



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA

CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

TOLERÂNCIA DO GASTRÓPODE BIOINVASOR *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) À SALINIDADE

por

GABRIEL LUZ FARANI

Monografia apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia como exigência para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas, modalidade Ecologia: Recursos Ambientais.

Orientador: Ddo. Marcos Moura Nogueira

Co-orientador: Dra. Elizabeth Gerardo Neves

**Salvador, BA
2013**

Data da Defesa: 08/04/2013

Banca Examinadora:

Msc. Marcos Moura Nogueira
Universidade Federal da Bahia

Dr. Rodrigo Johnsson Tavares da Silva
Universidade Federal da Bahia

Biol^a. Ana Carolina Vilas-Boas
Universidade Federal da Bahia

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Bahia por possibilitar a minha formação;

Ao Ddo. Marcos Nogueira, à Dra. Elizabeth Neves e pela oportunidade concedida para realização desse trabalho, pela atenção e pelos ensinamentos;

A meus pais Luis Farani e Ana Farani por me gerar, acima de tudo me amar e acreditar na minha vitória, tendo neles o meu porto seguro nessa caminhada;

Ao meu irmão Tiago Farani, pelo apoio, compreensão e incentivo;

A toda equipe do LABIMAR que me acolheu de braços abertos, me auxiliou e compreendeu os inconvenientes inerentes aos experimentos realizados;

A Robério Bonfim (Biomonitoramento e Meio Ambiente LTDA) pelo grande estímulo ao desenvolvimento de uma nova linha de pesquisa

A Dra. Orane Falcão, responsável pelo laboratório de Geoecologia de Sedimentos Marinhos, pelo apoio logístico oferecido por este laboratório.

SUMÁRIO

Introdução Geral	1
Capa de rosto do artigo	7
Resumo	8
Abstract.....	9
Introdução.....	10
Materiais e Métodos	11
Resultados.....	18
Discussão.....	26
Referências Bibliográficas.....	28
Anexos	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição de <i>Melanoides tuberculatus</i> no território brasileiro. (Modificado de Fernandez <i>et al.</i> 2003)	4
Figura 2. Coleta realizada na margem da lagoa do Parque Metropolitano de Pituvaçu ..	11
Figura 3. Indivíduos de <i>Melanoides tuberculatus</i> sobre folha de amendoeira (<i>Terminalia catappa</i> L.)	12
Figura 4. Montagem dos experimentos	14
Figura 5. Recipiente com indivíduos de <i>Melanoides tuberculatus</i> e folha de amendoeira	15
Figura 6. Câmara de germinação (temperatura 22°C, fotoperíodo 12h)	16
Figura 7. Diagrama de dispersão (tamanho do corpo x tamanho da abertura opercular). Correlação positiva forte ($r = 0.9650$)	19
Figura 8. Gráfico de sobrevivência média diária dos indivíduos adultos	20
Figura 9. Gráfico de sobrevivência média diária dos indivíduos juvenis	20
Figura 10. Gráfico de atividade dos indivíduos adultos.....	24
Figura 11. Gráfico de atividade dos indivíduos juvenis.....	24

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela I. Proporção de diluições de água do mar para as amostras A-E	16
Tabela II. Proporção de diluições de água do mar para as amostras F-J	17
Tabela III. Teste de sobrevivência de indivíduos adultos de <i>Melanoides tuberculatus</i> submetidos a diferentes concentrações de salinidade.....	21
Tabela IV. Teste de sobrevivência de indivíduos juvenis de <i>Melanoides tuberculatus</i> submetidos a diferentes concentrações de salinidade.....	21
Tabela V. Teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer para amostras dos indivíduos adultos de <i>Melanoides tuberculatus</i> submetidos ao teste de sobrevivência.....	22
Tabela VI. Teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer para amostras dos indivíduos juvenis de <i>Melanoides tuberculatus</i> submetidos ao teste de sobrevivência.....	22
Tabela VII. Teste de atividade de indivíduos adultos de <i>Melanoides tuberculatus</i> submetidos a diferentes concentrações de salinidade.....	23
Tabela VIII. Teste de atividade de indivíduos juvenis de <i>Melanoides tuberculatus</i> submetidos a diferentes concentrações de salinidade.....	23
Tabela IX. Teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer para amostras dos indivíduos adultos de <i>Melanoides tuberculatus</i> submetidos ao teste de atividade	25
Tabela X. Teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer para amostras dos indivíduos juvenis de <i>Melanoides tuberculatus</i> submetidos ao teste de atividade	25

INTRODUÇÃO GERAL

A introdução de espécies exóticas pode ocorrer naturalmente ou por ações antrópicas, e tem sido apontado como o segundo fator mais importante ao declínio da biodiversidade, estando atrás somente da degradação de habitats (Cain *et al.*, 2011). No ambiente aquático, o trânsito de embarcações, o comércio marítimo internacional e a comercialização de espécies exóticas parecem contribuir à redução das distâncias geográficas e eliminação das barreiras naturalmente intransponíveis.

De acordo com Everett (2000) há uma estimativa de 50.000 espécies não nativas estabelecidas nos Estados Unidos, gerando custos de 137 bilhões de dólares por ano. No Brasil, o Ministério de Meio Ambiente (MMA, 2006) produziu um ‘Informe Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras no Brasil’, através da seleção de cinco subprojetos visando levantamento de dados sobre espécies exóticas invasoras (incluindo fauna, flora ou microorganismos) em diversos ambientes. Como resultado foi obtida uma extensa lista: 176 espécies foram documentadas para o ambiente terrestre, 66 espécies para o ambiente marinho, 49 espécies para as águas continentais, 155 espécies para os sistemas de produção (agricultura, pecuária e silvicultura) e 97 espécies afetando a saúde humana - totalizando 543 espécies invasoras no território nacional.

O transporte humano é um dos fatores que influenciam acidentalmente a introdução prática de espécies exóticas em novas áreas geográficas. Quando intencional, pode visar benefícios para a população (e.g., controle de pragas agrícolas) ou ser de interesse exclusivamente comercial. Estas introduções podem ser assimiladas pelas comunidades sem efeitos perceptíveis ou serem responsáveis diretas por alterações drásticas que afetam as espécies nativas, envolvendo riscos de extinção (Towsend *et al.*, 2010).

Efeitos de herbivoria e a predação têm sido mais estudados, mas não são os únicos fatores gerados pela interação – somam-se riscos de hibridação entre espécies relacionadas, competição por locais de nidificação e alimento, além de introdução de patologias. Tais efeitos podem fragilizar as espécies nativas, tornando-as vulneráveis a outros impactos, como a poluição química, fragmentação dos habitats e sobre-exploração pesqueira (Rocha, 2003)

Em ambientes marinhos, a navegação é a principal responsável pela introdução acidental de espécies exóticas, ao favorecer o transporte de organismos através da bioincrustação e/ou água de lastro (Carlton, 1987; Menezes, 2012). Além disso, há também a possibilidade de invasão por organismos associados a plataformas de petróleo e via canais – e.g., Canal de Suez e do Panamá (Teixeira *et al.*, 2010).

Dados mundiais apresentados no final da década de 80 reportam 1354 invasões biológicas de organismos aquáticos (pertencentes a quaisquer grupos biológicos) em cerca de 140 países (Welcomme, 1988). O fluxo natural das águas doces auxilia na dispersão dos invasores, tornando este ambiente propenso à propagação de espécies exóticas (Okumura, 2006).

Um exemplo clássico de ameaça à biodiversidade dulciaquícola é representado pelo impacto do mexilhão-zebra - *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) - sobre as espécies de moluscos nativos da América do Norte. A região comporta um terço das espécies existentes no mundo (algumas delas endêmicas), já comprometidas pela qualidade da água e canalização dos rios. A invasão do mexilhão-zebra impactou severamente 60 a 90% das populações dos mexilhões nativos, acarretando a extinção de algumas espécies (Cain *et al.*, 2011).

No Brasil, outro mexilhão bioinvasor, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), conhecido como ‘mexilhão-dourado’, tem causado impactos ambientais e provocado prejuízos econômicos. A introdução deste molusco nas bacias hidrográficas sul-americanas está associada à água de lastro de embarcações vindas do sudeste asiático. As larvas de *L. fortunei* se fixam em substratos duros como metal, cimento, plástico e madeira. Este fato tem chamado a atenção para os sistemas de captação e adução de água e para as usinas hidrelétricas, que estão apresentando tubulações obstruídas, gerando perdas severas de eficiência (Resende, 2007).

A *The World Conservation Union* (WCU) divulgou uma lista com as espécies mais potencialmente invasoras, dentre as quais, se destacam dois moluscos terrestres - *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) e *Euglandina rosea* (Férussac, 1821) - e quatro moluscos aquáticos - *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822), *D. polymorpha*, *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) e *Potamocorbula amurensis* (Schrenck, 1861) - (Lowe *et al.*, 2004; Teixeira *et al.*, 2010). De acordo com a listagem de espécies exóticas no Brasil do Instituto Horus (2013), 15 espécies de moluscos são bioinvasores, sete dos quais são gastrópodes: *A. fulica*, *Bradybaena similares* (Férussac, 1821), *Deroceras laeve* (Müller, 1774), *Deroceras reticulatum* (Müller, 1774), *Helix aspersa* (Müller, 1774), *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) e *Physella acuta* (Draparnaud, 1805).

