

SUBMETIDO 12/05/2021

APROVADO 28/10/2021

PUBLICADO ON-LINE 18/11/2021

PUBLICADO 30/03/2023

EDITORA ASSOCIADA

Maria Angélica Ramos da Silva

DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id5923>

ARTIGO ORIGINAL

Avaliação da abundância e tamanho de *Melanooides tuberculatus* (MULLER, 1774) no reservatório Engenheiro Ávidos (Cajazeiras-PB)

 Evaldo de Lira Azevêdo ^{[1]*}

 Wilza Carla Moreira Silva ^[2]

 Sarahbelle Leitte
Cartaxo Meneses ^[3]

 André de Oliveira Bandeira ^[4]

 Teobaldo Gabriel de
Souza Júnior ^[5]

 Daniele Jovem da
Silva Azevêdo ^[6]

[1] evaldo.azevedo@ifpb.edu.br
Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB),
Campus Princesa Isabel, Brasil

[2] wilza.silva@ifpb.edu.br
[3] sarahbelle.cartaxo@ifpb.edu.br
[4] andrecz15oli@gmail.com
[5] teobaldo.souza@ifpb.edu.br
Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB),
Campus Cajazeiras, Brasil

[6] daniele.jazevedo@gmail.com
Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Sertão
Pernambucano (IF Sertão-PE),
Campus Floresta, Brasil

RESUMO: *Melanooides tuberculatus* é um molusco exótico que tem se dispersado amplamente em ecossistemas aquáticos do semiárido brasileiro, sendo, em muitos casos, dominante nas comunidades de macroinvertebrados bentônicos. Os objetivos deste estudo foram: i) avaliar a abundância e tamanho de *M. tuberculatus* no reservatório Engenheiro Ávidos (Cajazeiras-PB); ii) averiguar a relação da abundância e tamanho de *M. tuberculatus* com variáveis ambientais; iii) avaliar, comparativamente, a classificação dos locais de amostragem – melhor e pior qualidade ambiental – a partir da abundância, tamanho de *M. tuberculatus* e variáveis físicas e químicas da água; e iv) diagnosticar a qualidade ambiental do ecossistema estudado. Os moluscos foram coletados em dez locais distribuídos na zona litorânea do reservatório Engenheiro Ávidos (Cajazeiras-PB), com auxílio de draga Ekman-Birge. A melhor resposta de classificação dos locais de amostragem foi obtida a partir dos parâmetros físicos e químicos da água. Maiores abundâncias e tamanhos do molusco ocorreram em locais com menor qualidade ambiental. Novos estudos devem ser realizados para acompanhar a dinâmica de *M. tuberculatus*, como também para avaliar a qualidade ambiental do reservatório.

Palavras-chave: macroinvertebrados bentônicos; molusco exótico; qualidade ambiental; reservatórios; semiárido.

Abundance and size assessment of *Melanooides tuberculatus* (MULLER, 1774) in Engenheiro Ávidos reservoir (Cajazeiras-PB)

ABSTRACT: *Melanooides tuberculatus* is an exotic mollusk that has been widely

*Autor para correspondência.

distributed in aquatic ecosystems in the Brazilian semi-arid region, being, in many places, dominant in the benthic macroinvertebrates communities. The aims of this study were to: i) assess the abundance and size of M. tuberculatus in the Engenheiro Ávidos reservoir (Cajazeiras-PB); ii) examine the relation between the abundance and size of M. tuberculatus with environmental variables; iii) evaluate in a comparative manner the classification of sampling sites (the best and the worst environmental quality) since the abundance, size of the M. tuberculatus, and the physical and chemical variables of water; finally, iv) to diagnose the environmental quality of the studied ecosystem. The mollusks were collected at ten sites distributed in the littoral zone of the reservoir named as Engenheiro Ávidos (Cajazeiras-PB), with the aid of Ekman-Birge dredge. The best answer for classification of sampling sites was reached from the physical and chemical parameters of the water. The higher levels of this mollusk abundances and sizes have occurred in places with lower environmental quality. New studies must be carried out in order to monitor the dynamic of the M. tuberculatus, as well as, to assess the environmental quality of the reservoir.

