*, em laboratório. O experimento foi realizado em doze aquários de vidro, com dimensões 30x15x15 cm, subdividido em quatro compartimentos (Figura 5). Em cada aquário foram

adicionados 3 litros de água proveniente do reservatório de Santa Cruz sem tratamento algum. Nos compartimentos laterais adicionou-se aleatoriamente fragmentos de macrófitas. No compartimento central adicionou-se os moluscos equidistantes dos demais compartimentos.

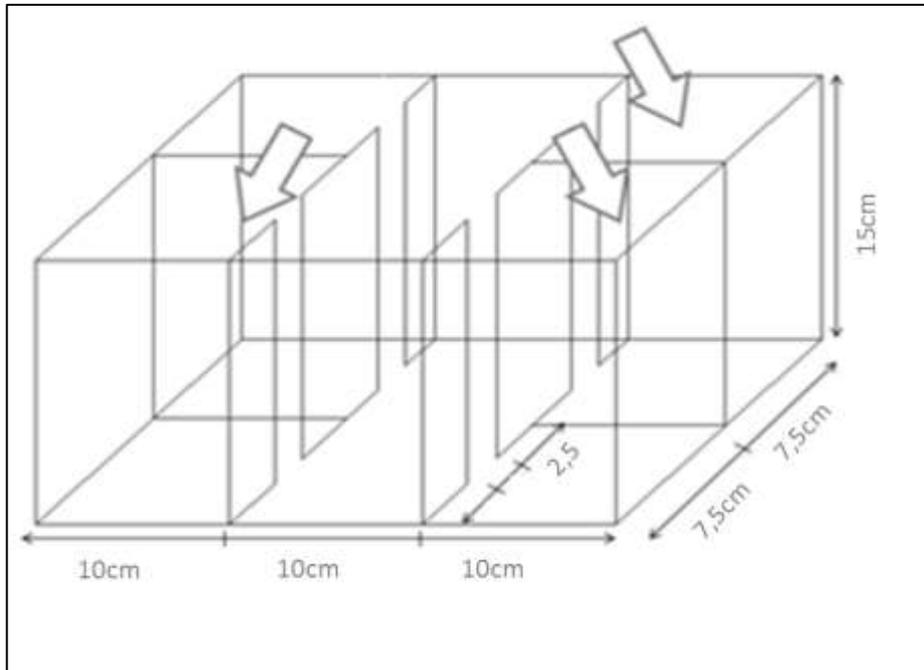


Figura 5: Delineamento esquemático do aquário utilizado no experimento realizado em laboratório.



Figura 6: Experimento em laboratório desenvolvido com as macrofitas *C. indica*, e *E. densa* e o molusco gastrópode *M. tuberculata*.

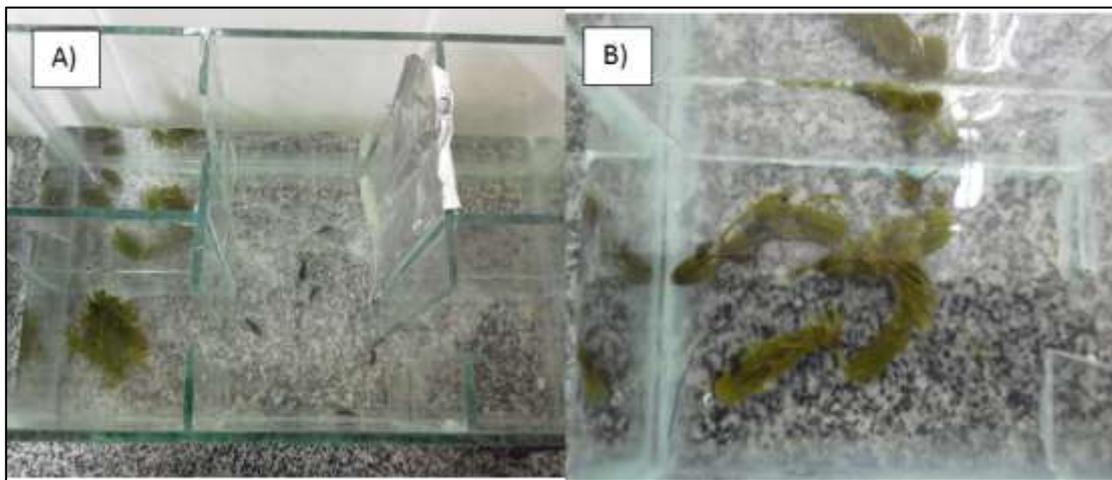


Figura 7: Experimento em laboratório (A - Replica do experimento, B – Molusco associado a *C. indica*).

REVISÃO DE LITERATURA

Estudos sobre a invasão biológica vêm se tornando cada vez mais frequentes pela importância que esse processo possui em relação ao ecossistema. Nesse contexto, o processo de invasão biológica é caracterizado por ser constituído de espécies que além de serem introduzidas em um novo ambiente, as chamadas espécies exóticas, possuem um grande potencial adaptativo aos ambientes que colonizam naturais ou artificiais (REDDY, 2008). A invasão por espécies exóticas é uma das principais causas da perda de biodiversidade global, podendo em breve superar a perda da biodiversidade por degradação e fragmentação de habitat, porém além de problemas ambientais a invasão biológica causam perdas econômicas, pela utilização de bilhões de dólares em estudos e tentativas de erradicação das espécies invasoras (REDDY, 2008). Pelos problemas oriundos da invasão dá-se a importância do aprofundamento de estudos sobre as espécies invasoras

- **Legislação ambiental (espécies exóticas)**

Tendo em vista a complexidade dessa temática, as espécies exóticas invasoras envolvem uma agenda bastante ampla e desafiadora, com ações multidisciplinares e interinstitucionais. Ações de prevenção, erradicação, controle e monitoramento são fundamentais e exigem o envolvimento e a convergência de esforços dos diferentes órgãos dos governos federal, estadual e municipal envolvidos no tema, além do setor empresarial e das organizações não governamentais. Reconhecendo a importância do problema das invasões biológicas, o Brasil, por meio do Ministério do Meio Ambiente - MMA, e em estreita articulação com os diferentes setores da sociedade, vem desenvolvendo, desde 2001, uma série de ações voltadas à prevenção das introduções, detecção precoce, monitoramento, controle e erradicação de espécies exóticas invasoras. A primeira reunião sobre o tema ocorreu em 2001, quando o Governo Brasileiro, por meio de parceria entre o Ministério do Meio Ambiente - MMA e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, realizou em Brasília a “Reunião de Trabalho sobre Espécies Exóticas Invasoras”. A partir daí vem-se desenvolvendo ações para evitar os impactos oriundos da invasão de espécies exóticas. (MMA, 2014)

No Entanto, o artigo 8 da Convenção sobre Diversidade Biológica - CDB (Conservação in situ), firmada pelo Brasil durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992, no Rio de Janeiro, e incorporado posteriormente na legislação brasileira, através do Decreto Legislativo N° 2 de 1994, expõe que cada parte contratante deve, na medida do possível e conforme o caso: Impedir que se introduzam, controlar ou erradicar espécies exóticas que ameacem os ecossistemas, habitats ou espécies (MMA, 2014)

O Decreto 4339 de 22/08/2002, institui os princípios e diretrizes para a implementação, na forma da lei, da Política Nacional de Biodiversidade. Seus eixos temáticos baseados na CDB são: **Conhecimento:** Promover pesquisas, inventariar e mapear as espécies exóticas invasoras. **Conservação:** Promover a prevenção, a erradicação e o controle de espécies exóticas invasoras. **Monitoramento:** Apoiar a realização de análises de risco e estudos dos impactos da introdução de espécies exóticas potencialmente invasoras (MMA, 2014).

Com isso criou-se os marcos legais no Brasil que são: **Prevenção:** Mecanismos que proíbem ou regulam a entrada de espécies exóticas no país. **Controle e Erradicação:** Controle e erradicação de EEI (Espécies Exóticas Invasoras), mitigação dos impactos. **Conhecimento e Monitoramento.** Pesquisa e mapeamento das EEI e dos seus impactos. Com relação à prevenção segundo a Lei 9605/98 (Lei de Crimes Ambientais); Decreto 3179/99, Art. 31. Introduzir espécime animal no País, sem parecer técnico oficial favorável e licença expedida por autoridade competente: Pena – detenção, de três meses a um ano e multa. Art. 61. Disseminar doença ou praga ou espécies que possam causar dano à agricultura, à pecuária, à fauna, à flora ou aos ecossistemas: Pena - reclusão, de um a quatro anos, e multa. Ainda referente à prevenção a Resolução CONAMA 237 prenuncia o licenciamento de atividades e empreendimentos com EEI (MMA, 2014).

No que se refere ao controle e erradicação, existe a Lei 9605/98 (Lei de Crimes Ambientais), Art. 37. Não é crime o abate de animal, quando realizado: para proteger lavouras, pomares e rebanhos da ação predatória ou destruidora de animais, desde que legal e expressamente autorizado pela autoridade competente; por ser nocivo o animal, desde que assim caracterizado pelo órgão competente. Existe ainda a portarias e

Instrumentações normativas específicas como é o caso da Instrução Normativa 73/05 – regulamenta o controle do caramujo africano (MMA, 2014).

Com relação ao conhecimento e monitoramento o Decreto 4339/02 (implementação da Política Nacional de Biodiversidade), possui dois eixos temáticos que orientarão as etapas de implementação desta política que são: Inventariar e mapear as espécies exóticas invasoras e as espécies-problema, bem como os ecossistemas em que foram introduzidas para nortear estudos dos impactos gerados e ações de controle. O segundo é apoiar o desenvolvimento de metodologias e de indicadores para o monitoramento dos componentes da biodiversidade dos ecossistemas e dos impactos ambientais responsáveis pela sua degradação, inclusive aqueles causados pela introdução de espécies exóticas invasoras e de espécies-problema (MMA, 2014).

A legislação vigente sobre a introdução de espécies exóticas é recente, por isso ainda existe a necessidade de aprimoramento tanto legislação quanto da execução dessas leis. Por esse fato existe a necessidade de se estudar as consequências das introduções de espécies, tomando-se conhecimento da importância desse assunto, de modo a auxiliar nas futuras tomadas aplicações de leis e tomadas de decisões.

- **Impactos causados por moluscos invasores**

Nas últimas décadas têm sido realizadas pesquisas sobre as espécies introduzidas, enfatizando os impactos nos ecossistemas, problemas econômicos e médico que estes moluscos podem causar (FERNANDEZ et al., 2003, ARANGO et al., 2009, KRAILAS et al., 2014). Embora a maioria das espécies introduzidas não consigam se estabelecer (MOYLE; LIGHT, 1996), aqueles que são bem sucedidos tornaram-se um grande ameaça aos ecossistemas em todo o mundo, porque eles podem reduzir a biodiversidade, alterar a estrutura da comunidade e alterar processos ecossistêmicos (PIMENTAL; ZUNIGA; MORRISON, 2005, ARANGO et al. 2009).

Estudos com experimentos em campo mostraram que as espécies *Pomacea* exerceram o pastoreio trazendo efeitos sobre macrófitas (CARLSSON; LACOURSIERE, 2005). Pois as interações entre macrófitas, algas epifíticas e invertebrados podem afetar a composição e distribuição das espécies de algas epifíticas e moluscos, bem como a produtividade e longevidade de macrófitas submersas. O mesmo

autor demonstrou em laboratório que macrófitas aquáticas possuem uma interação mutualista com o molusco, nessa interação as plantas se beneficiam pelo fato de o molusco consumir as algas epífitas aderidas as suas folhas, que suprimem a utilização de energia solar para sua fotossíntese, sendo benéfico também para o molusco que obtém alimentação, o resultado desse trabalho mostrou que o molusco não é atraído pelas algas epifíticas, mas pela liberação da matéria orgânica dissolvida pelas macrófitas, que atrai o molusco e subsequentemente remove a cobertura epifítica (BRONMARK, 1985). No entanto existem evidências que essa atração ocorra pela liberação de compostos químicos como forma estratégica da macrófita que se beneficia com a pastagem das algas epífitas aderidas a suas folhas. Por outro lado, Mormul et al., (2010), estudando duas espécies de macrófitas, uma nativa e uma exótica, observou uma ausência de quimiorrecepção dos moluscos associados às macrófitas. Nesse estudo o molusco *Hebetancylus moricandi* foi atraído apenas por uma espécie de macrófita (*Egeria najas*). Com base nesses resultados, sugeriu-se que atração do molusco na verdade está relacionado à quantidade de algas epífitas associadas às plantas. O molusco invasor acaba, portanto, afetado diretamente a composição das microalgas que são a base da cadeia alimentar e conseqüentemente afeta o ecossistema como um todo (MORMUL et al., 2010).

Moluscos invasores podem também gerar problemas de cunho econômico, nos Estados Unidos o gasto com espécies invasoras é aproximadamente 125 a 150 bilhões de dólares por ano, que são gastos com estudos e tentativas de erradicação desses organismos (REDDY, 2008). Moluscos que possuem hábito alimentar constituído de macrófitas podem ser caracterizado como problema por se tornar uma praga para agricultura semi-aquática, causando enormes prejuízos com é o caso do cultivo de arroz na Ásia e Havaí, nesse caso os moluscos com seu hábito herbívoro consomem as folhas das plantas daí dá-se o prejuízo nas plantações (MOCHIDA, 1991, COWIE, 2001).