Certos caramujos invasores podem trazer um benefício à saúde humana ao competir por recursos com espécies hospedeiras de parasitas transmissores de patologias graves. O controle biológico justifica o interesse de estudo destes organismos, a exemplo do caso da Ilha da Martinica, onde na década de 80 o tiarídeo *M. tuberculatus* foi introduzido para combater *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818) e *B. straminea* (Dunker, 1848), hospedeiros intermediários de *Schistosoma mansoni* (Pointier, 2001).

Porém, a exclusão de *Biomphalaria* por *Melanoides* trouxe consequências inesperadas. *Melanoides tuberculatus* pode atuar como hospedeiro intermediário de diversos parasitas trematódeos. Dentre os parasitas que afetam a saúde humana, há relatos de *Paragonimus westermani*, *Clonorchis sinensis* e *Opisthorchis sp.*, o primeiro associado a doenças do pulmão e os dois últimos ao fígado. Além disso, há registros de *M. tuberculatus* infectados com *Philophthalmus megalurus* e *P. gralli* (afetam os olhos de aves aquáticas e galinhas, respectivamente), *Centrocestus formosanus* (parasita que se instala na cartilagem de peixes, podendo levar à morte) e *Haplorchis sp.* (infectando os tecidos musculares de peixes, causando diversas anormalidades) (Vaz *et al.*, 1986; Murray *et al.*, 2010; Pinto & Mello, 2010a,b).

Melanoides tuberculatus (Gastropoda: Thiaridae) é nativo da África e da Ásia (Gutiérrez Gregoric *et al.*, 2007), mas está sendo monitorado mundialmente por se tratar de um bioinvasor de distribuição acelerada e crescente (Bogea *et al.*, 2005; Bolaji *et al.*, 2011). As fêmeas podem se reproduzir por partenogênese, fato que agrava a proliferação desordenada e o torna um grande competidor. Localmente, as populações costumam apresentar elevada densidade, com registros de até 17000 ind/m² (Jesus *et al.*, 2007).

O primeiro registro deste caramujo exótico na América do Sul ocorreu no Brasil, em 1967, na cidade de Santos (SP). Sua introdução foi atribuída ao comércio de plantas e peixes ornamentais de água doce (Vaz *et al.*, 1986). Atualmente, há registros deste organismo em diversos Estados, abrangendo importantes bacias hidrográficas e reservatórios artificiais do país. Fernandez *et al.* (2003) realizaram uma revisão bibliográfica para reportar a distribuição de *M. tuberculatus* no Brasil (**Fig. 1**). O levantamento constatou a ocorrência para os Estados da Bahia (municípios de Caririnha, Coaraci, Itajuípe e Salvador), Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Santa Catarina, São Paulo e Tocantins.

Em trabalho mais recente, Souto *et al.* (2011) amplia o registro para os Estado de Sergipe (Souto *et al.*, 2011). Para o Estado da Bahia, Neves *et al.* (2013, submet.) ampliou a ocorrência para o setor noroeste – mais precisamente, para o município de Alagoinhas.



Figura 1. Distribuição de *Melanoides tuberculatus* no território brasileiro. (Modificado de Fernandez *et al.* 2003)

Eurióico e ocorrendo em águas eutrofizadas, *M. tuberculatus* já foi encontrado em diversos estuários, com relatos de sobrevivência a salinidades extremas de até 45‰ sob condições experimentais (Bolaji, 2011). Desta forma, é possível que um dos meios de conquistar novos ambientes seja justamente invadindo estuários para alcançar corpos d'água mais adequados ao seu desenvolvimento. Com base nestas observações, este trabalho tem como objetivo analisar o efeito da salinidade sobre os indivíduos de *M. tuberculatus*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bogea, T.; Cordetro, F. M.; Gouveja, J. S. *Melanoides tuberculatus* (Gastropoda:Thairidae) As Intermediate Host of Heterophyidae (Trematoda: Digenea) In Rio de Janeiro Metropolitan Area, Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical**, São Paulo, v. 47, n. 2, p. 87-90, 2005.
- Bolaji, D. A. et al. Morphological characteristics and Salinity tolerance of *Melanoides tuberculatus* (Muller, 1774). **World Journal of Biological Research**, Lagos, NG, v. 4, n. 2, p. 1-11, 2011.
- Cain, M. L.; Bowman, W. D.; Hacker, S. D. **Ecologia**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2011. 640 p.

- Carlton, J. T. Patterns of transoceanic marine biological invasions in the Pacific Ocean. **Bulletin of Marine Science**, v. 41, n. 2, p. 452-465, 1987.
- Everett, R. A. Patterns and pathways of biological invasions. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 15, p. 177-178, 2000.
- Fernandez, M. A.; Thiengo, S. C.; Simone, L. R. L. Distribution of the introduced freshwater snail *Melanoides tuberculatus* (Mollusca; Thiaridae) in Brazil. **Nautilus**, v. 117, n. 3, p. 78-82, 2003.
- Gutiérrez Gregoric, D. E. et al. First record of invasive snail *Melanoides tuberculatus* (Müller)(Gastropoda: Prosobranchia:Thiaridae) for the Iguazú River Basin, Argentina–Brazil. **Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay**, v. 9, n. 90, p. 109–112, 2007.
- Instituto Horus. **Base de Dados sobre Espécies Exóticas Invasoras em I3N-Brasil**. Disponível em: <<http://www.institutohorus.org.br>>. Acesso em 22 fev. 2013.
- Jesus, A. J. S.; Costa, T.; Camargo, M. Registros de moluscos Gastropoda no médio rio Xingu-Pará. **Revista Uakari**, v. 3, n. 1, p. 96-103, 2007.
- Lowe S.; Browne M.; Boudjelas S. **100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo**. ISSG, (Traducción: B. Zilletti y L. Capdevila-Argüelles, GEI Grupo Especies Invasoras), 11p. 2004.
- Teixeira, R. M. et al. BIOINVASÃO MARINHA: OS BIVALVES EXÓTICOS DE SUBSTRATO CONSOLIDADO E SUAS INTERAÇÕES COM A COMUNIDADE RECEPTORA. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 2, p. 381-402, 2010.
- Menezes, N. M. **Relação espécie-área entre o coral bioinvasor *Tubastraea tagusensis* Wells 1982 e a carcinofauna associada**. 2012. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Bahia. 2012.
- Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Espécies Exóticas Invasoras: Situação Brasileira**. MMA, Brasília, 24 p, 2006.
- Murray, J. B.; Wingard, G. L.; Philips, E. C. Distribution of the non-native gastropod *Melanoides tuberculatus* in Biscayne National Park, Florida. U.S. **Geological Survey Open-File Report**. 2010-1125, 2010.
- Neves, E. G.; Nogueira, M.; Johnsson R. EXTENSION OF THE DISTRIBUTION OF THE BIOINVADER GASTROPOD *MELANOIDES TUBERCULATUS* (THIARIDAE) IN NORTHWESTERN BAHIA STATE (2013, submet. **Check List**).
- Okumura, D. **Estudos Ecológicos e Ecotoxicológicos de *Melanoides tuberculata*, Espécie Exótica para a Região Neotropical**. 2006. 159 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2006.
- Pinto, H. A.; Melo, A. L. *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) as an intermediate host of *Centrocestus formosanus* (Trematoda: Heterophyidae) in Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo** v. 51, n. 4, p. 207-210, 2010a.

_____. *Melanoides tuberculata* as intermediate host of *Philophthalmus gralli* in Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 51, n. 6, p. 323-327, 2010b.

Pointier, J. P. Invading Freshwater Snails and Biological Control in Martinique, French West Indies. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 96, n. suplementar, p. 67-74, 2001.

Resende, M. F. **Varição das características hidráulicas em condutos forçados devido à infestação pelo *Limnoperna fortunei***. 2007. 101 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. 2007.

Rocha, O. Técnicas de manejo de Espécies Exóticas e Alóctones de Peixes com ênfase nas interações tróficas das larvas e alevinos destas espécies com organismos zooplanctônicos. **Plano de pesquisa**. 20 p. 2003.

Souto, L. S.; Brito M. F. G.; Rosa, L. C. *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774): a new threat to the conservation of native aquatic species in Sergipe, Brazil. **Scientia Plena**, v. 7, n. 4, p. 1-6, 2011.

Towsend, C. R.; Begon, M.; Harper, J. L. **Fundamentos em Ecologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2010. 576 p.