Keywords: *benthic macroinvertebrates; environmental quality; exotic mollusks; reservoirs; semi-arid.*

1 Introdução

Entre os diversos problemas ambientais, destaca-se a disseminação ou adensamento de espécies exóticas. Em ecossistemas aquáticos do semiárido brasileiro, o molusco exótico *Melanoides tuberculatus* (MULLER, 1774) desponta como uma espécie bastante disseminada (SANTOS; ESKINAZI-SANT'ANNA, 2010).

M. tuberculatus é um gastrópode da família Thiaridae, com origem no Leste e no Norte da África, no Sudeste Asiático, na China e nas ilhas do Indo-Pacífico (BARROS *et al.*, 2020). O primeiro registro da espécie no Brasil ocorreu na cidade de Santos-SP, em 1967 (VAZ *et al.*, 1986), com posterior registro em diversos estados da federação. Na Paraíba, estado com maior parcela do território inserida na região semiárida do Brasil, o primeiro registro foi realizado por Paz *et al.* (1995). A principal hipótese para explicar a introdução da espécie no país está relacionada à comercialização de peixes e plantas ornamentais (BARROS *et al.*, 2020; FERNANDEZ; THIENGO; SIMONE, 2003).

O molusco demonstra alta plasticidade ecológica, podendo se estabelecer em ecossistemas aquáticos com os mais variados níveis de degradação ambiental. No entanto, sua dominância é frequentemente relatada em reservatórios eutrofizados (ARAÚJO *et al.*, 2020; AZEVÊDO *et al.*, 2017; SANTOS; ESKINAZI-SANT'ANNA, 2010). Um dos fatores que explica a elevada abundância e dominância de *M. tuberculatus* em comunidades bentônicas é seu alto potencial reprodutivo. É uma espécie partenogenética e ovovivípara que atinge sua maturidade sexual rapidamente (GONÇALVES, 2015; HOUBRICK, 1987). Berry e Kadri (1974), em estudos desenvolvidos na Malásia, registraram início da reprodução em indivíduos com tamanho a partir de 10,8 mm de altura da concha. Há registro de reprodução em indivíduos ainda menores, com 7 mm de altura da concha (HELLER; FARSTAY, 1989). O aumento do tamanho dos organismos acompanha também a elevação na quantidade de ovos produzidos (DUDGEON, 1986). Além dos fatores associados ao potencial reprodutivo, esse molusco apresenta baixa taxa de mortalidade,

alta capacidade de dispersão e capacidade de se estabelecer em qualquer tipo de substrato (FREITAS *et al.*, 1987).

O fato de essa espécie estar associada à degradação ambiental mostra a importância de ser avaliada e continuamente monitorada. Além disso, o reservatório estudado está no eixo de recepção das águas da transposição do Rio São Francisco, fator que aumenta o risco de dispersão dos indivíduos jovens para outros reservatórios nos eixos da transposição, de colonização em outros ecossistemas, ou mesmo de adensamento de populações preexistentes.

Dessa forma, os objetivos deste estudo foram: i) avaliar a abundância e tamanho de *M. tuberculatus* no reservatório Engenheiro Ávidos (Cajazeiras-PB); ii) averiguar a relação entre abundância e tamanho de *M. tuberculatus* e variáveis ambientais; iii) avaliar, comparativamente, a classificação dos locais de amostragem – melhor e pior qualidade ambiental –, a partir da abundância e do tamanho de *M. tuberculatus* e de variáveis físicas e químicas da água; e iv) diagnosticar a qualidade ambiental do ecossistema estudado. O conjunto de dados gerados neste estudo poderá ser utilizado para definições de ações futuras de conservação, sobretudo pelo fato de o ambiente de estudo estar localizado em uma unidade de conservação que precisa formular seu plano de manejo.