Os moluscos invasores podem ainda ser um problema na saúde pública de uma região, caso sejam vetores de doenças para animais e humanos, como é o caso da *Biomphalaria glabrata* e *Biomphalaria straminea*, que são moluscos que possuem um papel na transmissão de parasitas para seres humanos pelo fato de ser o hospedeiro intermediário do parasita causador da Esquistosomose. (POINTIER et al., 1991).

Além disso, alguns thiarideos também são hospedeiros intermediários de helmintos, que infectam mamíferos, aves e peixes, incluindo os parasitas que são de médica e veterinária importância (POINTIER et al., 2011, PINTO; MELO, 2011). Entre estes parasitas podem ser encontrados em moluscos invasores como o *M. tuberculata*, que abrigam larvas de *Clonorchis sinensis* e *Paragonimus westermani*, estes são dois trematodes afetam os seres humanos, principalmente na Ásia. Recentemente, este thiarideo foi relatado também como sendo um hospedeiro intermediário natural de *Angiostrongylus cantonensis*, que é um nemátodo causador da meningite infecciosa (IBRAHIM, 2007). Por todos esses impactos listados anteriormente dá-se a necessidade de estudos mais aprofundados sobre moluscos invasores que é o caso do *Melanooides tuberculata* no Brasil.

O molusco *M. tuberculata* é uma espécie de gastrópode de água doce, possui origem afro-asiática com hábito alimentar constituído de algas epífitas, matéria orgânica em decomposição e bactérias depositadas sobre o sedimento (DUDGEON, 1986). É uma espécie r estrategista, se reproduz por partenogênese, ovovivípara com grande longevidade, por esse fato consegue manter altas densidades populacionais por longos períodos de tempo, possui ainda alta natalidade, crescimento rápido e baixa mortalidade (BEDÊ, 1992, FREITAS et al., 2002). O desenvolvimento do embrião ocorre posterior à cabeça, sob o manto consegue carregar de 1 a 71 embriões, esse número de embriões varia de acordo com o tamanho dos adultos (BEDÊ, 1992).

O *Melanooides tuberculata* foi introduzido no continente americano na região do Caribe de forma intencional como controle biológico de moluscos hospedeiros intermediários do *Schistosoma mansoni*, como estratégia de controle biológico foi adotada pelo fato de as espécies de moluscos possuírem o mesmo hábito alimentar, o que gera limitações dos recursos disponíveis causando a diminuição da população do molusco hospedeiro do *S. mansoni* (PRENTICE, 1980)

O primeiro registro do *M. tuberculata* no Brasil ocorreu na década de 60 de forma acidental por água de lastro de navios, essa água possui vários organismos entre eles moluscos que podem ser levados de um continente a outro (CARLTON; GELLER, 1993). No entanto, existem outras evidências de introdução acidental pela utilização de plantas e peixes exóticos utilizados por aquaristas e também usados em tanques de piscicultura (FERNANDEZ et al., 2003). Estudos recentes registraram a ocorrência

desta espécie no Nordeste, nos estados da Bahia (SOUSA; LIMA, 1990) e da Paraíba (PAZ et al., 1995). No Rio Grande do Norte a presença do molusco foi registrada em 2005, na bacia do Rio Piranhas-Assú em densidades altíssimas com cerca de 10.000 ind.m⁻² (SANTOS; ESKINAZI-SANT'ANNA, 2010). Essas altas densidades estão relacionadas a diversos fatores tais como ausência de predadores naturais, competidores, doenças, parasitas ou outros inibidores, os quais podem regular a população exótica (LACH et al., 2000; COWIE, 2001, ALONSO; CASTRO-DÍEZ, 2008). Porém outro fator que contribui nas altas densidades do molusco é a presença de macrófitas aquáticas, que funcionam como fonte de alimento e abrigo (FERNÁNDEZ; REID, 2012).

- Impactos causados pelo *Melanoides tuberculata*

O *Melanoides tuberculata*, vem causando uma série de efeitos negativos nas regiões, em que se tornou invasora, podendo ser efeitos ambientais, econômicos ou de saúde pública. Estudos recentes mostraram a presença do *M. tuberculata* na represa de Americana, localizada na bacia do Rio Tiête (DORNFELD et al., 1987), porém em estudos anteriores realizados no ano de 1974, foi registrada a presença de diferentes espécies de moluscos dentre eles alguns pertencentes às famílias Ancyllidae e Planordiidae (SHIMIZU, 1978). No entanto, observou-se que espécies dessas famílias não estão mais presentes nessa região, chegando a conclusão que o desaparecimento desses organismos foi consequência direta da invasão por *M. tuberculata*, a qual eliminou essas espécies nativas, que podem ter sido deslocadas em resultado da competição por espaço e alimento ou predação dos seus ovos e juvenis dos moluscos nativos pelo *M. tuberculata*, porém a predação pode não ter sido intencional, pois o *M. tuberculata* é um herbívoro generalista e a ingestão de ovos pode ter sido um efeito indireto da pastejo (PHILLIPS et al., 2010, LADD; ROGOWSKI, 2012).

Além de gerar problemas no ambiente que o *M. tuberculata* se estabelece, esse organismo pode causar problemas de saúde pública por ser hospedeiro intermediário de vários parasitas causadores de doenças em animais e no homem, (SCHUSTER et al., 2014). Estudo desenvolvido na Tailândia estágios larvais de trematódeos foram obtidos a partir do molusco de água doce *Melanoides tuberculata* (Cerithioidea, Thiaridae). Em que, foram avaliados em dezembro de 2004 e setembro de 2009 como hospedeiro intermediário, observou-se uma taxa de 18,79%, ou seja, 6.019 animais infectados em um total de 32.026, em que foram encontradas 18 diferentes tipos espécies de cercárias

dentre elas estão: (1) Parapleurophocercous cercariae: *Haplorchis pumilio*, *Haplorchis taichui*, e *Stictodora tridactyla*; (2) Pleurophocercous cercariae: *Centrocestus formosanus*; (3) Xiphidiocercariae: *Acanthatrium hitaense*, *Loxogenoides bicolor* e *Haematoloechus similis*; (4) Megalurous cercariae: *Cloacitrema philippinum* e *Philophthalmus* sp.; (5) Furcocercous cercariae: *Cardicola alseae*, *Alaria mustelae*, *Transversotrema laruei*, *Apatemon gracilis* e *Mesostephanus appendiculatus*; (6) Echinostome cercariae: *Echinochasmus pelecani*; (7) Amphistome cercariae: *Gastrothylax crumenifer*; (8) Renicolid cercariae: *Cercaria caribbea* LXVIII, e (9) Cotylomicrocercous cercariae: *Podocotyle (Podocotyle) lepomis*, (KRAILAS et al., 2014).

No Brasil, recentemente relatou-se indivíduos de aves e peixes infectadas com *Philophthalmus gralli* e *Centrocestus formosanus*, em Belo Horizonte – MG, que utilizaram o *M. tuberculata* como hospedeiro intermediário, esses parasitas podem gerar doenças, chegando à mortalidade de peixes e aves no estágio mais avançado (PINTO; MELO, 2010a; PINTO; MELO, 2010b, ANDRADE et al., 2012). Descobriu-se ainda uma nova espécie de parasita (*Gigantobilharzia melanoidis*) que utiliza o *M. tuberculata* como hospedeiro intermediário, no qual, o hospedeiro definitivo foram aves (SCHUSTER et al, 2014).

O *Melanoides tuberculata* também pode gerar impactos econômicos, nos Estados Unidos o *M. tuberculata* é hospedeiro intermediário do *C. formosanus*, popularmente conhecido como "trematoda de brânquias", quando os peixes são infectados por esse trematoda, produz respostas inflamatórias em suas brânquias afetando diretamente a saúde do animal e eventualmente sua morte, o que gera perdas estimadas de aproximadamente 3500 milhões de dólares (USD) por ano (ANDRADE et al., 2012). No entanto, a extensão dos danos ecológicos, econômicos e na saúde brasileira é ainda desconhecido, já que, a proliferação desses organismos ocorre de forma rápida, em que, esse molusco invasor pode se estabelecer em novos ambientes infectando áreas que antes eram livres de parasitas, tais como lagoa de Paranoá, (PADOVESI-FONSECA, et al., 2009; POINTIER et al., 2011)

Em resumo as espécies invasoras podem causar mudanças ao ecossistema e ocasionar problemas ao meio ambiente, na economia e de saúde pública. Por esse fato nos últimos anos vem-se desenvolvendo uma legislação de modo a combater, estudar e

até erradicar espécies que se tornaram invasoras, evitando assim malefícios oriundos da invasão. Por esse fato dá-se a importância de estudos sobre espécies que possuem um potencial invasor. Como é o caso do *M. tuberculata*, no Brasil, que já apresenta consequências sérias como a eliminação de moluscos nativos, podendo assim causar um desequilíbrio ao ecossistema, além da transmissão de parasitas causador de doenças.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ANDRADE, P. C.; PINTO, H. A.; COSCARELLI D.; VIDIGAL, T. H. D. A; MELO, A. L; The natural infection of *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) (Mollusca: Gastropoda) by *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Platyhelminthes: Trematoda) in Paranoá lake, Brasília, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. v. 72, n. 2, p. 419-420, 2012.

ARANGO C. P.; RILEY L. A.; TANK J. L.; HALL R. O. J. R. Herbivory by an invasive snail increases nitrogen fixation in a nitrogen limited stream. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. v.66. p.1309–1317, 2009.

BEDÊ, L. Dinâmica populacional de *Melanooides tuberculata* (Prosobranchia Thiaridae) no reservatório de Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, MG. 1992. 112f

BRÖNMARK, C. Interactions between macrophytes, epiphytes and herbivores: An experimental approach. *Oikos*,v. 45, p. 26-30. 1985.

CARLSSON, N.O.L.; LACOURSIERE J. O. Herbivory on aquatic vascular plants by the introduced golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in Lao PDR. *Biological Invasions*, v.7, p. 233–241, 2005.

CARLTON, J.Y.; GELLER, J.B. Ecological Roulette: The global transport of nonindigenous marine organisms. *Science*. v. 261. p. 78-82. 1993.

COWIE, R. H. Invertebrate invasions on Pacific Islands and the replacement of unique native faunas: A synthesis of the land and freshwater snails. *Biological Invasions*, v.3, p. 119–136, 2001.

DORNFELD, C. B.; PAMPLIN, P. A. Z.; ESPINDOLA., E. L. G.; ALVES, R.G., ROCHA, O. Composição, distribuição e mudanças temporais da fauna de invertebrados bentônicos de reservatório de Sato Grande (Americana, SP). Em EPINOLA, E.L.G.; Population dynamics of aquatic snails in Pampulha reservoir. Mem. Inst. O. Cruz.,RJ, v.82, p. 229-305, 1987.

DUDGEON, D. The lyfe cycle, population dynamincs and productivity of *Melanooides tuberculata* (Muller, 1774) (Gastropoda, Prosob., Thiaridae) in Hong Kong. J. of zool., v.208, p. 3753, 1986.

FERNÁNDEZ, H. H.; REID, B. Invertebrate distribution on a macroalgae/macrophyte mixed mat in flowing water. Fundam. Appl. Limnol. v. 181, n. 4, p. 289–299, 2012.

FERNÁNDEZ, M. A.; THIENGO, S. C.; SIMONE, L. R. L., Distribution of introduced freshwater snail *Melanooides tuberculatus* (Gastropoda: Thiaridae) in Brazil. The Nautilus, v.117, n. 3, p. 78-82, 2003.

FREITAS, J. R.; BEDÊ, L. C.; DE MARCO J. R. P.; ROCHA, L. A.; SANTOS, M. B. L.; GIOVANELLI, A.; SILVA, C. L. P. A.; MEDEIROS, L.; VASCONCELLOS, M. C. The Molluscicidal Activity of Niclosamide (Bayluscide WP70) on *Melanooides tuberculata* (Thiaridae), a Snail Associated with Habitats of *Biomphalaria glabrata* (Planorbidae). Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. v. 97, n. 5, p.743-745, 2002.

IBRAHIM, M.M. Prevalence and intensity of *Angiostrongylus cantonensis* in freshwater snails in relation to some ecological and biological factors. Parasite, vol. 14, n. 1, p. 61-70, 2007.

KRAILAS, D.; NAMCHOTE, S.; KOONCHORNBOON, T.; DECHRUKSA, W.; BOONMEKAM, D., Trematodes obtained from the thiarid freshwater snail *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) as vector of human infections in Thailand. Zoosyst. v. 90, n. 1, p. 57-86, 2014.

LACH, L.; BRITTON, D.K.; RUNDELL, R.J.; COWIE, R.H. Food preference and reproductive plasticity in an invasive freshwater snail. *Biological Invasions*, v. 2. p. 279–288. 2000.

LADD H. L. A.; ROGOWSKI, D. L. Egg predation and parasite prevalence in the invasive freshwater snail, *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) in a west Texas spring system, *Aquatic Invasions*. v. 7, n. 2, p. 287–290, 2012.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/>. Acesso em: 15/10/2014

MOCHIDA, O. Spread of freshwater *Pomacea* snails (Pilidae, Mollusca) from Argentina to Asia. *Micronesica*. v. 3, p. 51–62. 1991.