Vaz, J. F., Teles, H. M. S., Correa, M.A., Leite, S. P. S. Ocorrência no Brasil de *Thiara (Melanoides) tuberculata* (O.F. Muller, 1774) (Gastropoda, Prosobranchia), primeiro hospedeiro intermediário de *Clonorchis sinensis* (Cobbold, 1875) (Trematoda, Plathyhelminthes). **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 318-322, 1986.

Welcomme, R. I. International introductions of inland aquatic species. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical Papers**, n. 294, 1988.

TOLERÂNCIA DO GASTRÓPODE BIOINVASOR *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) À SALINIDADE

Gabriel Luz Farani, Marcos Moura Nogueira, Elizabeth Neves

Endereço dos autores:

Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Depto. de Zoologia. Av.

Adhemar de Barros s/n, Campus Ondina - CEP: 40170-290, Salvador, BA –

Brasil.

E-mail: gabrielfarani@gmail.com

RESUMO

Melanooides tuberculatus (Müller 1774) (Gastropoda: Thiaridae) é um molusco de água doce nativo da África e Ásia monitorado mundialmente por se tratar de um bioinvasor de distribuição acelerada e crescente, além de atuar como hospedeiro intermediário no ciclo de vida de diversos parasitas trematódeos. O primeiro registro deste caramujo exótico na América do Sul ocorreu no Brasil na década de 60 para o Estado de São Paulo. Eurióico e ocorrendo em águas eutrofizadas, *M. tuberculatus* já foi encontrado em diversos estuários. A adaptação à variação das condições e qualidade ambiental aparentemente sustenta sua rápida propagação. O presente trabalho tem como objetivo estudar a tolerância à salinidade de *M. tuberculatus*, comparando os efeitos sobre os indivíduos adultos e juvenis. Os indivíduos considerados adultos apresentaram média de tamanho de 13,32 mm e aqueles considerados juvenis apresentaram uma média de 7,30 mm de comprimento. Os testes de sobrevivência demonstraram que a concentração letal para 50% (CL50) dos indivíduos adultos foi de 22,82‰, (IC 20,46‰-25,19‰), enquanto que para os indivíduos jovens, CL50 foi de 21,56‰ (IC 20,06‰-23,07‰). Os testes de atividade demonstraram a impossibilidade dos indivíduos se movimentarem quando submetidos a salinidade de 30‰ ou superior.

Palavras-chave: caramujo de água doce, organismo eurióico, Bahia

ABSTRACT

Melanoides tuberculatus (Müller 1774) (Gastropoda: Thiaridae) is a freshwater mollusk native of Africa and Asia that has been monitored worldwide – it became a bioinvader species characterized by potential dispersion and increasing geographic distribution, being also host of trematode parasites. The first occurrence to South America was reported in the '60s to the State of São Paulo. Euryhaline and highly resistant to eutrophied waters, *M. tuberculatus* has been also found in estuarine environments. In fact, its increasing dispersion pattern has been attributed to the ecological tolerance, including to unusual salinity rates. This work, titled as 'Salinity tolerance of bioinvader gastropod *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774)' aims to analyze the behavior of *M. tuberculatus* to salinity stress, comparing the effects of salinity variation on adults and juvenile individuals. The adult individuals showed average body size of 13,32 mm while the juvenile were 7,30 mm. Survival tests revealed a lethal concentration for 50% (LC50) of adult individuals at 22,82‰, (confidence interval between 20,46‰ and 25,19‰), and LC50 of juvenile at 21,56‰ (confidence interval between 20,06‰ and 23,07‰). Following activity tests, the individuals were motionless at 30‰ or higher salinity.

Keywords: freshwater snail, euryhaline organism, Bahia

introdução

A introdução de espécies exóticas pode ocorrer naturalmente ou por ações antrópicas. Estas introduções podem ser assimiladas pelas comunidades sem efeitos perceptíveis ou serem responsáveis diretas por alterações drásticas que afetam as espécies nativas, inclusive extinguindo-as (Towsend et al. 2010). De fato, a bioinvasão é o segundo fator mais importante que atua sobre o declínio da biodiversidade, estando atrás somente da degradação de habitats (Cain et al. 2011).

As atividades humanas que promovem este fenômeno podem ser intencionais ou acidentais. A utilização de caramujos exóticos tem sido aplicado ao controle biológico de vetores de doença. Na Ilha da Martinica (Caribe), por exemplo, o tiarídeo *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) foi introduzido na década de 80 para combater *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818) e *B. straminea* (Dunker, 1848), hospedeiros intermediários de *Schistosoma mansoni* (Pointier 2001). Porém, a exclusão de *Biomphalaria* por *Melanoides* trouxe consequências inesperadas. *Melanoides tuberculatus* pode atuar como hospedeiro intermediário de diversos parasitas trematódeos que afetam tanto a saúde humana quanto a de animais de interesse comercial.

Melanoides tuberculatus é um molusco nativo da região nordeste da África e sudeste da Ásia (Gutiérrez Gregoric et al. 2007), que está sendo monitorado mundialmente por se tratar de um bioinvasor de distribuição acelerada e crescente (Bogea et al. 2005, Bolaji et al. 2011). As fêmeas de *M. tuberculatus* têm a capacidade de se reproduzir por partenogênese, fato que agrava a proliferação desordenada e o torna um grande competidor. Localmente, as populações costumam apresentar elevadas densidades, com registros de até 17000 ind/m² (Jesus et al. 2007).

O primeiro registro deste caramujo exótico na América do Sul ocorreu no Brasil, em 1967, na cidade de Santos (SP). Sua introdução foi atribuída ao comércio de plantas e peixes ornamentais de água doce (Vaz et al. 1986). Atualmente, há registros deste organismo em diversos estados brasileiros, abrangendo importantes bacias hidrográficas e reservatórios artificiais do país. Fernandez et al. (2003) realizaram uma revisão bibliográfica para reportar a distribuição de *M. tuberculatus* nos Estados da Bahia (municípios de Caririnha, Coaraci, Itajuípe e Salvador), Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Santa Catarina, São Paulo e Tocantins.

Além dos aspectos já citados, *M. tuberculatus* possui capacidade de dispersão e elevada tolerância aos ambientes estuarinos e marinhos. Sob condições experimentais, há relatos de sobrevivência a salinidades extremas de até 45‰ (Bolaji et al. 2011). Dessa forma, é possível que um dos meios de conquistar novos ambientes seja justamente invadindo estuários para alcançar corpos d'água mais adequados ao seu desenvolvimento. Com base nestas observações, este trabalho tem como objetivo analisar o efeito da salinidade sobre os indivíduos adultos e juvenis de *M. tuberculatus*.

materiais e métodos

coleta de espécimes

As coletas dos espécimes de *M. tuberculatus* foram realizadas às margens da lagoa localizada no Parque Metropolitano de Pituvaçu (PMP), em Salvador (BA) com auxílio de rede manual (23 x 17 cm, malha de 1,0 mm). (Fig. 2).



Figura 2. Coleta realizada na margem da lagoa do Parque Metropolitano de Pituvaçu.

Aparentemente, a maior quantidade de indivíduos se encontrava enterrada no sedimento ou abrigados da luminosidade, embaixo de plantas, hábito condizente com o observado por Okumura (2006), sendo comum também observar indivíduos aderidos às folhas de amendoeira (*Terminalia catappa* L.) para se alimentar (Fig. 3). Para capturar a maioria dos organismos foi necessário realizar um arrasto superficial no sedimento com a rede.



Figura 3. Indivíduos de *Melanoides tuberculatus* sobre folha de amendoeira (*Terminalia catappa* L.).

Ao serem coletados, os indivíduos foram armazenados em recipientes plásticos perfurados contendo fragmentos de folha de amendoeira, onde permaneceram para aclimação em laboratório durante sete dias, sendo renovada a água (retirada da lagoa do local de coleta) e alimentação a cada dois dias. Foram realizadas duas coletas: a primeira no dia 05 de setembro de 2012 e a segunda no dia 12 de novembro de 2012 (ambas no período da primavera).

local de coleta

O Parque Metropolitano de Pituáçu está localizado entre as coordenadas geográficas 12°06'24"S / 38°24'22"W e 12°57'47"S / 38°27'07"W, no município de Salvador (Teles & Bautista 2006), foi inaugurado em 04 de setembro de 1973 pelo Decreto Estadual nº 23.666 e reconhecido como Unidade de Conservação no ano de 1977 sob o Decreto Municipal 5.158 (Góes-Neto et al. 2012).

O parque abrange atualmente 425 hectares de área preservada remanescente da Mata Atlântica e uma mata ciliar contornando o espelho d'água em forma de trevo, apresentando reentrâncias e pequenas penínsulas (Sousa & Mota 2006). A sua lagoa se estende por quatro quilômetros, contendo 200 mil metros quadrados de espelho d'água, sendo construída artificialmente no ano de 1906, a partir da barragem do Rio Pituáçu, que abastecia Salvador (SEMA 2012).