2 Referencial teórico

Entre os *taxa* exóticos que têm causado preocupação em ecossistemas aquáticos, destacam-se os moluscos *Limnoperna fortunei* (DUNKER, 1857), *Corbicula fluminea* (MULLER, 1774) e *Melanoides tuberculatus* (MULLER, 1774). Dentre as espécies citadas, *M. tuberculatus* aparece como a mais disseminada no semiárido do Brasil (SANTOS; ESKINAZI-SANT'ANNA, 2010). Desde o seu primeiro registro em Santos (São Paulo) em 1967 (VAZ *et al.*, 1986), o molusco já foi registrado em 19 estados e no Distrito Federal (BARROS *et al.*, 2020). Na Paraíba, o primeiro registro foi realizado por Paz *et al.* (1995), sendo coletado em cinco ecossistemas lênticos, desde o Litoral ao Sertão do estado.

A ocorrência natural de *M. tuberculatus* se dá no Leste e no Norte da África, no Sudeste Asiático, na China e nas ilhas do Indo-Pacífico (SILVA; BARROS, 2011). A principal hipótese para explicar sua introdução no Brasil se relaciona à comercialização de peixes e plantas ornamentais (FERNANDEZ; THIENGO; SIMONE, 2003; SILVA; BARROS, 2011). O molusco pertence à classe Gastropoda, família Thiaridae, sendo uma espécie partenogênica e ovovivípara que se reproduz rapidamente (HOUBRICK, 1987). Possui concha em espiral, espessa, podendo apresentar o revestimento de uma cutícula escura, além de mostrar, frequentemente, o ápice erodido devido ao ácido carbônico dissolvido na água (OKUMURA, 2006; POINTIER; GUYARD, 1992).

A alta capacidade reprodutiva de *M. tuberculatus* contribui para seu adensamento, o que gera pressão competitiva sobre espécies nativas de moluscos. Pointier e Jourdan (2000), em relatos de casos de competição entre moluscos, registraram, na ilha Santa Lúcia, Caribe, a extinção de *Biomphalaria glabrata* em alguns corpos aquáticos e a redução drástica de moluscos nativos, causadas por *M. Tuberculatus*.

Nesse contexto, considerando o elevado grau de colonização de *M. tuberculatus* em ecossistemas aquáticos no Brasil, sobretudo no semiárido, é essencial avaliar as populações do molusco e prevenir um maior adensamento destas, ou a colonização de novos ambientes, especialmente quando se considera que a transposição das águas do Rio São Francisco pode favorecer a dispersão da espécie para vários

ecossistemas (ANDRADE, 2014). Sendo assim, é essencial avaliar dados populacionais como a abundância e o tamanho do molusco.

Por ser uma espécie partenogenética, um só molusco pode formar uma nova população, originando populações com elevada distribuição agregada (ALBARRAN-MELZE; RANGEL-RUIZ; GAMBOA-AGUILAR, 2009). Diversos estudos têm mostrado que *M. tuberculatus* é a espécie de molusco mais abundante em ecossistemas no Brasil e no mundo (ALBARRAN-MELZE; RANGEL-RUIZ; GAMBOA-AGUILAR, 2009; ARAÚJO *et al.*, 2020; AZEVÊDO *et al.*, 2017; RADER; BELK; KELEHER, 2003; SILVA *et al.*, 2020; WORK; MILLS, 2013). Silva *et al.* (2020) registraram, em três reservatórios no estado do Piauí (Brasil), a ocorrência de *M. tuberculatus* em 87,2% dos moluscos amostrados. Medeiros *et al.* (2018) indicaram quantidades ainda mais altas quando estudaram reservatórios da bacia do Rio Paraíba (Paraíba, Brasil). Nesse caso, o molusco representou 96% dos organismos coletados em um dos ecossistemas estudados.

O tamanho (altura da concha) de *M. tuberculatus* tem sido avaliado como um fator relacionado ao momento reprodutivo do molusco, evento que pode ocorrer durante todo o ano (MIYAHIRA, 2010). Berry e Kadri (1974), avaliando a reprodução da espécie na Malásia, constataram que indícios do amadurecimento reprodutivo começam quando apresentam tamanho variando de 6 mm a 8,5 mm, no entanto, só foram registrados ovos e embriões em indivíduos com o tamanho a partir de 10,8 mm. Esses autores ainda registraram que, com o aumento da altura da concha do molusco, havia um acréscimo no recrutamento de jovens, considerando que indivíduos maiores ampliam o potencial de produção de ovos. Contudo, Heller e Farstay (1989), a partir do desenvolvimento de um método para separar machos e fêmeas, constataram início da maturidade reprodutiva a partir de 7 mm de altura da concha.