MORMUL, R. P.; THOMAZ, S. M.; SILVEIRA, M. J.; RODRIGUES, L. Epiphyton or macrophyte: Which primary producer attracts the snail *Hebetancylus moricandi*?. *American Malacological Bulletin*, v. 28, p. 127-133, 2010.

MOYLE, P.B.; LIGHT, T. Biological invasions of freshwater: empirical rules and assembly theory. *Biological Conservation*, v. 78, p. 149-161, 1996.

PADOVESI-FONSECA, C.; PHILOMENO, M.G.; ANDREONI BATISTA, C.; Limnological features after a flushing event in Paranoá Reservoir, central Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 21, n. 3, p. 277-285. 2009.

PAZ. R.J.; WATANABE, T.; DIJCK, M.P.M.; ABÍLIO, F.J.P. First record of *Melanooides tuberculata* (Muller, 1774)(Gastropoda: Prosobranchia: Thiaridae) in the state of Paraíba (Brazil) and its possible ecological implications. *Revista Nordestina de Biologia*. v.10, n. 2, p. 79-84, 1995.

PHILLIPS C.T.; ALEXANDER M.L.; HOWARD R. Consumption of eggs of the endangered fountain darter (*Etheostoma fonticola*) by native and nonnative snails. *The Southwestern Naturalist*. v.55, p.115–117, 2010.

PIMENTAL, D.; ZUNIGA, R.; MORRISON, D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, v. 52, p. 273–288, 2005.

PINTO, H. A.; MELO, A. L. *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) as an intermediate host of *Centrocestus formosanus* (Trematoda:Heterophyidae) in Brazil. *Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo*. v.52, n.4, p. 207-210, 2010b.

PINTO, H. A.; MELO, A. L. *Melanoides tuberculata* as intermediate host of *Philophthalmus gralli* in Brazil. *Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo*, v.52, n. 6, p. 323-327, 2010a.

PINTO, H. A.; MELO, A. L. A checklist of trematodes (Platyhelminthes) transmitted by *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae). *Zootaxa*, v. 2799, p. 15-28. 2011.

POINTIER, J.P.; DAVID, P.; JARNE, P. The biological control of the snail hosts of schistosomes: the role of competitor snails and biological invasions. TOLEDO, R. and FRIED, B. (Eds.). *Biomphalaria* snails and larval trematodes. New York; London: Springer, p. 215-238. 2011.

POINTIER, J. P.; TOFFART, J. L.; LÉFÉVRE, M. Life tables of freshwater snails of the genus *Biomphalaria* (*B. glabrata*, *B. alexandrina*, *B. straminea*) and one of its competitors *Melanoides tuberculata* under laboratory conditions. *Malacologia*, v.33, p. 43-54, 1991.

PRENTICE, M. A. Schitodomiasis and its intermediate hosts in the lesser Antillean Islands of the Caribbean. *Bulletin Pan american Health Organization*, v.14, n.3, p.258-268, 1980.

REDDY, C. S. Biological invasion - global terror. *Current Science*, v. 94, p. 1235, 2008.

SANTOS, C. M.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M., The introduced snail *Melanoides tuberculatus* (Muller, 1774) (Mollusca: Thiaridae) in aquatic ecosystems of the

Brazilian Semiarid Northeast (Piranhas-Assu River basin, State of Rio Grande do Norte), *Braz. J. Biol.*, v. 70, n. 1, p. 1-7, 2010.

SCHUSTER, R. K.; JITKA A. A.; O'DONOVAN. D. *Gigantobilharzia melanoidis* n.sp. (Trematoda: Schistosomatidae) from *Melanoides tuberculata* (Gastropoda: Thiariidae) in the United Arab Emirates. *Parasitol Res.* v. 113, p. 959–972, 2014.

SHIMIZU, G. Y. Represa de Americana: aspectos do bentos litoral. Dissertação (Mestrado). 148p. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978.

SOUSA, C. P.; LIMA, L. C. Moluscos de interesse parasitológico do Brasil. Série Esquistossomose 1, Centro de Pesquisa René Racho, Fundação Oswaldo Cruz. Belo Horizonte. 1990. 76 p.

CAPÍTULO 1

DENSIDADE DO GASTRÓPODE INVASOR *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774)
ASSOCIADO ÀS MACRÓFITAS AQUÁTICAS *Egeria densa* E *Chara indica* EM
RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO POTIGUAR BRASILEIRO.

RESUMO

Nos últimos anos os estudos sobre moluscos invasores vêm se tornando cada vez mais importantes em decorrência dos impactos que esses organismos causam ao ambiente, a economia e a saúde do ser humano. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi verificar a influência da macrófitas aquáticas *Egeria densa* e *Chara indica* sobre a densidade do molusco invasor *Melanoides tuberculata*. O estudo foi desenvolvido no reservatório de Santa Cruz, Apodi, semiárido brasileiro, nos meses de setembro/2013 e abril/2014. Nestes meses foram selecionadas aleatoriamente quatro áreas dentro de um banco da macrófita *E. densa*, quatro áreas de um banco da macrófita *C. indica* e quatro áreas sem a ocorrência de *E. densa* e *C. indica*. Com o auxílio de um coletor circular com 15,7 cm de diâmetro foram coletas amostras de ambas as espécies vegetais e de molusco para a determinação da densidade do gastrópode. As variáveis físicas e químicas da água foram obtidas com um multissensor de variáveis limnológicas em cada ponto de coleta. Também foram coletados fragmentos das macrófitas para determinação da complexidade do habitat. Os resultados mostraram que no mês de Setembro/2013 a densidade média do molusco *M. tuberculata* no banco da *Chara indica* (9729,6 ind.m⁻²) foi significativamente superior à densidade do molusco no banco de *Egeria densa* (2279,3 ind.m⁻²) e a densidade das regiões sem macrófitas (455,8 ind.m⁻²). Já no mês de abril/2014, as densidades nos bancos de *C. indica* e *E. densa* não apresentarem diferenças significativas com valores de 8891,7 ind.m⁻² e 7971,3 ind.m⁻² respectivamente, porém ambas densidades foram significativamente superiores da região sem macrófitas. Conclui-se por tanto que a presença da *C. indica* foi importante para as altas densidades do molusco no mês de Setembro/2013, porém no mês de Abril/2014, tanto a *C. indica*, quanto a *E. densa* foram importantes para as elevadas densidades do molusco invasor *M. tuberculata*.

PALAVRAS-CHAVE: Molusco, Complexidade de Habitat, Reservatório de Santa Cruz-Apodi

INTRODUÇÃO

O processo de invasão biológica é caracterizado por espécies que além de serem introduzidas em um novo ambiente, as chamadas espécies exóticas, possuem potencial adaptativo aos ambientes que colonizam, conseguindo sucesso no processo de estabelecimento, sendo que este processo pode ser favorecido por fatores antrópicos (VERMEIJ, 1996; REDDY, 2008; MARK, 2009). Quando uma espécie exótica é introduzida, existe uma série de fatores que influenciam no estabelecimento de grandes densidades desses organismos, tais como, rápido desenvolvimento sexual, elevada capacidade reprodutiva e ausência de predadores naturais, competidores e parasitas (STRAYER et al., 2006; MARK, 2009).

Os moluscos invasores em elevadas densidades podem causar perturbação ao ambiente, tais como, queda do número de indivíduos da população nativa que podem gerar desequilíbrio ao ecossistema (PHILLIPS et al., 2010, LADD; ROGOWSKI, 2012), danos econômicos, por serem portadores de parasitas causadores de doenças em organismos de cultivo que quando são infectados pode causar eventualmente mortalidade desses organismos de valor comercial (ANDRADE et al., 2012) e a saúde pública, por ser portador de parasitas que causam doenças em animais e seres humanos (PINTO; MELO, 2010, ANDRADE et al., 2012).

Outros fatores que afetam a densidade, distribuição e abundância dos moluscos exóticos são a disponibilidade e quantidade de alimentos, bem como, o tipo de sedimento (orgânico, areia, argila), substrato (rocha, madeira, macrófitas aquáticas) e qualidade da água (temperatura, oxigênio e substâncias dissolvidas) (MARK, 2009, FERNÁNDEZ; REID, 2012). A diversidade e densidade de organismos também estão relacionadas à complexidade de habitat, sendo que os mais estruturados proporcionam refúgios para vários invertebrados e pequenos peixes (THOMAZ; CUNHA, 2010; FERNÁNDEZ; REID, 2012). A complexidade de um habitat pode ocorrer pela presença de pedras, galhos secos de plantas, no entanto o fator que mais influencia a complexidade ambiente aquático é a presença de macrófitas aquáticas (THOMAZ; CUNHA, 2010).

Devido às altas taxas de produção de biomassa, especialmente em ambientes tropicais, as macrófitas são importantes fontes de recurso alimentar para os organismos aquáticos, fornecendo alimento, substrato e abrigo para moluscos herbívoros e

detrítivos (THOMAZ; CUNHA, 2010, FERNÁNDEZ; REID, 2012). Os bancos de macrófitas aquáticas ao se expandirem pelo ambiente aquático contribuem para o aumento da abundância de invertebrados, tais como os moluscos invasores (SANTOS et al., 2010; ROCHA et al., 2012). Além do alimento o gastrópode *M. tuberculata* busca as macrófitas por proporcionar uma estrutura de habitats mais complexa, fornecendo abrigo contra predadores (BRONMARK, 1989, TOMAZ et al., 2008, FERNÁNDEZ; REID, 2012)

A espécie *M. tuberculata* é de origem afro-asiático de água doce, partenogénico e com hábito alimentar constituído de algas perifíticas, matéria orgânica em decomposição e bactérias depositadas sobre o sedimento (DUDGEON, 1986, POINTIER, et al., 1991). Caracterizado por ser um molusco *r* estrategista, com grande longevidade, se reproduz por partenogênese, possui ainda alta natalidade, crescimento rápido e baixa mortalidade (SAMADI et al., 1999, ANDRADE et al., 2012, SHUHAIMI-OTHMAN et al., 2012). Este molusco consegue manter altas densidades populacionais por longos períodos de tempo, porém a presença do *M. tuberculata*, pode acarretar malefícios sejam eles econômicos, de saúde pública ou ambientais. Além disto, o molusco *M. tuberculata* pode ser hospedeiros intermediário do *C. formosanus*, popularmente conhecido como "trematoda de brânquias", que usam os peixes como hospedeiro definitivo, ao serem infectados os peixes produzem respostas inflamatórias em suas brânquias afetando diretamente a saúde do animal e eventualmente sua morte, gerando perdas econômicas (ANDRADE et al., 2012.)

O molusco invasor *M. tuberculata* também pode transmitir parasitas para os seres humanos pelo fato de ser o hospedeiro intermediário do patógeno causador da esquistossomose (FERNANDEZ et al., 2014). Recentemente descobriu-se ainda uma nova espécie de parasita (*Gigantobilharzia melanoïdis*) que utiliza este molusco como hospedeiro intermediário, tendo como hospedeiro definitivo as aves que ao serem consumida pelo ser humano pode causar doenças (SCHUSTER et al., 2014). Outro problema oriundo da invasão de *M. tuberculata*, diz respeito à redução da fauna nativa no ambiente que se estabelece. Pointier et al. (1991) demonstraram que a invasão de *M. tuberculata* teve como consequência o desaparecimento de *Biomphalaria glabrata* e a diminuição de *Biomphalaria straminea* configurando um problema de perda da biodiversidade.

Devido ao molusco *M. tuberculata* ser uma espécie invasora que vem provocando diferentes problemas dá-se a necessidade de estudos sobre fatores que influenciam sua proliferação e aumento da densidade, tais como presença das macrófitas aquáticas. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo verificar a influência das macrófitas aquática *Egeria densa* e *Chara indica* sobre a densidade do molusco invasor *M. tuberculata*, bem como verificar influência da sazonalidade sobre a densidade do molusco invasor.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no reservatório de Santa Cruz, localizado da bacia do rio Apodi/Mossoró, no semiárido do Rio Grande do Norte (RN) ($5^{\circ}46'02,26''S$ e $37^{\circ}47'53,36''W$) (Figura 1). O reservatório, concluído em 2002, possui área de 3.413,36 ha e capacidade máxima de aproximadamente 600 milhões de m^3 , possuindo a segunda maior capacidade de reserva hídrica do Rio Grande do Norte. E é classificado como mesotrófico (HENRY-SILVA et al., 2013).