Apesar de ser decretado como Unidade de Conservação, o PMP sofre diversas ações antrópicas, como por exemplo, lançamento de esgotos na lagoa, atividade de pesca clandestina, destruição da mata ciliar, tráfego intenso de moradores e introdução de animais silvestres (Oliveira-Alves et al. 2005). Sua topografia apresenta colinas elevadas, estando os pontos mais altos entre 45–50 m e os mais baixos com 5 m de altitude, sofrendo uma grande influência marítima devido à proximidade com o oceano. A pluviosidade média anual no local chega a 1800 mm, tendo seu maior índice pluviométrico no período entre março e julho, e o período menos chuvoso compreende o período entre agosto e fevereiro (Araújo et al. 2003).

tratamento do material biológico

Os estudos foram realizados em duas etapas: a) análise dos efeitos da salinidade sobre a sobrevivência e b) capacidade de atividade em condições variáveis de salinidade. Para ambas as etapas, os indivíduos foram separados em diferentes estádios de desenvolvimento (juvenil ou adulto), de acordo com o tamanho da concha.

Em estudo realizado por Okumura (2006), os indivíduos de *M. tuberculatus* atingiram sua maturidade sexual entre 9,97 mm e 10,28 mm de tamanho. Considerando estes dados, foi definido para a presente análise que os indivíduos medindo a partir de 10 mm seriam caracterizados como adultos e aqueles menores que 10 mm seriam juvenis. Para aferir estas medidas, foi utilizado um microscópio estereoscópio (Tabela em anexo).

Devido a alterações causadas pela erosão da concha, o tamanho do corpo de alguns indivíduos coletados apresentou medida inferior ao valor real, caso não houvesse danos. Tal desgaste ocorre na região da protoconcha, ponto entre os limites para aferir o tamanho total do corpo. Dessa forma, foi verificada a relação do tamanho total do corpo com o da abertura opercular, afim de verificar a existência de uma correlação entre essas medidas.

testes de sobrevivência

A primeira coleta de *M. tuberculatus* ocorreu no dia 05 de setembro de 2012, com a finalidade de realizar testes de tolerância dos organismos a diferentes concentrações de salinidade, adaptando a metodologia descrita por Bolaji (2011).

Foram capturados 986 espécimes, dos quais foram separados 500 indivíduos para a realização dos testes. Deste total, 250 foram considerados jovens e 250 adultos (separação baseada no tamanho da concha). Estes foram distribuídos em cinco concentrações diferentes de salinidade, 35‰, 27‰, 18‰, 9,0‰ mais grupo controle com 0‰ (valores aproximados, obtidos através de refratômetro manual). Para cada concentração testada foram utilizadas cinco réplicas contendo dez indivíduos por recipiente. (**Figs. 4 e 5**).

A contagem dos sobreviventes foi realizada uma vez ao dia, sempre no mesmo horário. Os indivíduos permaneciam durante uma hora no recipiente original de suas respectivas amostras durante o procedimento, sendo então transferidos para potes contendo apenas água da lagoa do PMP, onde permaneciam por mais uma hora, sendo feita uma segunda contagem para confirmação do número de sobreviventes. O protocolo de

transferência foi necessário por ter sido observado que todos os indivíduos da amostra A (35%) se encontravam inertes.

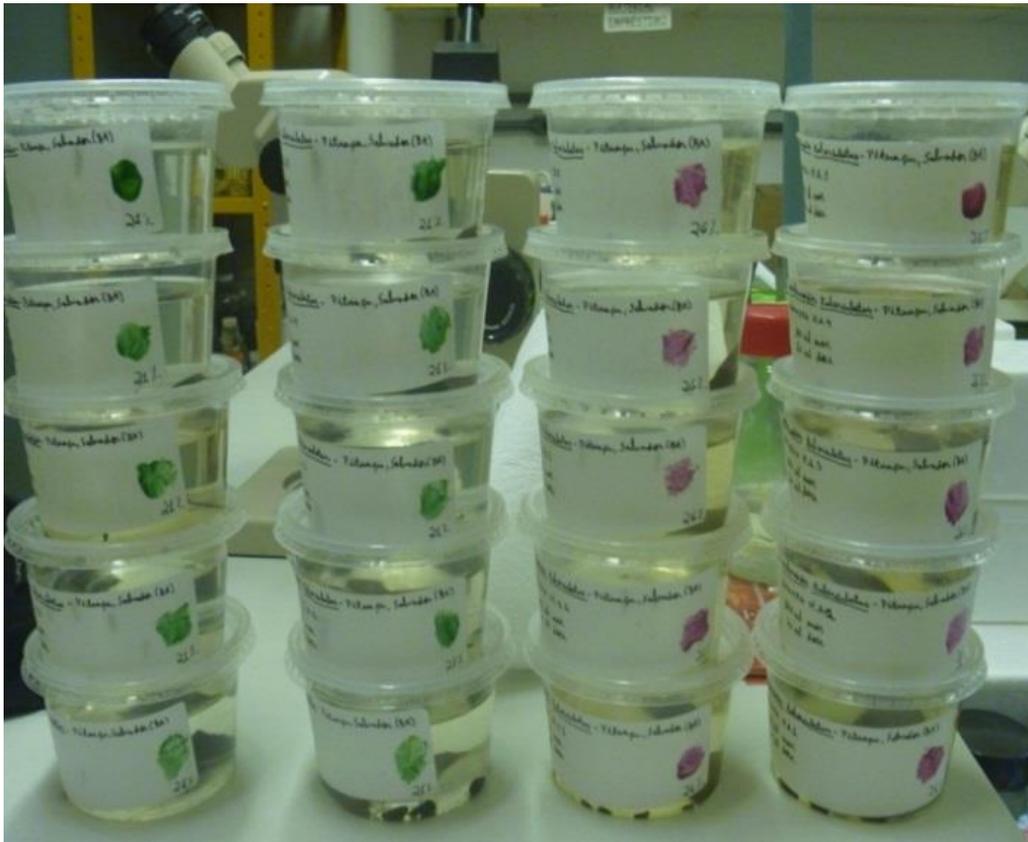


Figura 4. Montagem dos experimentos.



Figura 5. Recipiente com indivíduos de *Melanoides tuberculatus* e folha de amendoeira.

Foram considerados vivos os indivíduos que apresentaram ao menos uma dentre três características: a) locomoção dos indivíduos dentro dos recipientes, b) aderidos às paredes dos recipientes e c) reagindo ao toque quando uma porção do corpo se encontrava projetado para fora da concha.

O experimento durou uma semana (168 h) e os organismos foram mantidos a temperatura constante de 22°C e fotoperíodo de 12 horas, em câmara de germinação (**Fig. 6**).



Figura 6. Câmara de germinação (temperatura 22°C, fotoperíodo 12h).

Para manter os indivíduos alimentados, foram utilizados fragmentos de folhas de amendoeira, visto que foi observada em campo a presença de indivíduos aderidos a este substrato.

A água do mar utilizada para a realização dos testes de sobrevivência foi obtida na Praia de Ondina (Salvador/BA), a salinidade foi medida com o refratômetro manual, constatando-se o valor de 35‰.

Para obter as diferentes salinidades testadas, foi necessário realizar diluições da água do mar. As diluições foram feitas com água da lagoa do Parque Metropolitano de Pituáçu (salinidade medida em 0‰). As proporções encontram-se discriminadas na **Tabela I**.

Tabela I. Proporção de diluições de água do mar para as respectivas amostras (A-E).

AMOSTRA	SALINIDADE	PROPORÇÃO	
		ÁGUA DO MAR	ÁGUA DOCE
A	35‰	100% (200 ml)	0% (0 ml)
B	27‰	75% (150 ml)	25% (50 ml)
C	18‰	50% (100 ml)	50% (100 ml)
D	9‰	25% (50 ml)	75% (150 ml)
E	0‰	0% (0 ml)	100% (200 ml)

testes de atividade

A segunda coleta de exemplares de *M. tuberculatus* se deu no dia 12 de novembro de 2012, com a captura de 1223 espécimes. Destes, foram separados 500 indivíduos para realizar os testes de atividade, mantendo a proporção de 250 indivíduos jovens e 250 adultos. Os espécimes foram distribuídos em cinco concentrações de salinidade (diferentes das utilizadas no teste anterior), sendo estas: 33‰, 30‰, 26‰, 21‰ mais grupo controle com 0‰ (valores aproximados, obtidos através de refratômetro manual).

As concentrações de salinidade neste segundo experimento foram alteradas por observações feitas durante o teste de sobrevivência, em que todos os indivíduos presentes nas réplicas da amostra A (35‰) se encontravam imóveis até a transferência dos mesmos para água doce. Portanto, a partir desta concentração (sendo constituída apenas de água do mar), foram sendo realizadas diluições acrescentando gradualmente 20 ml (10% do volume total) de água da lagoa do PMP, como pode ser visto na **Tabela II**.

Tabela II. Proporção de diluições de água do mar para as respectivas amostras (F-J).