Nesse contexto, estudos que incluem a avaliação de parâmetros populacionais (por exemplo, abundância e tamanho dos indivíduos), como os que são avaliados no presente estudo, são úteis para analisar os padrões de flutuação de espécies-alvo, o que pode fornecer dados que auxiliam a elaboração de planos de manejo e controle mais eficazes, especialmente quando estes incluem espécies invasoras como *M. tuberculatus*.

3 Método da pesquisa

Esta seção está subdividida em subseções, as quais foram escritas para auxiliar a compreensão do desenvolvimento do estudo. A seção 3.1 descreve a área de estudo, dando enfoque ao reservatório analisado; a seção 3.2 apresenta o desenho amostral traçado; a seção 3.3 trata sobre a metodologia de amostragem e medição de *Melanoides tuberculatus*; a seção 3.4 traz os descritores físicos e químicos avaliados; e a seção 3.5 apresenta as análises de dados realizadas para alcançar os objetivos do estudo.

3.1 Área de estudo

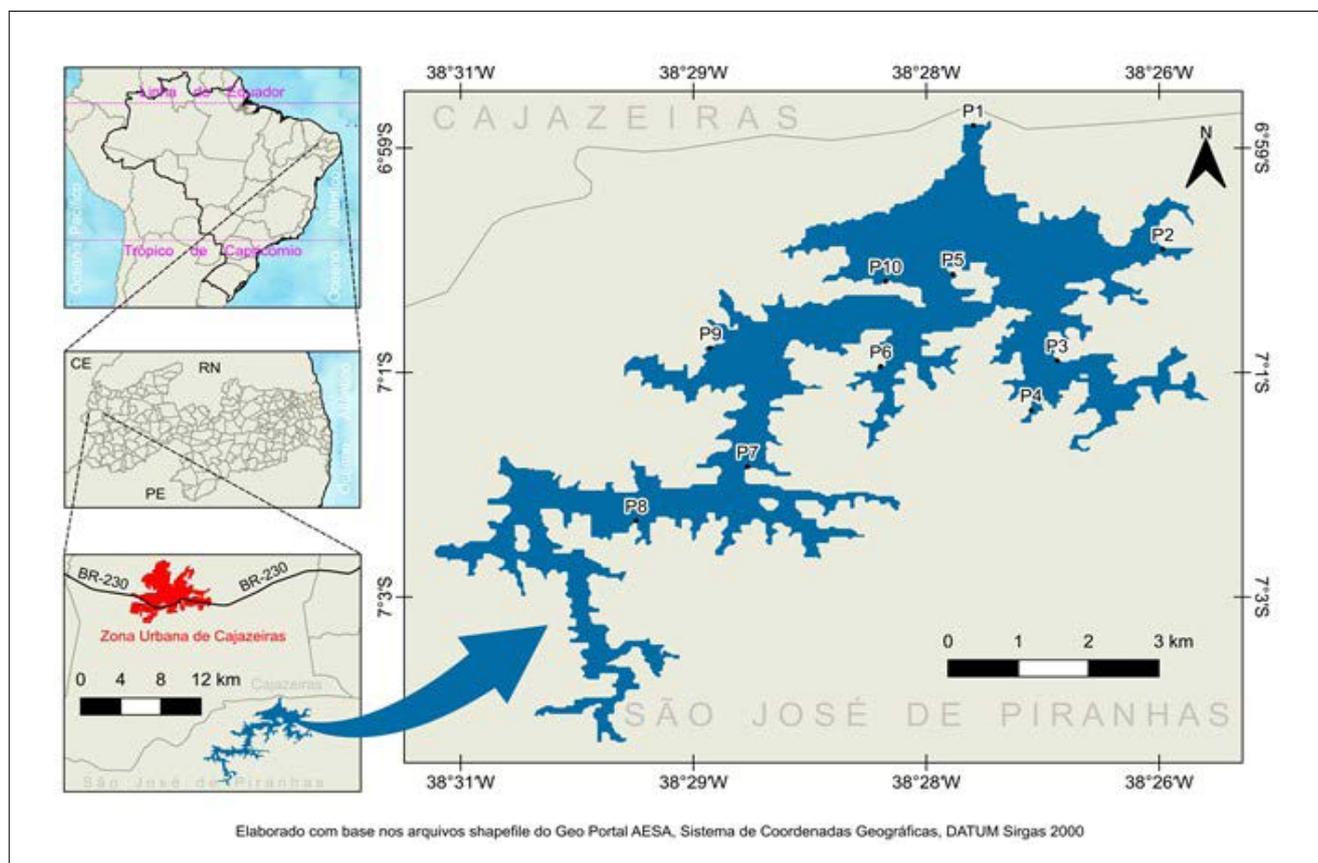
Este estudo foi realizado no reservatório de abastecimento Engenheiro Ávidos (Figura 1), localizado na bacia hidrográfica do Rio Piranhas. A referida bacia é de domínio federal e está inserida no semiárido brasileiro. Apresenta uma área de drenagem de 43.681,50 km² e capacidade de acumulação de 255.000.000 m³ (AESAs, 2021). O manancial que abastece a cidade de Cajazeiras (Paraíba, Brasil) também está no eixo de