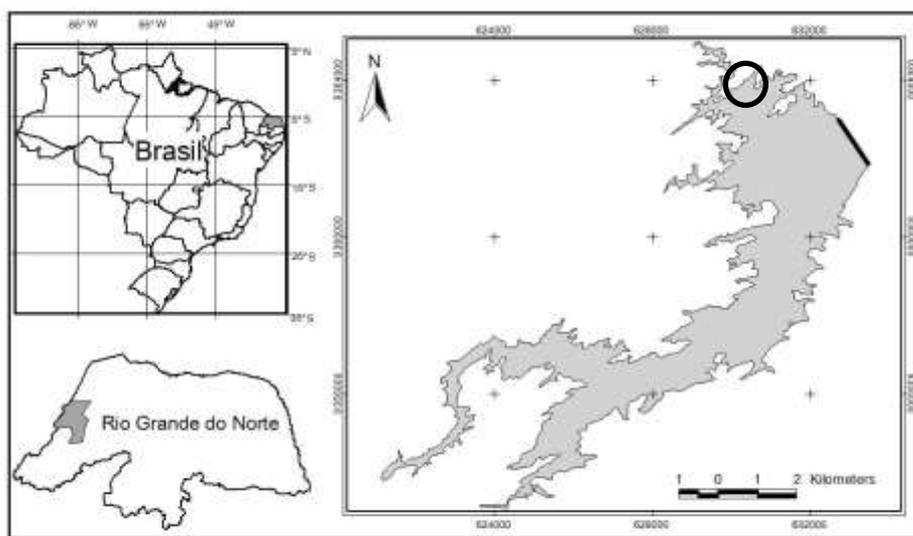


Figura 1: Mapa do reservatório de Santa Cruz-RN, parte superior destacada mostra a região na qual foram feitas as coletas ($5^{\circ} 45' 9,195''$ sul, $37^{\circ} 48' 51,760''$ Oeste).

Dados de precipitação do período avaliado foram obtidos através da ANA - Agência Nacional de Águas. Foram realizadas duas coletas, sendo uma em setembro/2013 e outra em abril/2014, que correspondem respectivamente ao período seco e chuvoso da região. Para avaliação dos efeitos das macrófitas sobre a densidade

do molusco, foram selecionadas quatro áreas dentro de um banco da macrófita *Egeria densa*, quatro áreas de um banco da macrófita *Chara indica*, também foram selecionadas quatro áreas que não possuíam as espécies vegetais. Em todas as áreas de coleta foram feitas três replicas. As variáveis físicas e químicas da água como temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, foram aferidos por um multisensor de variáveis limnológicas em cada área de coleta, além disso foi coletada água para determinação em laboratório do fósforo total (GOLTERMAN et al., 1978) e Nitrogênio total (KOROLEFF, 1976).

As amostragens das macrófitas *E. densa* e *C. indica* foram feitas com um coletor circular de 15,7 cm de diâmetro, o material coletado foi cuidadosamente retirado e colocado em sacos plásticos devidamente identificados e posteriormente acondicionado em caixas térmicas. Para realizar a remoção do molusco gastrópode *M. tuberculata* associado ao material vegetal, o material foi lavado, em peneiras de 2 mm de malha. Após a separação dos moluscos do material vegetal, foi realizada a contagem dos indivíduos vivos de *M. tuberculata*.

Para a determinação da complexidade de habitat foram coletados quatro fragmentos de 20 cm de comprimento da *E. densa* e quatro fragmento de 20 cm de comprimento da *C. indica*, em laboratório os fragmentos foram colocados em aquários de (10x10x20 cm) cheios com água, em seguida foram tiradas fotos dos quatro lados do aquário cobrindo toda sua área lateral, essas imagem foram transferidas para o programa Gimp sendo transformadas para preto e branco, além de melhorados o brilho e contraste das fotos. Por fim as imagens foram transferidas para Programa Fractop (JELINEK, CORNFORTH e WEYMOUTH, 2003), onde o método de contagem de caixa (grade limite Método - SUGIHARA e MAY, 1990) foi usado para estimar dimensão fractal (D).

Para avaliar as diferenças significativas das densidades do molusco nos bancos de *E. densa*, *C. indica* e áreas sem macrófitas, utilizou-se um teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e a posteriori o Student-Newman-Keuls quando encontradas diferenças significativas, após não serem atendidos os pressupostos de normalidade e homogeneidade da variância, segundo os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Para avaliar a diferença significativa da dimensão fractal entre a *E. densa* e *C. indica*, aplicou-se o teste t, após atendido os pressupostos. A Análise dos

Componentes Principais (ACP) foi aplicada no intuito de ordenar os pontos de amostragem, a partir da matriz de correlação das variáveis físicas e químicas. O teste não paramétrico de wilcoxon foi aplicado para avaliar a diferença da densidade do *M. tuberculosis* entre os meses de coleta, após não serem atendidos os pressupostos de normalidade e homocedasticidade. Todos os testes estatísticos foram realizados sob uma probabilidade de 5%.

RESULTADOS

Em 2013 a precipitação anual foi de 478 mm, a maior precipitação ocorreu no mês de abril/2013 (323 mm) e nos quatro meses que antecederam a primeira coleta em setembro/2013, ocorreu uma precipitação de 136 mm. Em 2014 a precipitação anual foi de 574 mm, porém nos quatro meses que antecederam a segunda coleta em abril/2014 a precipitação foi de 279 mm, revelando que ocorreu uma maior precipitação nos primeiros meses do ano. Nos meses de setembro/2013, quando foi realizada a primeira coleta, não houve precipitação, enquanto que no mês de abril/2014, quando houve a segunda coleta, a precipitação foi de 161,1 mm(Figura 2).

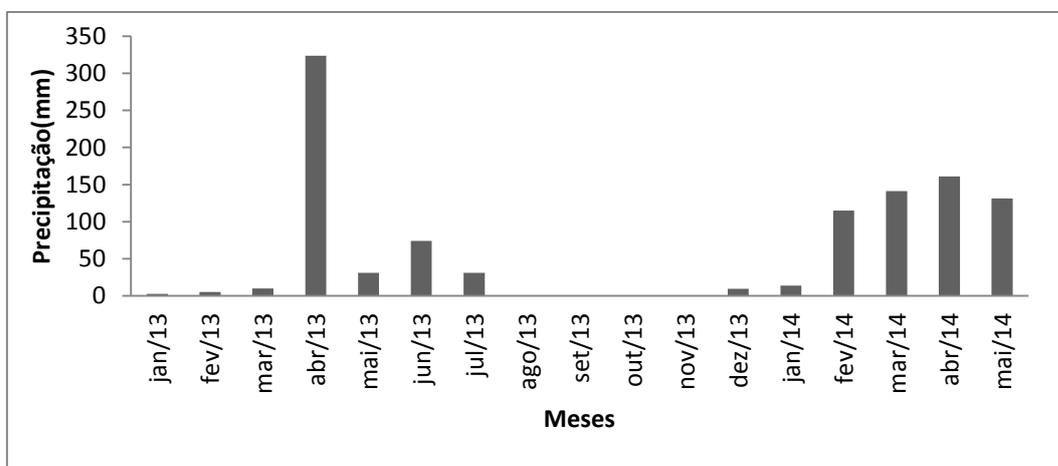


Figura 2: Precipitação média (mm) no reservatório de Santa Cruz - Apodi/RN de janeiro/2013 a maio/2014 (Fonte: Agência Nacional de Águas/ANA - 2013/2014)

A análise de componentes principais (ACP), para as variáveis ambientais nos dois períodos do ano analisados, resumiu 70,65% da variabilidade total dos dados limnológicos em seus dois primeiros eixos, sendo que o primeiro eixo explicou 41,70% da variância total encontrada e o segundo eixo explicou 28,95%. As variáveis mais importantes para a ordenação dos pontos de coleta no eixo um foram, temperatura, condutividade, nitrogênio total e clorofila, respectivamente. Para o eixo dois as

variáveis mais importantes foram, pH, oxigênio dissolvido e fósforo total respectivamente. A correlação das variáveis com os eixos obedeceram ao valor de $|0,6|$

A ACP mostrou que não houve distinção entre períodos secos e período de chuva, em que os pontos do período seco e do período chuvoso apresentaram-se sobrepostos. Os valores de temperatura e clorofila mais elevados foram encontrados na região que não possuía macrófitas. Já os maiores valores de condutividade elétrica e nitrogênio total foram encontrados nas regiões com *C. indica* e *E. densa*, com relação ao pH e ao fósforo total os maiores valores são encontrados nas regiões com *E. densa* e regiões sem macrófitas. Com relação ao oxigênio dissolvido os maiores valores foram observados nas regiões que possuíam a *C. indica*.

Tabela 2: Correlação das variáveis limnológicas dos pontos de coleta

	Eixo 1	Eixo 2
Temperatura	0,853180	0,291775
pH	0,426589	0,793838
Condutividade	-0,628842	-0,144181
Oxigênio dissolvido	-0,324879	-0,663666
Fósforo Total	-0,333259	0,741878
Nitrogênio Total	-0,863125	0,390354
Clorofila a	0,807630	-0,383462

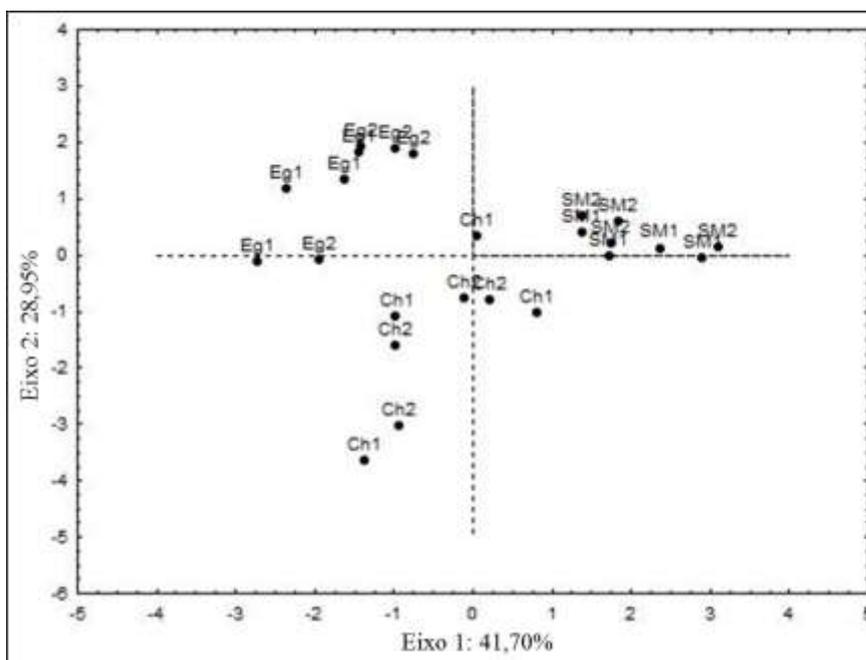


Figura 3: Análise de componentes principais (ACP) dos valores das variáveis ambientais nos dois períodos de coleta (Eg1 – *E. densa*, Ch1 – *C. indica*, SM1- Região sem

macrófitas) – Setembro/2013, (Eg2 – *E. densa*, Ch2 – *C. indica*, SM2- Região sem macrófitas)
– Abril/2014.

No mês de setembro/2013 a maior densidade média do molusco *M. tuberculata* foi encontrada no banco de *C. indica* (9729,6 ind.m²), no banco de *E. densa* a densidade média foi de 2279,3 ind.m², a menor densidade média foi encontrada na área sem macrófitas (455,8 ind.m²). A densidade do *M. tuberculata*, foi significativamente superior no banco de *C. indica* com relação aos demais tratamentos, no entanto, a densidade do banco de *E. densa* e áreas sem macrófitas, foram semelhantes entre si, fato que mostra a preferência do *M. tuberculata* pelo banco da *C. indica* quando relacionado ao banco de *E. densa* e áreas sem macrófitas ($p=0,0073$)(Figura 4A).

No mês de abril/2014 a densidade do *M. tuberculata* no banco da *C. indica* (8891,7 ind.m²), não diferiu significativamente da densidade encontrada no banco da *E. densa* (7971,3 ind.m²), porém ambas densidades foram significativamente superiores a densidade encontrada no tratamento sem macrófitas (2214,2 ind.m²)($p=0,007$) (Figura 4B). A densidade média total (média das densidades nas três regiões de coleta) no mês de setembro/2013 foi (4986 ind/m²), porém no mês de abril/2014 houve um aumento nessa densidade média total (6443 ind/m²).

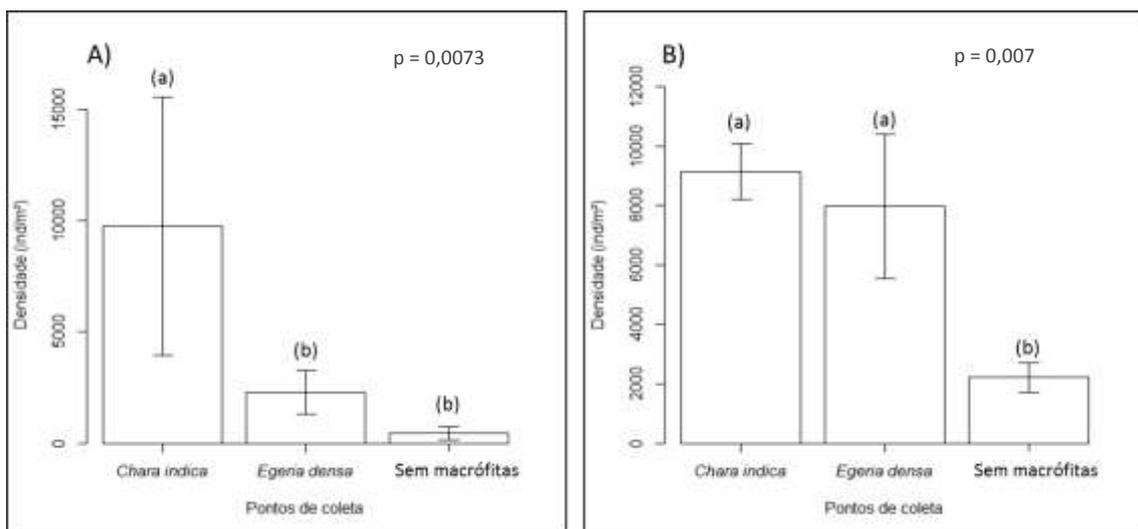


Figura 4: Densidade média e desvio padrão do *M. tuberculata* nos bancos vegetais e áreas sem macrófitas(A - Setembro-2013, B - Abril-2014), diferentes letras representam diferenças significativas entre os tratamentos segundo o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis

No banco de *C. indica*, não existiu diferença significativa na densidade média do molusco *M. tuberculata* nos períodos de coleta. Com relação ao banco de *E. densa* no mês de abril/2014 a densidade média foi significativamente superior a densidade média no mês de setembro/2013. Na região sem macrófitas a densidade média no mês de abril/2014 foi significativamente superior a densidade no mês de setembro/2013(Figura 5).