AMOSTRA	SALINIDADE	PROPORÇÃO	
		ÁGUA DO MAR	ÁGUA DOCE
F	33‰	90% (180 ml)	10% (20 ml)
G	30‰	80% (160 ml)	20% (40 ml)
H	26‰	70% (140 ml)	30% (60 ml)
I	21‰	60% (120 ml)	40% (80 ml)
J	0‰	0% (0 ml)	100% (200 ml)

Para cada concentração testada foram novamente utilizadas cinco réplicas contendo dez indivíduos por recipiente. Este experimento foi realizado em apenas 24 h, por ser constatada a morte de todos os indivíduos presentes na mais alta concentração de salinidade (35‰) em apenas 48 h no primeiro experimento. As condições de temperatura (22°C) e fotoperíodo (12 horas) em câmara de germinação foram mantidas.

A análise da atividade seguiu o mesmo critério dos testes de sobrevivência, observando as três características de atividade citadas anteriormente, sendo mantida a duração de uma hora com indivíduos na solução da amostra e uma hora em água doce.

análises estatísticas

Para testar a eficácia da utilização apenas a medida do tamanho do corpo como meio de separação entre juvenis e adultos, foi realizado um teste de correlação linear de Pearson utilizando o software GraphPad InStat entre o comprimento do corpo e tamanho da abertura opercular visto que é comum observar indivíduos com conchas danificadas (normalmente o ápice/protoconcha encontra-se quebrado ou erodido).

Para calcular a concentração letal para 50% dos indivíduos (LC50) submetidos aos testes de sobrevivência foi realizada uma análise de regressão probit utilizando o software Statistica.

A análise de variância (ANOVA) e teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer foram realizados utilizando o software GraphPad InStat para confirmar o significado estatístico dos valores obtidos para os testes de sobrevivência e de atividade.

resultados

teste de correlação

O teste de correlação linear de Pearson realizado entre o tamanho do corpo e o tamanho da abertura opercular teve como objetivo confirmar que o tamanho do corpo cresce proporcionalmente ao tamanho da abertura opercular e que os indivíduos podem ser considerados adultos ou juvenis usando apenas uma das medidas, (principalmente quando a protoconcha encontra-se danificada). O teste foi considerado extremamente significativo, com valor bicaudal de $P < 0.0001$.

O coeficiente de correlação (r) encontrado para a amostra de 500 indivíduos (250 adultos e 250 juvenis) foi de 0.9650, sendo portanto observada uma correlação positiva forte entre o tamanho da concha e o tamanho da abertura opercular (**Fig. 7**).

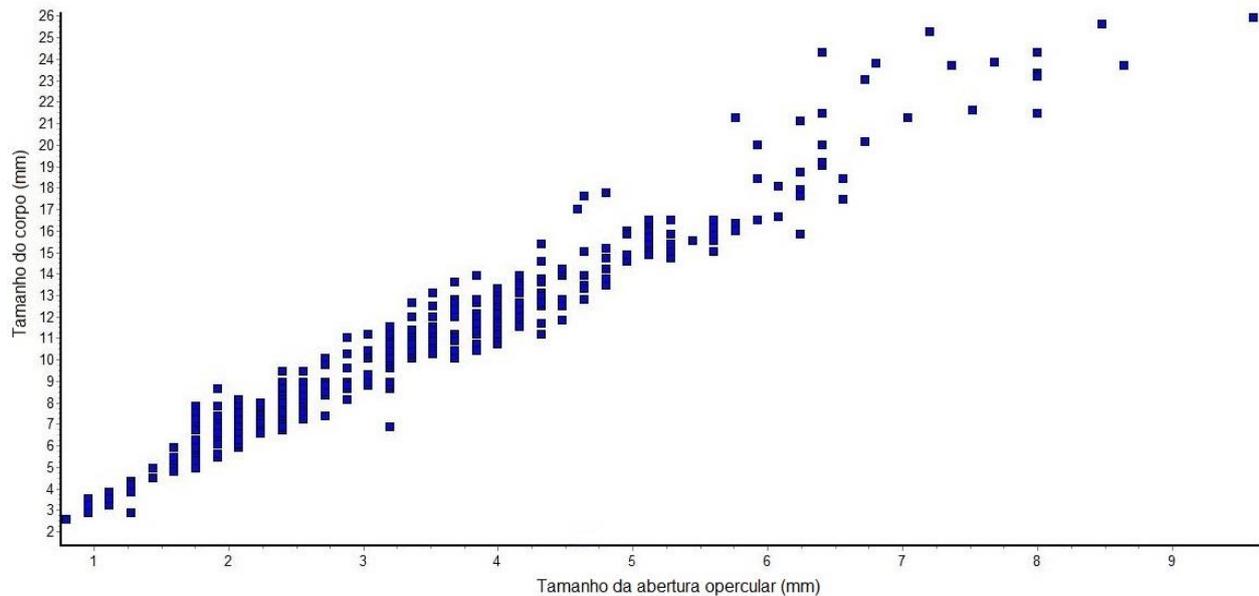


Figura 7. Diagrama de dispersão (tamanho do corpo x tamanho da abertura opercular). Correlação positiva forte ($r = 0.9650$).

testes de sobrevivência

Durante o período de aclimação referente à primeira coleta, quando todos os indivíduos se encontravam imersos apenas com água retirada do local de coleta, foram constatadas 127 mortes, do total de 986 organismos.

Passadas 96h do experimento, a concentração letal para 50% (CL50) dos indivíduos adultos foi de 22,82‰, com intervalo de confiança entre 20,46‰ e 25,19‰, enquanto que para os indivíduos jovens, a CL50 obtida foi de 21,56‰, com intervalo de confiança entre 20,06‰ e 23,07‰.

O período de 96 h foi estabelecido por ser o tempo limite de exposição para teste agudo de toxicidade, porém, as observações se estenderam por 168 h (ou, sete dias). Os gráficos contabilizando a sobrevivência diária dos indivíduos podem ser vistos nas **Figuras 8 e 9**.

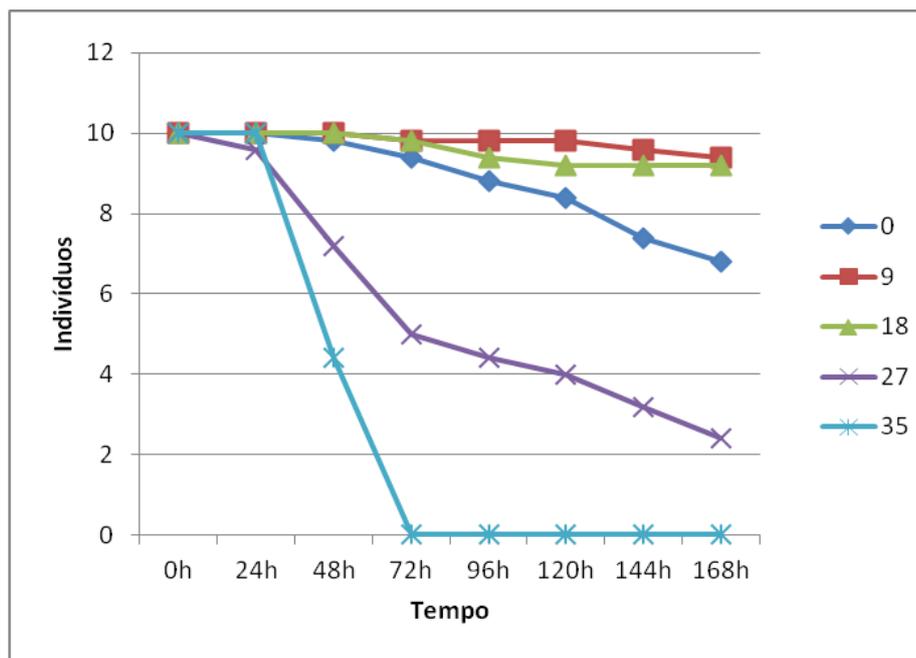


Figura 8. Gráfico de sobrevivência média diária dos indivíduos adultos.

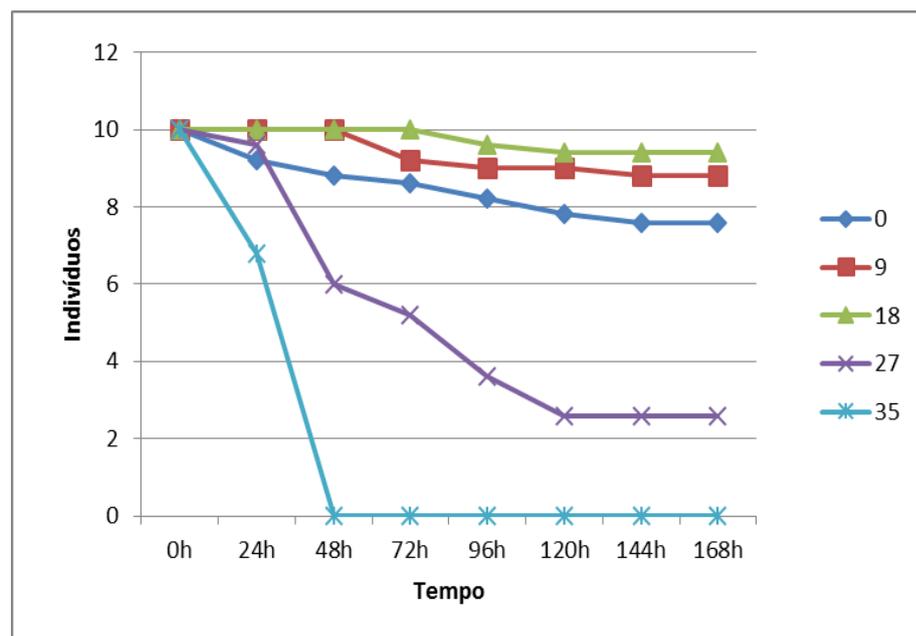


Figura 9. Gráfico de sobrevivência média diária dos indivíduos juvenis.