Figura 1 ▼

Mapa da área de estudo e pontos de amostragem no reservatório Engenheiro Ávidos, bacia do Rio Piranhas, Paraíba, Nordeste do Brasil.

Fonte: elaboração própria

recepção de águas da transposição do Rio São Francisco, por meio do Eixo Norte. Durante o período de amostragem – fevereiro de 2021 –, o reservatório encontrava-se com 40,99% de sua capacidade de acumulação (AESAs, 2021).



3.2 Desenho amostral

A amostragem de *M. tuberculatus* e a aferição de variáveis físicas e químicas da água ocorreram em fevereiro de 2021, a partir da coleta de uma amostra de moluscos e de água em cada local. Foram demarcados dez pontos equidistantes, considerando o contorno do perímetro do reservatório (Figura 1). Desse modo, os locais de amostragem foram marcados a uma distância aproximada de 7 km um do outro. Na Figura 1, alguns pontos parecem mais distantes; isso ocorre porque as margens entre esses pontos são menos irregulares (menos dendríticas) do que em pontos que são aparentemente mais próximos.

3.3 Amostragem e medição de *Melanoides tuberculatus* (MULLER, 1774)

As amostragens de *M. tuberculatus* ocorreram na zona litorânea de cada um dos dez pontos previamente definidos. A escolha da zona litorânea se deu por esta apresentar, comumente, maior abundância de moluscos. Para coleta do sedimento contendo os moluscos, foi utilizada uma draga Ekman-Birge com capacidade de amostragem de 0,225 m². Dando

seguimento, o material coletado foi acondicionado em sacos plásticos e conservado com álcool a 70%. Em laboratório, as amostras foram lavadas utilizando peneira de abertura de malha de 0,50 mm. Após lavagem, os organismos foram triados e identificados com auxílio de lupa e chave dicotômica (MUGNAI; NESSIMIAN; BAPTISTA, 2010). Na sequência, os moluscos foram armazenados em potes plásticos e conservados em álcool a 70%.

Para a avaliação dos tamanhos dos indivíduos (altura da concha), foi utilizado um paquímetro. Assim, de acordo com metodologia aplicada por Araújo *et al.* (2020), a medição da concha se deu a partir do ápice até a extremidade de sua abertura.