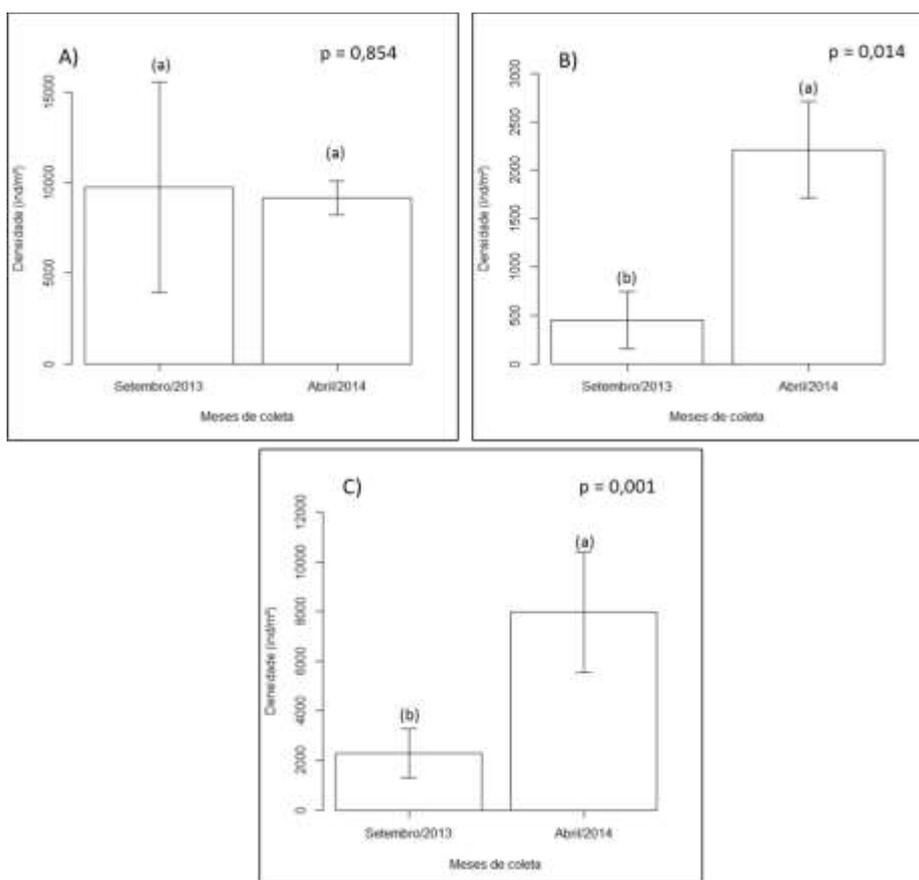


Figura 5: Densidade média e desvio padrão do *M. tuberculata*, nos pontos de coleta em diferentes épocas do ano (A- Banco de *C. indica*, B- Banco de *E. densa*, C- Sem macrófitas). As diferentes letras mostram as diferenças significativas através da análise não paramétrica dos tratamentos entre nos dois meses estudados (Setembro/2013 e Abril/2014), através do teste de não paramétrico de Wilcoxon

O valor médio da dimensão fractal foi significativamente inferior para a *C. indica* (1,63), mostrando que a *C. indica* possuiu menor complexidade de habitat quando relacionada com a *E. densa* (1,81) (Figura 6).

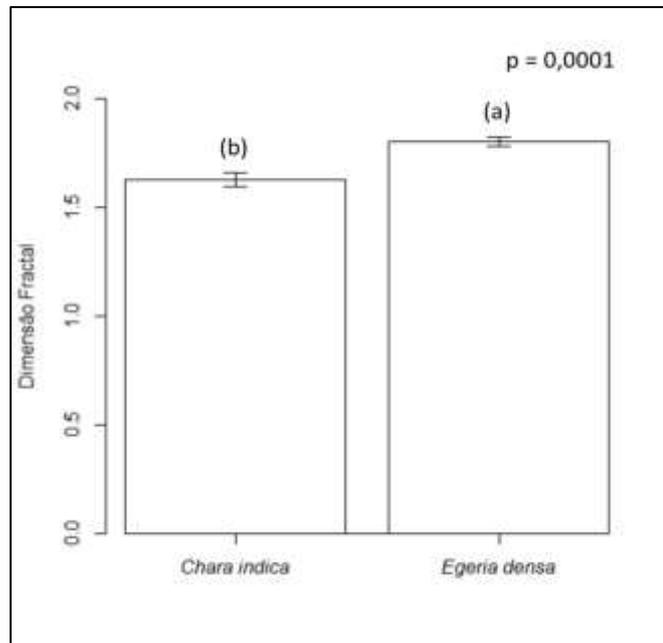


Figura 6: Valores médios e desvio padrão da dimensão fractal encontrado da *C. indica* e na *E. densa*, as diferentes letras mostram a diferença significativa da dimensão fractal entre as macrófitas, através do teste t

DISCUSSÃO

A densidade de moluscos de água doce é tradicionalmente explicada por propriedades abióticas, físicas e químicas da água que são consideradas primordiais (PEREIRA et al., 2011, KOTZIAN; AMARAL, 2013). A ACP evidencia que nas regiões com valores mais baixos de pH e maiores valores de oxigênio dissolvido do estudo ocorreram no banco *C. indica*, no qual, nessas regiões ocorreu maior densidade de *M. tuberculata*. Estudo desenvolvido por Sá et al. (2013) mostraram que espécies de prosobrânquios dependem de águas bem oxigenadas para sua respiração. Bukowski e Auld, (2014), observaram que valores elevados de pH são importantes para os moluscos, pelo fato desses indivíduos necessitarem da água alcalina e alta concentração de íons (especialmente cálcio) para a fabricação de suas conchas, no entanto, no presente estudo as maiores densidades do *M. tuberculata* foram encontradas em regiões com baixos valores de pH dentre as regiões estudadas. As maiores densidades do *M. tuberculata* no presente estudo, ocorreram em regiões com maiores valores de oxigênio

dissolvido, provavelmente pelo fato do molusco invasor necessitar de águas bem oxigenadas para sua respiração.

No presente trabalho, constatou-se que as maiores densidades do molusco estudado foram encontradas em regiões com menores temperaturas. Neste sentido, Moor e Day (2002), relatou que a presença de moluscos de água doce foi principalmente influenciada pela temperatura, pois o número de indivíduos do molusco diminuiu com o aumento da temperatura da água. Nesse contexto, observaram-se as maiores densidades do *M. tuberculata* em locais com menor temperatura, isso nos permite supor que baixar temperaturas provavelmente possui uma influência positiva sobre densidade do molusco invasor.

Verificou-se na presente pesquisa que a sazonalidade não exerceu influência na densidade do *M. tuberculata*, na qual, não se observou padrão de densidade do molusco quando relacionado à precipitação. Estudo desenvolvido no estado da Bahia, nordeste do Brasil, com o *M. tuberculata*, mostrou resultado oposto, na qual, a precipitação influenciou a densidade, em que, nos períodos de baixa precipitação a densidade do molusco aumentou, pelo fato das baixas pluviosidades terem provocado declínio das populações de outros moluscos influenciando no aumento da população do *M. tuberculata*. (KOTZIAN; AMARAL, 2013). No entanto, no presente estudo não se observou influência da precipitação, provavelmente devido a uniformidade climática que se apresentou semelhante durante o período estudado.

Evidenciou-se que o *M. tuberculata*, preferiu regiões que possuíam macrófitas aquáticas, porém suas maiores densidades ocorreram nas regiões que possuíam *C. indica* no meses de setembro-2013. Mormul et al., (2010) descreveu em seu trabalho que as macrófitas aquáticas são importantes por servirem como substrato para o crescimento do perifíton, que é a principal fonte alimentar do moluscos gastrópode, além disso as macrófitas servem como abrigo contra predadores. Já Thomaz e Cunha (2010) relataram que as macrófitas aquáticas, possuíam maior complexidade de habitat foram responsáveis por uma maior diversidade da fauna bentônica, pois apresentam maior disponibilidade e variedade de alimentos, bem como proporcionam uma maior gama de micro-habitats. Tais autores evidenciam que, a diferença na estrutura das espécies de macrófitas tem papel determinante na comunidade de invertebrados

aquáticos associados, além disso, foi verificado que uma espécie de macrófita mais complexa abriga uma maior diversidade de macroinvertebrados.

O fato das maiores densidades do *M. tuberculata* serem encontradas nas regiões que apresentaram as macrófitas *C. indica* e *E. densa*, pode ser explicado por as macrófitas aquáticas possuírem grande importância quando se trata de recursos alimentares, devido o molusco se alimentar das algas epífitas presentes nas macrófitas, além de serem utilizadas como abrigo contra predação. No entanto, a preferência do molusco pela *C. indica* no mês de setembro/2013, possivelmente ocorreu pelo fato dos habitats menos complexos possuírem menor número de espécies, assim, espécies de moluscos menores como *M. tuberculata* preferem esse tipo de habitat, já que a maior diversidade em ambientes mais complexos gera maior competição por espaço e alimento. Porém, o fato de no mês de abril/2014 o molusco invasor ter ocupado tanto as regiões com a *C. indica*, quanto às regiões com a *E. densa*, provavelmente ocorreu pelas elevadas densidades do *M. tuberculata*. Fato que levou o molusco a se adaptar e ocupar diferentes ambientes com complexidades de habitats distintas. Conclui-se, portanto, que a presença da macrófita *C. indica* influenciou as altas densidades do molusco no mês de Setembro/2013, porém no mês de Abril/2014, ambas as espécies de macrófitas foram importantes para as altas densidades do molusco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br>. Acesso em: 12/2014

ANDRADE, P. C.; PINTO, H. A.; COSCARELLI D.; VIDIGAL, T. H. D. A.; MELO, A.L. The natural infection of *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) (Mollusca: Gastropoda) by *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Platyhelminthes: Trematoda) in Paranoá lake, Brasília, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. v. 72, n. 2, p. 419-420, 2012.

BRÖNMARK, C. Interactions between epiphytes, macrophytes and freshwater snails: A review. *Journal of Molluscan Studies*. v. 55, p. 299-311, 1989.

BUKOWSKI S. J.; AULD J. R. The effects of calcium in mediating the inducible morphological defenses of a freshwater snail, *Physa acuta*. *Aquat Ecol.* v.48, p.85–90, 2014.

DUDGEON, D. The life cycle, population dynamics and productivity of *Melanoides tuberculata* (Muller, 1774) (Gastropoda, Prosob., Thiaridae) in Hong Kong. *Journal. Of zoology*, v.208, p. 3753, 1986.

FERNÁNDEZ, H. H.; REID, B. Invertebrate distribution on a macroalgae/macrophyte mixed mat in flowing water. v. 181, n. 4, p. 289–299, 2012.

FERNÁNDEZ, M. A.; MATTOS, A. C.; SILVA, E. F.; SANTOS, S. B.; THIENGO, S. C. A malacological survey in the Manso Power Plant, State of Mato Grosso, Brazil: new records of freshwater snails, including transmitters of schistosomiasis and exotic species. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical.* v.47, n. 4, p.498-506, 2014.

GOLTERMAN, H. L.; CLIMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. *Methods for physical and chemical analysis of fresh waters.* 2.ed. Oxford: IBP, 1978. 213 p.

HENRY-SILVA, G. G.; SANTOS, R. V.; MOURA, R. S. T.; BUENO, N. C. Primeiro registro de *Chara indica* e *Chara zeylanica* Charophyceae, Charales, Characeae) em reservatórios do semiárido do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Biotemas*, v.26, n.3, p. 243-248, 2013.

JELINEK, H.; CORNFORTH, D.; WEYMOUTH, L.; 2003. FracTopv.0.3b. Disponível em: <http://seal.tst.adfa.edu.au/~s3165516/Fractop>. Access em: Abril, 2014.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. Em: GRASSHOFF, K. (Ed.). *Methods of seawater analysis.* New York: Verlag Chemie Weinheim, 1976. p.117-181.

KOTZIAN, C. B.; AMARAL, A. M. B. Diversity and distribution of mollusks along the Contas River in a tropical semiarid region (Caatinga), Northeastern Brazil. *Biota Neotrop.* v.13, n. 4, p. 299-314, 2013.