A análise de variância (ANOVA) realizada para comparar a taxa de sobrevivência entre as diferentes concentrações de salinidade constatou diferença extremamente significativa ($P < 0.0001$) tanto para indivíduos adultos quanto para indivíduos juvenis.

Os valores de sobrevivência de indivíduos adultos e juvenis ao final de 96 horas encontram-se discriminados nas **Tabelas III e IV**, respectivamente.

Tabela III. Teste de sobrevivência de indivíduos adultos de *Melanoides tuberculatus* a diferentes concentrações de salinidade. Sobrevivência por réplica (R1, R2, R3, R4 e R5) e total.

Temperatura da Incubadora: 22°C							
Duração: 96h							
Concentração (‰)	R1	R2	R3	R4	R5	Sobrevivência	
						Total	%
35	0	0	0	0	0	0	0
27	2	3	2	4	1	12	24
18	7	10	9	10	10	46	92
9	8	10	10	10	9	47	94
Controle (0)	8	9	5	4	8	34	68

Tabela IV. Teste de sobrevivência de indivíduos juvenis de *Melanoides tuberculatus* a diferentes concentrações de salinidade. Sobrevivência por réplica (R1, R2, R3, R4 e R5) e total.

Temperatura da Incubadora: 22°C							
Duração: 96h							
Concentração (‰)	R1	R2	R3	R4	R5	Sobrevivência	
						Total	%
35	0	0	0	0	0	0	0
27	6	3	2	1	1	13	26
18	8	10	9	10	10	47	94
9	10	9	7	9	9	44	88
Controle (0)	5	8	8	9	8	38	76

O teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer foi realizado para analisar se as diferenças encontradas entre as amostras apresentavam significado estatístico, através de comparações par a par (Tabelas V e VI).

Tabela V. Teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer para amostras dos indivíduos adultos de *Melanoides tuberculatus* submetidos aos testes de sobrevivência. Amostra A = 35%, Amostra B (27%), Amostra C (18%), Amostra D (9%) e Amostra E (0%). *** = significante, ns = não significante

Comparação	Diferença Média	Significado estatístico	Valor de P
Amostra A vs Amostra B	-4.400	***	P < 0.001
Amostra A vs Amostra C	-9.400	***	P < 0.001
Amostra A vs Amostra D	-9.800	***	P < 0.001
Amostra A vs Amostra E	-8.800	***	P < 0.001
Amostra B vs Amostra C	-5.000	***	P < 0.001
Amostra B vs Amostra D	-5.400	***	P < 0.001
Amostra B vs Amostra E	-4.400	***	P < 0.001
Amostra C vs Amostra D	-0.4000	ns	P > 0.05
Amostra C vs Amostra E	0.6000	ns	P > 0.05
Amostra D vs Amostra E	1.000	ns	P > 0.05

Tabela VI. Teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer para amostras dos indivíduos juvenis de *Melanoides tuberculatus* submetidos aos testes de sobrevivência. Amostra A = 35%, Amostra B (27%), Amostra C (18%), Amostra D (9%) e Amostra E (0%). *** = significante, ns = não significante

Comparação	Diferença Média	Significado estatístico	Valor de P
Amostra A vs Amostra B	-3.600	***	P < 0.01
Amostra A vs Amostra C	-9.600	***	P < 0.001
Amostra A vs Amostra D	-9.000	***	P < 0.001
Amostra A vs Amostra E	-8.200	***	P < 0.001
Amostra B vs Amostra C	-6.000	***	P < 0.001
Amostra B vs Amostra D	-5.400	***	P < 0.001
Amostra B vs Amostra E	-4.600	***	P < 0.001
Amostra C vs Amostra D	0.6000	Ns	P > 0.05
Amostra C vs Amostra E	1.400	Ns	P > 0.05
Amostra D vs Amostra E	0.8000	Ns	P > 0.05

O teste apontou para uma diferença significativa na quantidade de indivíduos sobreviventes ao final das 96 h de experimento entre a maioria das comparações par a par. Tanto para os indivíduos juvenis quanto para os indivíduos adultos - apenas três das comparações não apresentaram uma variação significativa na quantidade de sobreviventes, sendo as comparações entre: amostra C (18%) com as amostras D (9%) e E

(0‰) e na comparação entre a amostra D (9‰) com a amostra E (0‰). O que demonstra que todas as comparações em que pelo menos um dos dois maiores valores de salinidade (27‰ e/ou 35‰) está presente, há variações significativas na quantidade de indivíduos sobreviventes.

testes de atividade

Durante a análise dos testes de sobrevivência, foi possível observar que os indivíduos que se encontravam expostos à salinidade de 35‰ permaneciam completamente inertes enquanto imersos no meio. Porém, ao serem transferidos para um meio contendo apenas água da lagoa, em cerca de 30 minutos, os indivíduos vivos passavam a projetar o seu corpo para fora da concha e reagem ao toque.

Já nos testes de atividade, sob influência de novas concentrações de salinidade, este comportamento pôde ser observado também em todas as réplicas (tanto de adultos quanto juvenis) das amostras contendo as soluções de 33‰ e 30‰. Nas demais amostras (26‰ e 21‰), não houve diferença na contagem de indivíduos ativos na solução para a segunda contagem, quando os mesmos estavam imersos na água da lagoa (Tabelas VII e VIII, Figs. 10 e 11).

Tabela VII. Teste de atividade de indivíduos adultos de *Melanooides tuberculatus* a diferentes concentrações de salinidade. T = Tratamento contendo salinidade indicada; ST = Recipiente sem tratamento (apenas água da lagoa do PMP); Réplicas (R1, R2, R3, R4 e R5).

Concentração (‰)	R1		R2		R3		R4		R5	
	T	ST								
33	0	10	0	8	0	7	0	6	0	6
30	0	8	0	9	0	7	0	8	0	7
26	10	10	9	9	9	9	10	10	9	9
21	10	10	10	10	10	10	9	9	10	10
Controle (0)	-	10	-	10	-	10	-	9	-	10

Tabela VIII. Teste de atividade de indivíduos juvenis de *Melanooides tuberculatus* a diferentes concentrações de salinidade. T = Tratamento contendo salinidade indicada; ST = Recipiente sem tratamento (apenas água da lagoa do PMP); Réplicas (R1, R2, R3, R4 e R5).

Concentração (‰)	R1		R2		R3		R4		R5	
	T	ST								
33	0	3	0	4	0	6	0	7	0	5
30	0	7	0	5	0	3	0	7	0	4
26	10	10	9	9	10	10	10	10	6	6
21	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9
Controle (0)	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10

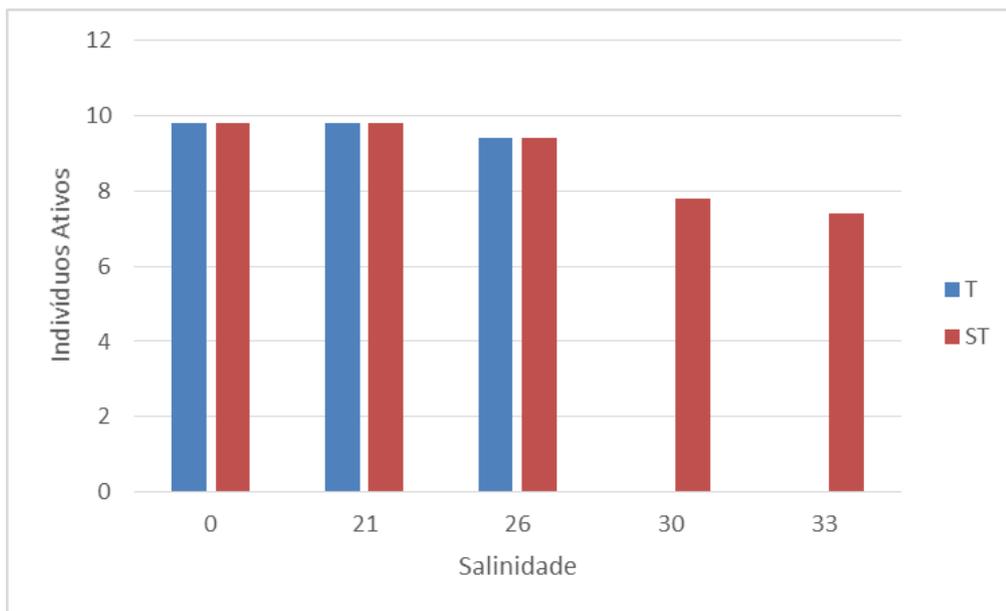


Figura 10. Gráfico de atividade dos indivíduos adultos.