3.4 Descritores físicos e químicos

Em cada um dos dez locais de amostragem, foram coletados dados de concentração de oxigênio (em mg/L), pH, condutividade (em $\mu\text{S}/\text{cm}$) e temperatura da água (em $^{\circ}\text{C}$), com auxílio de medidor multiparâmetro AKROM. Uma amostra de água foi coletada em garrafas plásticas de 500 ml em cada local de amostragem. Posteriormente, análises de colorimetria foram realizadas para avaliar concentrações de amônia (em mg/L) e fósforo (em mg/L), utilizando colorímetros HI706 HANNA e HI733 HANNA, respectivamente.

3.5 Análise de dados

Os dados ambientais foram analisados previamente, e aqueles com distribuição distorcida (oxigênio, condutividade, temperatura, amônia e fósforo) foram transformados em $\log x + 1$ e normalizados. A matriz de distância euclidiana foi selecionada como matriz de dissimilaridade. Para os dados de abundância e tamanho de *M. tuberculatus*, a matriz de distância euclidiana também foi aplicada.

Para classificar os locais de amostragem, foi realizada análise de agrupamento (CLUSTER) utilizando os dados ambientais. Posteriormente, uma série de análises de significância (*Permutational Analysis of Variance*) foi empregada para averiguar a existência de diferença significativa entre os grupos formados com $p < 0,05$ e 9999 permutações (ANDERSON, 2001; ANDERSON; GORLEY; CLARKE, 2008). Com a confirmação de diferença significativa entre os grupos de locais de amostragem (considerando as variáveis físicas e químicas), foi realizado agrupamento correspondente dos dados de abundância e tamanho de *M. tuberculatus*. Outra série de análises de significância foi realizada para testar a existência de diferenças entre os grupos de dados de abundância e tamanho. O procedimento para classificação de locais de amostragem foi realizado de acordo com Azevêdo *et al.* (2017). As referidas análises foram realizadas utilizando o pacote estatístico PRIMER-6 + PERMANOVA (ANDERSON; GORLEY; CLARKE, 2008). Para a realização das análises de correlação da abundância e do tamanho de *M. tuberculatus* com as variáveis ambientais (oxigênio, condutividade, temperatura, concentrações de amônia e fósforo), foram realizadas análises de correlação de Spearman no ambiente estatístico R (R CORE TEAM, 2016) usando o pacote *corrplot*.