LADD H. L. A.; ROGOWSKI, D. L. Egg predation and parasite prevalence in the invasive freshwater snail, *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) in a west Texas spring system, *Aquatic Invasions*. v. 7, n. 2, p. 287–290, 2012.

MOOR I. J.; DAY J. A.; Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Arachnida and Mollusca. Water Research Commission Report. Pretoria-South Africa. v. 6, p. 182, 2002.

MARK A. D. *Invasion Biology*, Oxford Biology, 288p, 2009

MORMUL, R. P.; THOMAZ, S. M.; SILVEIRA, M. J.; E RODRIGUES, L.. Epiphyton or macrophyte: Which primary producer attracts the snail *Hebetancylus moricandi*?. *American Malacological Bulletin*. v.28, p. 127-133, 2010.

PHILLIPS C. T.; ALEXANDER M. L.; HOWARD R. Consumption of eggs of the endangered fountain darter (*Etheostoma fonticola*) by native and nonnative snails. *The Southwestern Naturalist*. v.55, p.115–117, 2010.

PEREIRA D.; ARRUDA J. O.; MENEGAT R.; PORTO M. L.; SCHWARZBOLD A.; HARTZ S. M. Guildas tróficas, composição e distribuição de espécies de moluscos límnicos no gradiente fluvial de um riacho subtropical brasileiro. *Biotemas*, v. 24, n.1, p. 21-36, 2011.

PINTO, H. A.; MELO, A. L. *Melanooides tuberculata* (mollusca: thiaridae) as an intermediate host of *Centrocestus formosanus* (trematoda: heterophyidae) in Brazil. *Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo*. v.52, n. 4, p. 207-210, 2010.

POINTIER, J. P.; TOFFART, J. L.; LÉFÉVRE, M. Life tables of freshwater snails of the genus *Biomphalaria* (*B. glabrata*, *B. alexandrina*, *B. straminea*) and one of its competitors *Melanooides tuberculata* under laboratory conditions. *Malacologia*, v.33, p. 43-54, 1991.

REDDY, C. S. Biological invasion - global terror. *Current Science*, v. 94, p. 1235, 2008.

ROCHA, C. M. C.; ALVES, A. E.; CARDOSO, A. S.; CUNHA, M. C. C. Macrófitas Aquáticas como Parâmetro no Monitoramento Ambiental da Qualidade da Água. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v. 4, p. 970-983. 2012.

SÁ, R.L.; SANTIN, L.; AMARAL, A.M.B.; MARTELLO, A.R.; KOTZIAN, C.B. Diversity of mollusks in streams of a montane region in southern Brazil. *Biota Neotrop.* v.13, n.3, 2013.

SAMADI, S.; MAVAREZ, J.; POINTER, J. P.; DELAY, B.; JARNE, P., Microsatellite and morphological analysis of population structure in the parthenogenetic freshwater snail *Melanoides tuberculata*: insights into the creation of clonal variability. *Molecular Ecology*, v. 8, n.7, p. 1141-1153, 1999.

SANTOS, C. M.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M.; The introduced snail *Melanoides Tuberculatus* (Muller, 1774) (Mollusca: Thiaridae) in aquatic ecosystems of the Brazilian Semiarid Northeast (Piranhas-Assu River basin, State of Rio Grande do Norte). *Braz. J. Biol.* v. 70, n. 1, p. 1-7, 2010.

SHUHAIMI-OTHMAN, M.; NUR-AMALINA, R.; NADZIFAH, Y. Toxicity of Metals to a Freshwater Snail, *Melanoides tuberculata*. *The ScientificWorld Journal*. v. 2012, p. 10, 2012.

SCHUSTER, R. K.; JITKA, A. A.; O'DONOVAN, D. *Gigantobilharzia melanoidis* n.sp. (Trematoda: Schistosomatidae) from *Melanoides tuberculata* (Gastropoda: Thiaridae) in the United Arab Emirates. *Parasitol Res.* 113:959–972. 2014.

STRAYER, D. L.; EVINER, V. T.; JESCHKE, J. M.; PACE, M. L. Understanding the long-term effects of species invasions. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 21, p. 647-651, 2006.

SUGIHARA, G.; MAY, R.M. Applications of fractals in ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 5, p. 79-86, 1990.

THOMAZ S. M.; CUNHA, E. R. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversit. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 22, n. 2, p. 218-236, 2010,

THOMAZ, S.M.; DIBBLE, E.D.; EVANGELISTA, L.R; HIGUTI, J.; BINI, L.M; Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. *Freshwater Biology*, v. 53, p. 358-367. 2008.

VERMEIJ, G. J. An agenda for invasion biology. *Biological Conservation*, v. 78, p. 3-9, 1996.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DA PREFERÊNCIA DO MOLUSCO INVASOR *Melanoides tuberculata* PELAS MACRÓFITAS AQUÁTICAS *Egeria densa* E *Chara indica*

RESUMO

Estudos sobre espécies invasoras, tais como o gastrópode *Melanoides tuberculata*, vêm se tornando extremamente relevantes, visto que estes organismos podem causar efeitos negativos ao ambiente, a economia e até a saúde pública. Neste contexto, é importante realizar estudos que abordem os fatores que facilitam o aumento da densidade desses moluscos invasores, como por exemplo, a presença das macrófitas aquáticas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a preferência do molusco invasor *M. tuberculata* pelas macrófitas aquáticas *Egeria densa* e *Chara indica*. O experimento constituiu-se de doze unidades experimentais (aquários de vidro), sendo que cada unidade possuía dimensões de 30x15x15 cm, subdivida em três compartimentos. Em cada unidade experimental foram adicionados três litros de água, sendo que em dois compartimentos foram adicionados aleatoriamente fragmentos de *E. densa* e *C. indica* e um compartimento ficou sem planta (controle). Na parte central do aquário adicionaram-se os moluscos equidistantes dos três compartimentos. O experimento teve duração de 24 horas, sendo que a cada hora contabilizava-se a quantidade de organismos presentes em cada compartimento. Foram aferidas as variáveis físicas e químicas da água no início e fim do experimento. Fragmentos de macrófitas foram coletados para determinação da complexidade do habitat através do programa Fractop. Após 24 horas, os resultados mostraram que o maior valor médio de indivíduos ocorreu no tratamento que possuía *Chara indica* (dez indivíduos), que diferiu significativamente do tratamento que possuía *E. densa* (quatro indivíduos) e do tratamento controle (dois indivíduos). Os tratamentos com a *E. densa* e o controle foram semelhantes entre si. Evidenciando, provavelmente, a preferência do molusco pela *C. indica*.

PALAVRAS CHAVE: Estrutura de habitat, gastrópode, variáveis físicas e químicas

INTRODUÇÃO

Estudos sobre espécies invasoras vêm se tornando cada vez mais frequentes, devido aos efeitos negativos que esses organismos podem causar, como por exemplo: (i) redução e eliminação de espécies nativas; (ii) mortalidade de espécies de cultivo com valor comercial, que são infectadas por parasitas e (iii) problemas relacionados a saúde pública, por serem vetores de doenças para animais e humanos (FERNÁNDEZ et al., 2003, ARANGO et al., 2009, KRAILAS et al., 2014). Alguns destes problemas podem ser observados no Brasil após a introdução do *Melanoides tuberculata*, que é um gastrópode de água doce e origem afro-asiática (PESO et al., 2011). Caracterizado por ser um molusco *r* estrategista, ovovivípara com grande longevidade, se reproduz por partenogênese, por esses fatos conseguem manter altas densidades populacionais por longos períodos de tempo, possui ainda alta natalidade, crescimento rápido e baixa mortalidade (SAMADI et al., 1999, ANDRADE et al., 2012, SHUHAIMI-OTHMAN et al., 2012).

Em reservatório no sudeste do Brasil, a presença do *M. tuberculata* causou a eliminação de diferentes espécies de moluscos dentre eles alguns pertencentes às famílias Ancyllidae e Planorbididae (DORNFELD et al., 2004). Provavelmente, o deslocamento desses moluscos nativos foi causado como resultado da competição por espaço e alimento ou predação dos seus ovos e juvenis dos moluscos nativos pelo *M. tuberculata*. Essa predação, no entanto pode não ter sido intencional, pois o *M. tuberculata* é um herbívoro generalista e a ingestão de ovos pode ter sido um efeito indireto do pastejo (SHIMIZU, 1978, PHILLIPS et al., 2010, LADD; ROGOWSKI, 2012).

O molusco *M. tuberculata* além de poder gerar problemas ecológicos ao ambiente em que se estabelece, também pode causar problemas de saúde pública por ser hospedeiro intermediário de vários parasitas causadores de doenças em animais e no homem (SCHUSTER et al., 2014; FERNANDEZ et al., 2014). Pelo fato desses organismos causarem esses efeitos negativos dá-se a importância de conhecer os fatores que podem influenciar na sua distribuição e densidade tais como disponibilidade de alimentos, qualidade da água e a influência de organismos que possam favorecer o seu estabelecimento, como, por exemplo, as macrófitas aquáticas (MARK, 2009, FERNÁNDEZ; REID, 2012).

As macrófitas aquáticas incluem vegetais de diferentes grupos, desde as algas, passando por briófitas, pteridófitas até vegetais superiores como as angiospermas (THOMAZ; ESTEVES, 2011). Esses vegetais aquáticos são importantes por serem utilizados como recurso alimentar para os invertebrados aquáticos, fornecendo tanto perifiton para herbívoros, quanto matéria orgânica morta para detritívoros (THOMAZ; ESTEVES, 2011; MORMUL et al., 2010, FERNÁNDEZ; REID, 2012). Além disso, macrófitas podem colonizar ambientes rasos, onde se tornam componentes importantes, pois aumentam a complexidade do habitat e influenciam outras assembleias aquáticas, interferindo na densidade e na biodiversidade de animais nativos e exóticos, tais como os moluscos (THOMAZ et al., 2008; THOMAZ; CUNHA 2010, THOMAZ; ESTEVES, 2011).

A presença de moluscos de água doce pode gerar impactos diretos nas populações das macrófitas aquáticas. A relação entre ambos pode ser de mutualismo, pois o molusco consome o perifiton associado a folhas das macrófitas, diminuindo os efeitos de sombreamento e competição por nutrientes para estes vegetais, enquanto o molusco se beneficia nutricionalmente (KUAN et al., 2009, MORMUL et al., 2010). Por outro lado, maiores densidades afetam negativamente o crescimento das macrófitas, pois os gastrópodes podem mudar o hábito alimentar de perifiton para os tecidos vegetais (KUAN et al., 2009). Neste contexto, é importante a realização de estudos sobre a relação das macrófitas aquáticas e a espécie *M. tuberculata*, visando compreender melhor a importância de suas interações e como as mesmas podem influenciar no estabelecimento e no aumento de densidade deste gastrópode. Assim sendo, o objetivo desse trabalho é avaliar a preferência do molusco invasor *M. tuberculata* pelas macrófitas aquáticas submersas *Chara indica* e *Egeria densa*.

MATERIAL E MÉTODOS

Indivíduos de *M. tuberculata* e das macrófitas aquáticas *Chara indica* e *Egeria densa*, além de amostras de água foram coletados no reservatório de Santa Cruz, semiárido do Rio Grande do Norte (5°46'02,26"S e 37°47'53,36"W). Todo material vegetal e os moluscos foram acondicionados em caixas térmicas com água do ambiente e conduzidos ao laboratório para o início do experimento. Em laboratório os moluscos foram mantidos com aeração e temperatura constantes(27°C).

O experimento foi realizado em doze unidades experimentais (aquários de vidro), cada uma destas unidades com dimensões de 30x15x15 cm, subdividida em três compartimentos (três tratamentos) de acordo com Mormul et al., (2010) (Figura 1). Em um compartimento do aquário adicionou-se quatro fragmentos de seis centímetros da parte apical de *E. densa* e em outro compartimento mais quatro fragmentos de seis centímetros de *C. indica*. Um terceiro compartimento foi utilizado como controle, ou seja, sem macrófitas aquáticas. Em cada aquário foram adicionados 3 litros de água proveniente do ambiente em que as espécies foram coletadas. No início do experimento, 20 moluscos com comprimento médio de 0,8 cm foram adicionados no centro de cada unidade experimental equidistantes dos três compartimentos, para que os mesmos pudessem se locomover livremente. O experimento foi realizado por um período de 24h, em que, as posições dos moluscos nos compartimentos foram observadas a cada hora. Durante todo o experimento os aquários foram mantidos com aeração e temperatura constantes e com fotoperíodo de 12 horas (12 horas claro e 12 horas escuro), em que, para a simulação do período escuro cobriu-se o aquário com sacos plásticos pretos impedindo a entrada de luz.