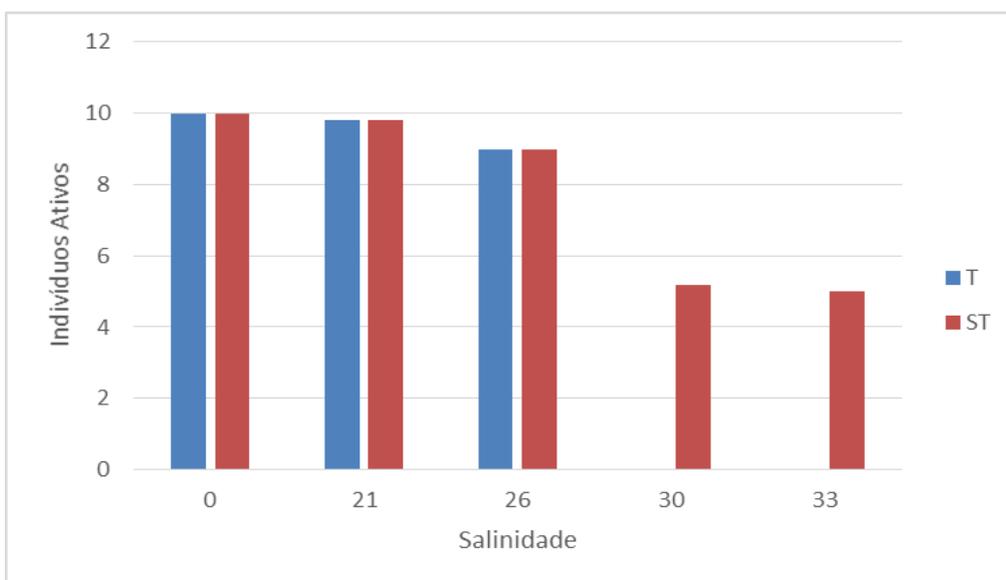


Figura 11. Gráfico de atividade dos indivíduos juvenis.

A partir destes resultados, foi novamente realizado o teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer para analisar se as diferenças encontradas entre as amostras apresentavam significado estatístico, através de comparações par a par (**Tabelas IX e X**).

Tabela IX. Teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer para amostras dos indivíduos adultos de *Melanoides tuberculatus* submetidos aos testes de atividade. Amostra F = 33‰, Amostra G (30‰), Amostra H (26‰), Amostra I (21‰) e Amostra J (0‰). *** = significante, ns = não significante

Comparação	Diferença Média	Significado estatístico	Valor de P
Amostra F vs Amostra G	0.000	ns	P>0.05
Amostra F vs Amostra H	-9.400	***	P < 0.001
Amostra F vs Amostra I	-9.800	***	P < 0.001
Amostra F vs Amostra J	-9.800	***	P < 0.001
Amostra G vs Amostra H	-9.400	***	P < 0.001
Amostra G vs Amostra I	-9.800	***	P < 0.001
Amostra G vs Amostra J	-9.800	***	P < 0.001
Amostra H vs Amostra I	-0.4000	ns	P > 0.05
Amostra H vs Amostra J	-0.4000	ns	P > 0.05
Amostra I vs Amostra J	0.000	ns	P > 0.05

Tabela X. Teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer para amostras dos indivíduos juvenis de *Melanoides tuberculatus* submetidos aos testes de atividade. Amostra F = 33‰, Amostra G (30‰), Amostra H (26‰), Amostra I (21‰) e Amostra J (0‰). *** = significante, ns = não significante

Comparação	Diferença Média	Significado estatístico	Valor de P
Amostra F vs Amostra G	0.000	ns	P > 0.05
Amostra F vs Amostra H	-9.000	***	P < 0.001
Amostra F vs Amostra I	-9.800	***	P < 0.001
Amostra F vs Amostra J	-10.000	***	P < 0.001
Amostra G vs Amostra H	-9.000	***	P < 0.001
Amostra G vs Amostra I	-9.800	***	P < 0.001
Amostra G vs Amostra J	-10.000	***	P < 0.001
Amostra H vs Amostra I	-0.8000	ns	P > 0.05
Amostra H vs Amostra J	-1.000	ns	P > 0.05
Amostra I vs Amostra J	-0.2000	ns	P > 0.05

O teste demonstrou haver diferença significativa na quantidade de indivíduos ativos ao final das 24 h de experimento entre a maioria (seis) das comparações par a par, sendo estas: amostra F (33‰) comparada às amostras H (26‰), I (21‰) e J (0‰); amostra G (30‰) comparada às amostras H (26‰), I (21‰) e J (0‰).

Enquanto quatro das comparações não apresentaram uma variação significativa na quantidade de indivíduos ativos, sendo as comparações entre: amostra F (33‰) com a amostra G (30‰); amostra H (26‰) com as amostras I (21‰) e J (0‰) e na comparação entre a amostra I (21‰) com a amostra J (0‰).

Portanto, não houve diferença significativa quando comparadas as duas maiores concentrações de salinidade entre si, pois ambas obtiveram o mesmo resultado, inibindo a atividade de 100% dos indivíduos. Porém, quando uma destas concentrações (33‰ ou 30‰) foi comparada com quaisquer outras amostras, a diferença foi significativa, demonstrando que estas concentrações inibem a atividade dos organismos.

discussão

De acordo com Rocha (1983), a medida do tamanho do corpo é uma propriedade fundamental dos organismos e pode servir como ponto de partida para estudos acerca dos processos fisiológicos de um organismo perante o estresse por substâncias tóxicas.

O presente trabalho propôs analisar os efeitos da salinidade sobre a atividade e sobrevivência de indivíduos de *M. tuberculatus* em diferentes estádios de desenvolvimento (adulto e juvenil). Para tal, foi adotado o comprimento do corpo dos indivíduos, separando aqueles medindo a partir de 10,00 mm como adultos e os que apresentaram medidas abaixo deste valor foram considerados juvenis. Entretanto, esta medida por si só pode ser falha, afinal, os indivíduos capturados *in situ* podem apresentar o tamanho corporal medido equivocadamente por danos causados à protoconcha.

Este valor se baseou na maturidade sexual obtida em estudos realizados no Brasil por Okumura (2006). A autora registrou a maturidade sexual para esta espécie quando os indivíduos apresentavam aproximadamente de 9,97 a 10,28 mm. Porém, a mesma cita estudos realizados em Hong Kong por Dudgeon (1986) registrando a maturidade sexual para a espécie com medidas variando entre 10,8 e 11,5 mm, enquanto estudos realizados na Malásia por Berry e Kadri (1974) descreveram indivíduos se reproduzindo com tamanhos entre 8,3 e 9,5 mm. Tais diferenças podem ser justificadas pela variabilidade genética de diferentes populações ou até mesmo metodologias diferentes aplicadas nos trabalhos citados.

Bolaji et al. (2011) utilizaram mais um parâmetro para estabelecer a idade dos indivíduos de *M. tuberculatus*, correlacionado o número de espirais encontradas na concha ao comprimento da mesma. Os autores verificaram que os indivíduos juvenis entre 1 – 2 mm apresentavam em média conchas com 3 espirais, enquanto que os adultos possuíam de 8 a 11 espirais. O teste de correlação de Pearson realizado pelos autores identificou uma correlação significativa entre o comprimento da concha e o número de espirais ($r = 0.625$, $P < 0.01$).

Porém, tais parâmetros utilizados podem ser falhos para determinar o estágio de desenvolvimento dos indivíduos, visto que é comum a captura de organismos com conchas danificadas, resultando na redução do comprimento e/ou número de espirais das mesmas. O presente trabalho realizou o teste de correlação de Pearson entre o comprimento da concha e o tamanho da abertura opercular dos indivíduos, obtendo como resultado uma correlação positiva forte ($r = 0,9650$, $P < 0.0001$). Apesar da forte correlação, é perceptível

pelo diagrama de dispersão que para os indivíduos maiores a relação é menos acentuada, sendo, portanto, mais aconselhável utilizar a medida do tamanho da abertura opercular como critério de avaliação de faixa etária dos indivíduos.

A distribuição e abundância de seres vivos depende de uma gama de fatores, como a temperatura, umidade, luminosidade, dentre outros. De acordo com Maia et al. (2011), a distribuição do gastrópode *Melampus coffeus*, típico de regiões estuarinas, está determinada principalmente pela salinidade, tipo de sedimento e o estresse à dessecação (alternância entre tempo de exposição e submersão).