4 Resultados da pesquisa

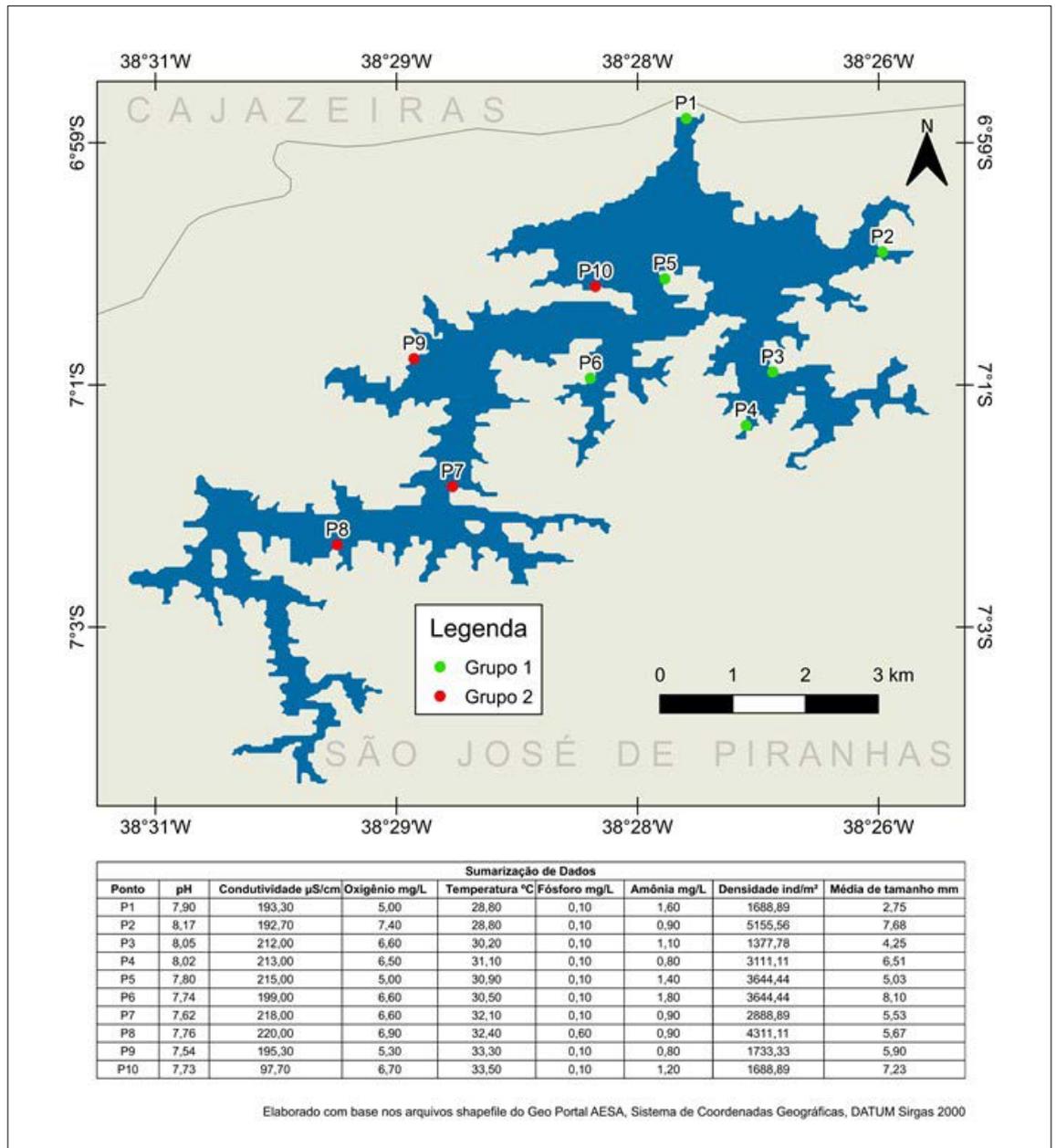
O conjunto de dados reunidos no presente estudo possibilitou analisar a dinâmica das comunidades de macroinvertebrados bentônicos frente às variáveis ambientais locais. Nas subseções abaixo são descritas as observações da comunidade e das condições do habitat.

4.1 Abundância, tamanho de *M. tuberculatus* e variáveis ambientais

Figura 2 ▼
 Mapa com a classificação dos locais de amostragem, valores absolutos das variáveis ambientais, densidade e médias de tamanho de *M. tuberculatus* no reservatório Engenheiro Ávidos, bacia do Rio Piranhas, Paraíba, Brasil.
 Fonte: dados da pesquisa

Um total de 658 organismos foram coletados. A abundância média para o reservatório foi de 65,8 ($\pm 28,9$) moluscos por local de amostragem, com menor proporção (31 organismos) no Ponto 3 e maior (116 organismos) no Ponto 2. A média de tamanho dos organismos foi de 6,3 mm ($\pm 3,5$), variando de 0,2 mm a 30 mm. Dos 658 moluscos contabilizados, 40,46% (n=286) apresentaram tamanho igual ou superior a 7 mm.

As médias dos valores para as variáveis ambientais foram de 7,83 ($\pm 0,20$, máx. 8,17, mín. 7,54) para o pH; 195,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (± 36 , máx. 220, mín. 97,7) para a condutividade; 6,26 mg/L ($\pm 0,84$, máx. 7,4, mín. 5) para o oxigênio dissolvido; 31,16 °C ($\pm 1,7$, máx. 33,5, mín. 28,8) para a temperatura; 0,16 mg/L ($\pm 0,15$, máx. 0,6, mín. 0,1) para o fósforo dissolvido; e 1,14 mg/L ($\pm 0,35$, máx. 1,8, mín. 0,8) para a amônia. Os valores absolutos por ponto de amostragem das variáveis ambientais, densidades de moluscos e médias de tamanhos dos organismos podem ser observados na Figura 2.