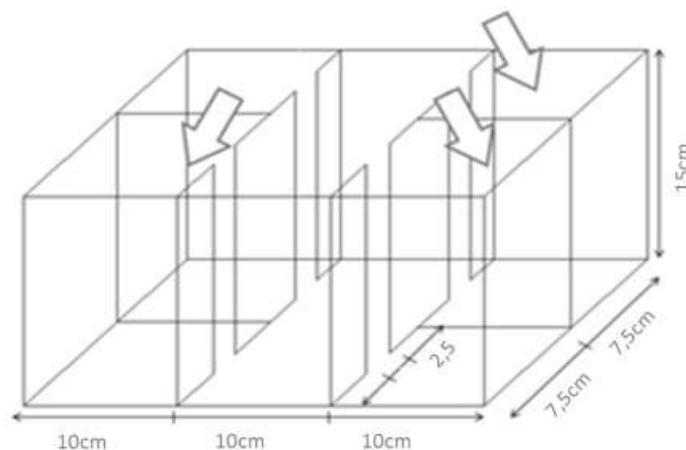


Figura 1: Delineamento esquemático do aquário usado no experimento, as setas indicam os diferentes tratamentos

Para a determinação da complexidade de habitat foram coletados quatro fragmentos de 20 cm de comprimento da *E. densa* e quatro fragmento de 20 cm de comprimento da *C. indica*. Em laboratório os fragmentos foram colocados em aquários de (10x10x20 cm) com água e em seguida foram tiradas fotografias dos quatro lados do

aquário cobrindo toda sua área lateral. Essas imagens foram transferidas para o programa Gimp sendo transformadas para preto e branco, além de melhorados o brilho e contraste das fotos. Por fim as imagens foram transferidas para Programa Fractop (JELINEK; CORNFORTH; WEYMOUTH, 2003), onde o método de contagem de caixa (grade limite Método – SUGIHARA; MAY, 1990) foi usado para estimar dimensão fractal (D).

Para avaliar a preferência do molusco pelos tratamentos (*E. densa*, *C. indica* e controle) durante as 24 horas, aplicou-se uma ANOVA com medidas repetidas no tempo, a posteriori aplicou-se um teste de Tukey. Para avaliar a variação do número de indivíduos em cada tratamento durante as 24 horas aplicou-se uma Anova. Para analisar a diferença na complexidade de habitat entre as macrófitas utilizou-se o teste t. Todos os testes atenderem os pressupostos de normalidade e homogeneidade, segundo os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente e foram realizados sob uma probabilidade de 5%.

No início e ao final do experimento foram medidas as seguintes variáveis limnológicas das unidades experimentais: temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos (Tabela 1), com o intuito de observar a igualdades das variáveis em todos os aquários.

Tabela 1 Valores médios e desvio padrão das variáveis físicas e químicas nos aquários mostrando a uniformidade das variáveis (Temp. – temperatura °C; pH; Cond. – condutividade elétrica (mS.cm⁻¹)); Turb.-turbidez (NTU); O.D. - oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹); S.T.D – sólidos totais dissolvidos (g.L⁻¹).

	Temp.	pH	Cond.	Turb.	O. D.	S.T.D.
Média	26,6	5,9	0,34	5,4	7,8	0,22
Desvio Padrão	0,4	0,0	0,01	0,9	1,3	0,00

RESULTADOS

Ao decorrer das 24 horas analisadas, o número de *M. tuberculata* que preferiu o tratamento que possuía a *C. indica*, foi sempre superior aos demais tratamentos. O número de indivíduos que se deslocou para o tratamento que possuía a *E. densa* foi menor quando relacionado o tratamento com a *C. indica* em todos os horários com média de cinco indivíduos. O compartimento, no qual, um menor número indivíduos se deslocou foi controle, que possuiu uma média de três indivíduos. Pode-se observar que a partir da oitava hora o tratamento que possuía *C. indica* o número de indivíduos foi significativamente superior ao tratamento com a *E. densa* e controle. No entanto, o tratamento que possuía a *E. densa*, foi semelhante ao controle. Ao final do experimento (24ª hora), o tratamento com *C. indica* o número médio de *M. tuberculata* (dez indivíduos) foi significativamente superior aos demais tratamentos. Já o número de indivíduos do tratamento de possuía *E. densa* (quatro indivíduos) e o número de indivíduos do tratamento controle (dois indivíduos), foram estatisticamente semelhantes (Figura 2).

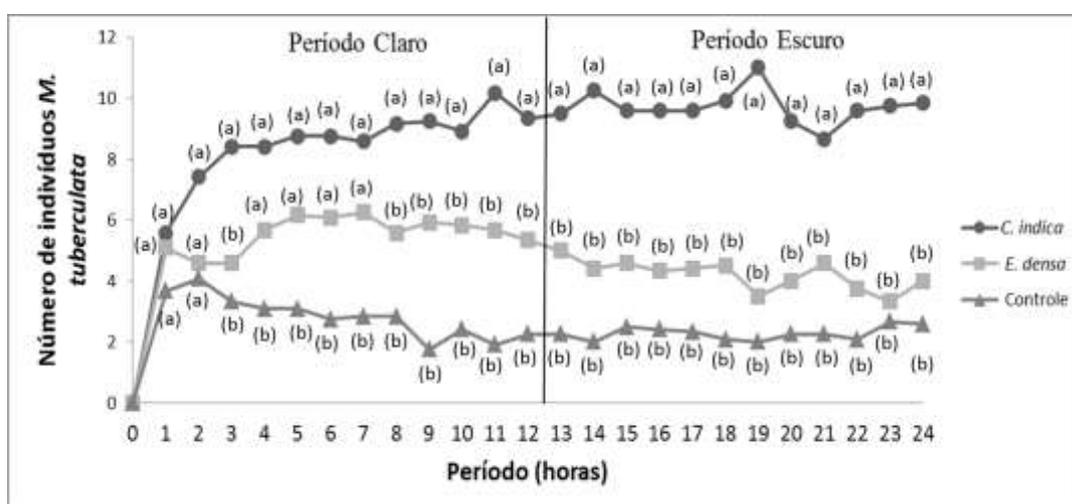


Figura 2: Valores médios do número de indivíduos de *M. tuberculata* nos tratamentos com *C. indica*, *E. densa* e Controle, com variação de compartimentos durante as 24 horas do experimento. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey entre os tratamentos para cada período estudado.

Observou-se que existiram diferenças significativas em todos os tratamentos analisados, em que, no tratamento com a *C. indica*, o número de indivíduos foi significativamente superior no período escuro ($p=0,006$), já no tratamento que possuía a *E. densa*, o número de indivíduos

foi significativamente superior no período claro($p=0,000002$). No tratamento controle o número de indivíduos também foi significativamente superior do período claro ($p=0,03$) (Figura 3).

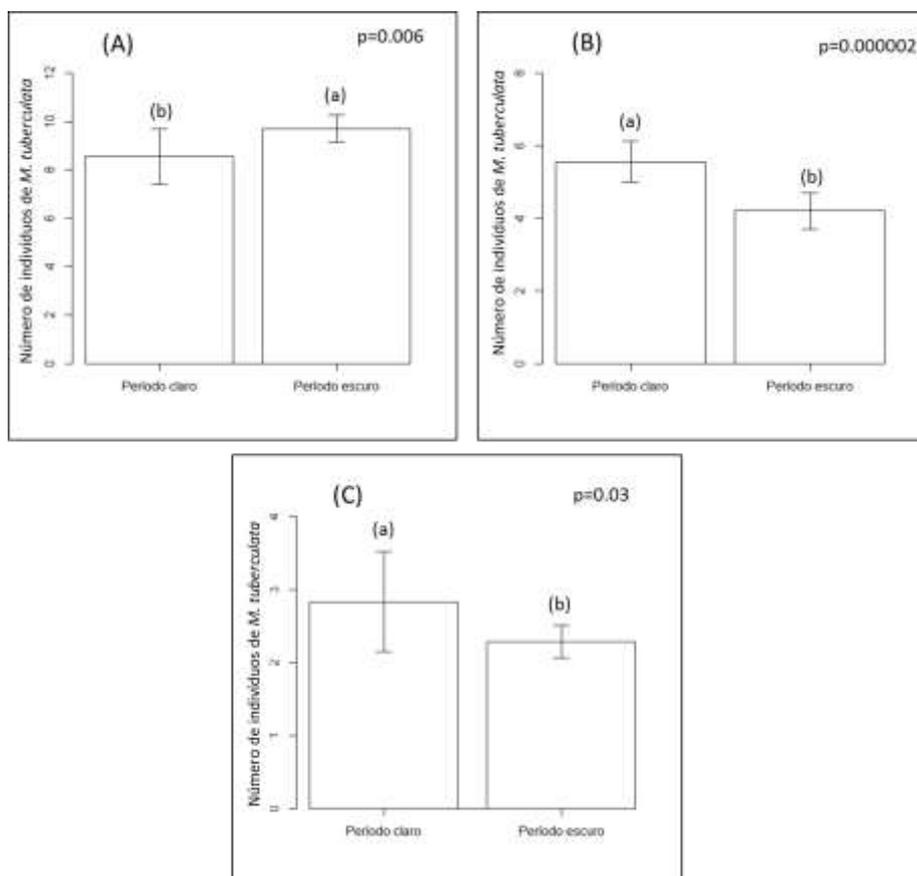


Figura 3: Valores médios com o desvio padrão do número de indivíduos nos período claro e período escuro, no qual foram submetidos a um teste t, para comparação do número de indivíduos em relação ao período claro e período escuro, em que as diferentes letras mostram diferenças significativas do número de indivíduos entre os períodos (A- tratamento com *C. indica*, B – tratamento com *E. densa*, C- tratamento controle).

Observou que não existiram diferenças significativas no número de indivíduos nos tratamentos ao longo das 24 horas analisadas. O tratamento com a *C. indica* apresentou em média oito indivíduos ($p=0,3074$) que não diferindo significativamente durante o período de 24 horas (Figura 4A). O mesmo ocorreu com o tratamento que possuía a *E. densa* apresentou uma média de cinco indivíduos e não existiu diferença significativa ($p=0,1590$) durante as 24 horas do experimento(Figura 4B). O tratamento controle mostrou o mesmo padrão no qual, possuiu um número médio de três indivíduos e não existiu diferença significativa ($p=0,4819$) durante as 24 horas analisadas (Figura 4A).

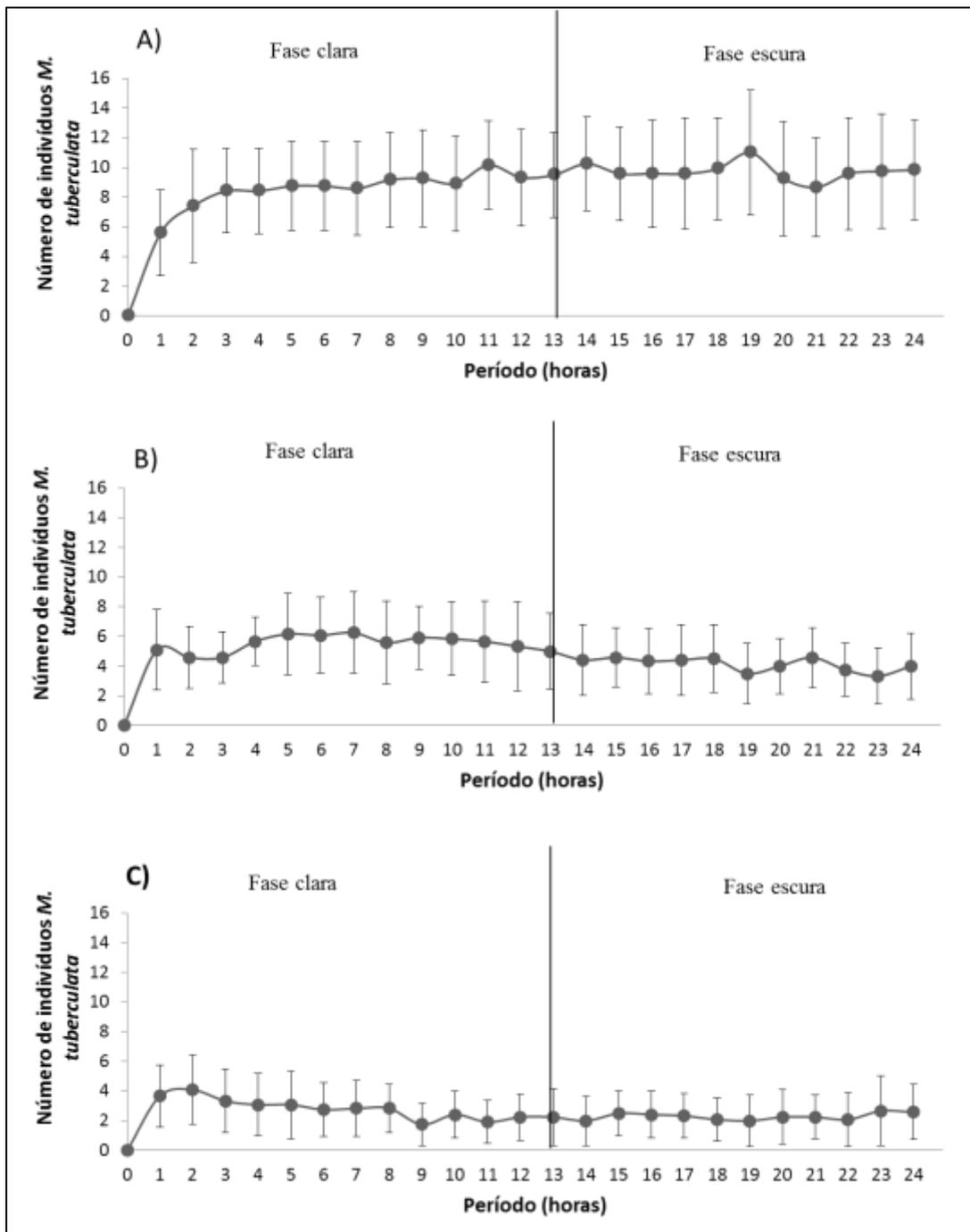


Figura 4: Valores médios e desvios padrão do número de indivíduos de *M. tuberculata* nos tratamentos com *C. indica*, *E. densa* e Controle (Tratamento sem macrófitas), (A- *C. indica*, B- *E. densa*, C-Controle) com variação compartimentos durante as 24 horas do experimento.