Estudos realizados por Kock & Wolmarans (2009), demonstram uma maior abundância de *M. tuberculatus* em ambientes de água parada e de volume perene, com substratos lamacentos ou arenosos e com uma faixa de temperatura entre 21°C e 25°C.

Abílio et al. (2006), destacam que a alteração na qualidade química da água e a precipitação pluviométrica contribuem para as flutuações na riqueza de grupos e densidades populacionais de macroinvertebrados bentônicos. De acordo com Abílio (1997), fortes chuvas provocaram o desaparecimento de *M. tuberculatus* por um período de quatro meses no açude de São Mamede (PB), no ano de 1996.

De acordo com Araújo e colaboradores (2003), o período de maior índice pluviométrico no PMP ocorre entre os meses de março a julho, enquanto o período entre agosto e fevereiro é menos chuvoso. As coletas deste trabalho ocorreram entre setembro e novembro, período de menor índice pluviométrico. Portanto, a grande abundância de indivíduos encontrados no local pode não se repetir durante o período chuvoso. Uma análise temporal da distribuição dos indivíduos ao longo do ano pode fornecer informações importantes acerca da sua ocorrência e possíveis flutuações populacionais ao longo do ano.

No presente estudo, após 96 h dos testes de sobrevivência, a tolerância de *M. tuberculatus* à salinidade apresentou valores próximos para indivíduos considerados adultos (CL50 = 22,82‰, IC = 20,46‰ - 25,19‰) e para indivíduos considerados juvenis (CL50 = 21,56‰, IC = 20,06‰ - 23,07‰).

Bolaji et al. (2011) não separou os indivíduos por classe etária ao realizar a exposição de *M. tuberculatus* à salinidade e obteve CL50 de 24,42‰ (IC = 21,40‰ - 25,42‰) ao final de 96 h de experimento, sendo um valor relativamente próximo ao obtido da atual análise.

Mitchell (2006 *apud* Bolaji et al. 2011) notou a capacidade de *M. tuberculatus* em se retrair para a concha e selar o opérculo em casos de estresse, na presença de um componente tóxico no ambiente ou no combate à dessecação. Outra característica peculiar observada foi a habilidade de se aderir à superfície da água e flutuar. Retração para o interior da concha e flutuação também foram observados no presente trabalho.

Os testes de atividade realizados demonstraram que em salinidade superior ou igual a 30‰, os indivíduos tiveram a sua mobilidade inibida. Porém, a capacidade de retrair e de se aderir à superfície da água podem representar importantes mecanismos de dispersão deste caramujo ao se proteger do ambiente estressante até alcançar condições favoráveis.

Por fim, cabe ressaltar que, assim como nos estudos de Bolaji (2011), os indivíduos coletados para os experimentos de tolerância à salinidade foram capturados em ambientes estritamente de água doce. Resultados distintos devem ser obtidos com indivíduos encontrados naturalmente em ambientes estuarinos – provavelmente sujeitos a variações maiores da salinidade. Assim, novas investigações são necessárias para avaliar a influência da salinidade sobre aspectos adaptativos, particularmente, relacionados à capacidade de dispersão e bioinvasão de *M. tuberculatus*.

agradecimentos

A R. Johnsson por ter me incorporou ao LABIMAR (Laboratório de Crustacea, Cnidaria e fauna associada), proporcionando a execução deste trabalho e a R. Bonfim (Biomonitoramento e Meio Ambiente LTDA) pelo estímulo ao desenvolvimento de uma nova linha de pesquisa.

referências bibliográficas

- Abílio, F. J. P., Gessner, A. A. F., Leite, R. L., Ruffo, T. L. M. 2006. Gastrópodes e outros invertebrados do sedimento e associados à macrófita *Eichhornia crassipes* de um açude hipertrófico do semi-árido paraibano. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 6: 165-180.
- Abílio, F. J. P. 1997. Aspectos Bio-ecológicos da fauna malacológica, com ênfase em *Melanooides tuberculata* Müller, 1774 (Gastropoda:Thiaridae) em corpos aquáticos do Estado da Paraíba. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 150 p.
- Araújo, C. V. M., Santos, O. M., Alves, L. J., Muniz, C. R. R. 2003. Fungos micorrízicos arbusculares em espécies de Melastomataceae no Parque Metropolitano de Pituáçu, Salvador – Bahia – Brasil. **SITIANTIBUS série Ciências Biológicas**, 3(1/2): 115-119.
- Bogea, T., Cordetro, F. M., Gouveja, J. S. 2005. *Melanooides tuberculatus* (Gastropoda:Thiaridae) As Intermediate Host of Heterophyidae (Trematoda: Digenea) In Rio de Janeiro Metropolitan Area, Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, 47(2): 87-90.
- Bolaji, D. A., Edokpayi C. A., Samuel O. B., Akinnigbagbe R. O., Ajulo A. A. 2011. Morphological characteristics and Salinity tolerance of *Melanooides tuberculatus* (Muller, 1774). **World Journal of Biological Research**, 4(2): 1-11.
- Cain, M. L., Bowman, W. D., Hacker, S. D. 2011. **Ecologia**. Editora Artmed, Porto Alegre, 640 p.
- Fernandez, M. A., Thiengo, S. C., Simone, L. R. L. 2003. Distribution of the introduced freshwater snail *Melanooides tuberculatus* (Mollusca; Thiaridae) in Brazil. **Nautilus**, 117(3): 78-82.
- Góes-Neto, L. A. A., Portela Neto, A. L., Nonato, F. R. 2012. Licófitas e samambaias do Parque Metropolitano de Pituáçu, Município de Salvador, Bahia, Brasil. **SITIANTIBUS série Ciências Biológicas**, 12(2): 1-23
- Gutiérrez Gregoric, D. E., Núñez, V., Ferrando, N. S., Rumi, A. 2007. First record of invasive snail *Melanooides tuberculatus* (Müller)(Gastropoda: Prosobranchia:Thiaridae) for the Iguazú River Basin, Argentina–Brazil. **Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay** 9(90): 109-112.
- Jesus, A. J. S., Costa, T., Camargo, M. 2007. Registros de moluscos Gastropoda no médio rio Xingu-Pará. **Revista Uakari**, 3(1): 96-103.

- Kock, K. N. de, Wolmarans, C. T. 2009. Distribution and habitats of *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774) and *M. victoriae* (Dohrn, 1865)(Mollusca: Prosobranchia: Thiaridae) in South Africa. **Water SA (Online)**, 35(5): 713-720.
- Maia, R. C., Rodrigues, A. B., Rocha-Barreira, C. A. 2011. Distribuição espaço-temporal de *Melampus coffeus* (Mollusca: Gastropoda) em manguezais estuarinos da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil. **Conexões: Ciência e Tecnologia**, 5(3): 28-35.
- Okumura, D. 2006. Estudos Ecológicos e Ecotoxicológicos de *Melanooides tuberculata*, Espécie Exótica para a Região Neotropical. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil, 159 p.
- Oliveira-Alves, A., Peres, M. C. L., Dias, M. A., Cazais, G., Souto, L. A. 2005. Estudo das comunidades de aranhas (Arachnida: Araneae) em ambiente de Mata Atlântica no Parque Metropolitano de Pituáçu - PMP, Salvador, Bahia. **Biota Neotropica**, 5(1a): 1-8.
- Pointier, J. P. 2001. Invading Freshwater Snails and Biological Control in Martinique, French West Indies. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, 96(Suppl.): 67-74.
- Rocha, O. 1983. The influence of food-temperature combinations on the duration of development, body size, growth and fecundity of *Daphnia* species. **PhD. Thesis**. Royal Holloway College, London, England, 337 p.
- SEMA (Secretaria do Meio Ambiente – Governo do Estado da Bahia). 2012. World Wide Web electronic publication accessible at <http://www.semarh.ba.gov.br/conteudopituacu.aspx?s=PMPHISTO&p=PITUACU>. (Accessed 11/08/2012).
- Sousa, G. B., Mota, J. A. 2006. Valoração Econômica de Áreas de Recreação: o caso do Parque Metropolitano de Pituáçu, Salvador, BA. **Revista de Economia**, 32(1): 37-55.
- Teles, A. M., Bautista, H. P. 2006. Asteraceae no Parque Metropolitano de Pituáçu, Salvador, Bahia, Brazil. **Lundiana (UFMG)**, 7(2): 87-96.
- Townsend, C. R., Begon, M., Harper, J. L. 2010. **Fundamentos em Ecologia**. 3. ed. Porto Alegre, Artmed Editora. 576 p.
- Vaz, J. F., Teles, H. M. S., Correa, M.A., Leite, S. P. S. 1986. Ocorrência no Brasil de *Thiara (Melanooides) tuberculata* (O.F. Muller, 1774) (Gastropoda, Prosobranchia), primeiro hospedeiro intermediário de *Clonorchis sinensis* (Cobbold, 1875) (Trematoda, Platyhelminthes). **Revista Saúde Pública**, 20(4): 318-22.