O valor médio da dimensão fractal foi significativamente inferior para a *C. indica* (1,63), quando comparado com a *E. densa* (1,81) (Figura 5).

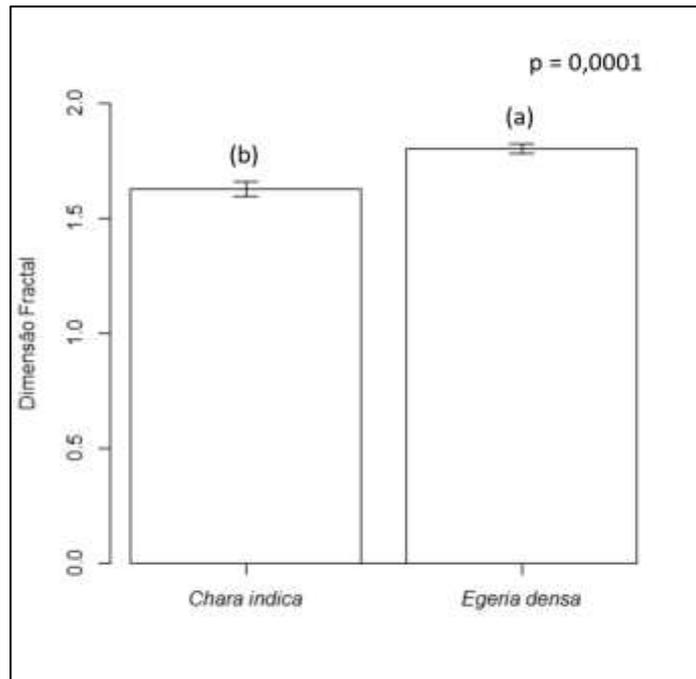


Figura 5: Valores médios com o desvio padrão das dimensões fractais encontradas na *C. indica* e *E densa* na região de estudo, que foi submetido a um teste t para comparação da complexidade de habitat, em que as diferentes letras mostram diferenças significativas das dimensões fractais entre as macrófitas.

DISCUSSÃO

No presente estudo, o molusco *M. tuberculata* preferiu tratamentos que possuíam material vegetal (*C. indica* e *E. densa*). Trabalho desenvolvido com a macrófita aquática *Elodea canadenses*, mostrou que a sua biomassa possuía uma correlação positiva com a riqueza de invertebrados aquáticos, pois as macrófitas geram um ambiente importante como fonte de alimento e refúgio contra predadores. (FERNÁNDEZ; REID, 2012). Já Thomaz e Cunha (2010), relataram que as macrófitas aquáticas possuem uma interação mutualista com invertebrados, nessa interação as plantas se beneficiam pelo fato do molusco consumir o perifíton aderido as suas folhas, que suprimem a utilização de energia solar para sua fotossíntese, sendo benéfico também para o molusco que obtém alimento. Provavelmente o *M. tuberculata* buscou o compartimento que possuía o material vegetal, por ser uma espécie que possui hábito alimentar constituído em partes por perifíton que fica aderido as macrófitas aquáticas e também para procurar refúgio contra predadores.

Ao decorrer das 24 horas evidenciou-se que o molusco invasor teve preferência pela macrófita aquática que possuía uma menor complexidade de habitat (*C. indica*). Thomaz e Cunha (2010) relataram que as macrófitas aquáticas na qual, possuíam maior complexidade de habitat foram responsáveis por uma maior diversidade da fauna bentônica, pois apresentam maior disponibilidade e variedade de alimentos, bem como proporcionam uma maior gama de micro-habitats. Tais autores evidenciam que, a diferença na estrutura das espécies de macrófitas tem papel determinante na comunidade de invertebrados aquáticos associados, além disso, foi verificado que uma espécie de macrófita mais complexa abriga uma maior diversidade de macroinvertebrados, assim os ambientes menos complexos são habitados por organismos menores que buscam esses habitats para evitar a competição. Comparando os valores da dimensão fractal encontrados na presente pesquisa notou-se que as macrófitas aquáticas analisadas apresentam complexidade de habitats diferentes, fato que pode afetar a ocorrência e densidade do molusco *M. tuberculata*, na qual a maior densidade do gastrópode invasor ocorreu na macrófita com menor estrutura de habitat a *C. indica*, possivelmente, por alguns organismos menores, ocuparem os habitats menos complexos, devido preferência por ambientes com menor diversidade e conseqüentemente menor competição por espaço e alimento.

Observou-se no experimento que não houve diferenças significativas na locomoção durante o período claro ou escuro. No entanto, estudo desenvolvido com algumas espécies de gastrópodes tropicais mostrou resultados opostos, em que, o fotoperíodo foi um fator determinante para a locomoção e abundância dos organismos, na qual, se observou uma maior atividade dos moluscos em períodos diurnos, pois a disponibilidade luminosa aumenta a taxa fotossintética, conseqüentemente as taxas de crescimento do perifiton são mais elevadas o que implica na disponibilidade de alimento para moluscos (LIBORIUSSEN et al., 2005). Porém, Aufderheide et al. (2006) observaram uma maior atividade ocorre principalmente no período noturno, pois a visualização de predadores nesse período tornar-se reduzida, por tanto, o forrageio torna-se mais seguro (AUFDERHEIDE et al, 2006). Assim pode-se constatar que o presente trabalho não apresentou diferenças significativas na locomoção entre os períodos claros e escuros, provavelmente, por ambos os períodos apresentarem vantagens para a locomoção dos organismos, na qual, no período claro possui uma maior disponibilidade de alimento e no período escuro existe um menor possibilidade de predação tornando o forrageio mais seguro.

CONCLUSÃO

Pode-se observar com o fim do trabalho e o molusco invasor *Melanooides tuberculata* preferiu a macrófita aquática *Chara indica*. Devido a *C. indica* apresentar uma estrutura de habitat menos complexa, acarretando vantagens para organismos pequenos como é o caso do *M. tuberculata*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, P. C.; PINTO, H. A.; COSCARELLI D.; VIDIGAL, T. H. D. A.; MELO, A.L; The natural infection of *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) (Mollusca: Gastropoda) by *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Platyhelminthes: Trematoda) in Paranoá lake, Brasília, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. v. 72, n. 2, p. 419-420, 2012.

ARANGO C. P.; RILEY L. A.; TANK J. L.; HALL R. O. J. R. Herbivory by an invasive snail increases nitrogen fixation in a nitrogen limited stream. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. v.66, p.1309–1317, 2009.

AUFDERHEIDE, J.; WARBRITTON, R.; NADINE, L.; FILE-EMPERADOR, S.; SLAPLES, C.; FORBES, V. Effects of husbandry parameters on the life-history traits of the apple snail, *Marisa cornuarietis*: effects of temperature, photoperiod, and population density. *Invertebr Biol*. v. 125, n.1, p. 9–20, 2006

DORNFELD, C. B.; PAMPLIN, P. A. Z.; ESPINDOLA, E. L. G.; ALVES, R. G.; ROCHA, O. Composição, distribuição e mudanças temporais da fauna de invertebrados bentônicos de reservatório de Sato Grande (Americana, SP). Em EPINOLA, E.L.G. LEITE, M. A.; DORNFELD, C. B. Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): Caracterização, Impactos e Propostas de Manejo. 1 ed. São Carlos: RIMA. v.1, p. 221-238, 2004.

FERNÁNDEZ, H. H.; REID, B. Invertebrate distribution on a macroalgae/macrophyte mixed mat in flowing water. v. 181, n. 4, p. 289–299, 2012.

FERNANDEZ, M. A.; MATTOS, A. C.; SILVA, E. F.; SANTOS, S. B.; THIENGO, S. C. A. malacological survey in the Manso Power Plant, State of Mato Grosso, Brazil: new records of freshwater snails, including transmitters of schistosomiasis and exotic species. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. v.47, n. 4, p.498-506, 2014.

FERNÁNDEZ, M. A.; THIENGO, S. C.; SIMONE, L. R. L. Distribution of introduced freshwater snail *Melanooides tuberculatus* (Gastropoda: Thiaridae) in Brazil. *The Nautilus*, v.117, n. 3, p. 78-82, 2003.

JELINEK, H.; CORNFORTH, D.; WEYMOUTH, L. (2003) FracTop v.0.3b. Disponível em: <http://seal.tst.adfa.edu.au/~s3165516/Fractop>. Acesso: Agosto/2014

KRAILAS, D.; NAMCHOTE, S.; KOONCHORNBOON, T.; DECHRUKSA, W.; BOONMEKAM, D. Trematodes obtained from the thiarid freshwater snail *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) as vector of human infections in Thailand. *Zoosyst*. v. 90, n. 1, p. 57-86, 2014.

KUAN, Y. L.; ZHENG, W. L.; BIN, H. G. Density-dependent effects of snail grazing on the growth of a submerged macrophyte, *Vallisneria spiralis*. *Ecological Complexity*. v.6, p. 438–442, 2009.

LADD H. L. A.; ROGOWSKI, D. L. Egg predation and parasite prevalence in the invasive freshwater snail, *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) in a west Texas spring system, *Aquatic Invasions*. v. 7, n. 2, p. 287–290, 2012.

LIBORIUSSEN, L.; JEPPESEN, E.; BRAMM, M.; LASSEN, M. F. Periphyton-macroinvertebrate interactions in light and fish manipulated enclosures in a clear and a turbid shallow lake. *Aquatic Ecology*. v.39, p.23-39, 2005.

MARK A. D. *Invasion Biology*, Oxford Biology, 288p, 2009

MOLOZZI, J.; FRANÇA, J. S.; ARAUJO, T. L. A.; VIANA, T. H.; HUGHES, R. M.; CALLISTO, M. Diversidade de habitats físicos e sua relação com macro invertebrados bentônicos em reservatórios urbanos em Minas Gerais. *Iheringia, Série Zoologia*, Porto Alegre, v. 101, n. 3, p. 191-199, 2011.

MONÇÃO, F. S.; PEREIRA, C. R.; SANTOS, A. M.; NEVES, F. S. Efeito do regime de chuvas e da complexidade estrutural da macrófita sobre a diversidade de macroinvertebrados bentônicos em um trecho de um riacho tropical de Cabeceira. *SaBios: Rev. Saúde e Biol.*, v.6, n.3, p.18-24, 2011.

MORMUL, R. P.; THOMAZ, S. M.; SILVEIRA, M. J.; E RODRIGUES, L. Epiphyton or macrophyte: Which primary producer attracts the snail *Hebetancylus moricandi*?. *American Malacological Bulletin*, v. 28, p. 127-133, 2010.

PESO, J. G.; PÉREZ C. D.; VOGLER R. E. The invasive snail *Melanoides tuberculata* in Argentina and Paraguay. *Limnologica*, v. 1, p. 281– 284, 2011.

PHILLIPS C. T.; ALEXANDER M. L.; HOWARD R. Consumption of eggs of the endangered fountain darter (*Etheostoma fonticola*) by native and nonnative snails. *The Southwestern Naturalist*. v.55, p.115–117, 2010.

SAMADI, S.; MAVÁREZ, J.; POINTIER J. P.; DELAY, B.; JARNE, P. Microsatellite and morphological analysis of population structure in the parthenogenetic freshwater snail *Melanoides tuberculata*: insights into creation of clonal variability. *Molecular Ecology*. v.8, n. 1141–1153, 1999.

SCHUSTER, R. K.; JITKA A. A.; O'DONOVAN. D. *Gigantobilharzia melanoidis* n.sp. (Trematoda: Schistosomatidae) from *Melanoides tuberculata* (Gastropoda: Thiaridae) in the United Arab Emirates. *Parasitol Res.* 113:959–972. 2014.

SHIMIZU, G. Y. Represa de Americana: Aspectos dos bentos litoral. Dissertação (Mestrado). 148p. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978.

SHUHAIMI-OTHMAN M.; NUR-AMALINA R.; E NADZIFAH Y. Toxicity of Metals to a Freshwater Snail, *Melanoides tuberculata*. The ScientificWorld Journal. v. 2012, p. 10, 2012.

SUGIHARA G.; MAY R. M. Applications of fractals in ecology. Trends in Ecology and Evolution. v. 5, p. 79–86. 1990

THOMAZ, S. M.; ESTEVES, F. A. Comunidade de Macrófitas Aquáticas. Em ESTEVES, F.A. 2011. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 826 p.

THOMAZ S. M.; CUNHA, E. R. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages composition and biodiversit. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 22, n. 2, p. 218-236, 2010.

THOMAZ, S. M.; DIBBLE, E. D.; EVANGELISTA, L. R.; HIGUTI, J.; BINI, L. M. Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. *Freshwater Biology*, v. 53, p. 358-367. 2008.