4.2 Classificação dos locais de amostragem

A partir da análise de agrupamento utilizando as variáveis ambientais, foi possível observar a formação de dois grupos de locais de amostragem (Figura 3). No primeiro grupo, foram agregados os pontos 7, 8, 9 e 10; já no segundo grupo, os locais 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Diferença significativa foi observada entre os dois grupos de locais de amostragem, formados a partir das variáveis ambientais (PERMANOVA: PseudoF_{1,9} = 3,37, p = 0,005).

Figura 3 ►

Análise de agrupamento (CLUSTER): formação de dois grupos de locais de amostragem com base nas variáveis ambientais.
Fonte: dados da pesquisa

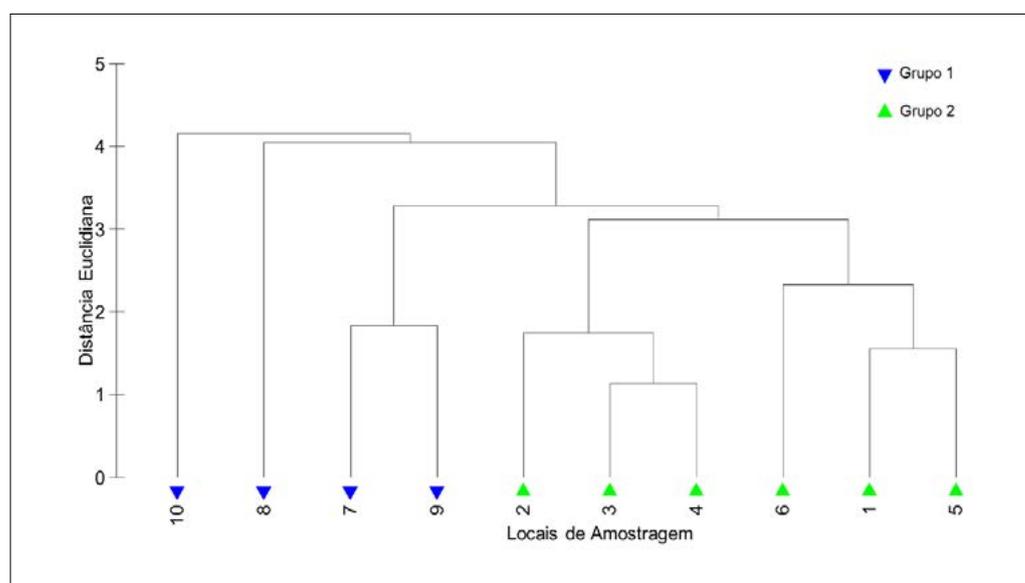


Tabela 1 ▼

Valores médios, desvio padrão, valores máximos e mínimos para as variáveis ambientais por grupos de locais de amostragem.
Fonte: dados da pesquisa

Os locais agregados no primeiro grupo apresentaram menor valor médio de pH (7,66), menor valor médio de condutividade (182,75 $\mu\text{S}/\text{cm}$), maior valor médio para a concentração de oxigênio (6,38 mg/L), maior valor médio de concentração de amônia (1,27 mg/L), maior valor médio de temperatura (32,83 $^{\circ}\text{C}$), maior valor médio de fósforo (0,23 mg/L) e menor valor médio de amônia (0,95 mg/L) (Tabela 1). Já os locais do segundo grupo apresentaram maior valor médio de pH (7,95), maior valor médio de condutividade (204,17 $\mu\text{S}/\text{cm}$), menor valor médio de oxigênio dissolvido (6,18 mg/L), menor valor médio de temperatura (30,05 $^{\circ}\text{C}$), menor concentração média de fósforo dissolvido (0,1 mg/L) e maiores valores de amônia (1,27 mg/L) (Tabela 1).

| | pH | Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Oxigênio mg/L | Temperatura $^{\circ}\text{C}$ | Fósforo mg/L | Amônia mg/L |
|----------------------|------------|--|------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------|
| Grupo 1 | | | | | | |
| Média | 7,66 | 182,75 | 6,38 | 32,83 | 0,23 | 0,95 |
| Desvio padrão | $\pm 0,10$ | $\pm 57,79$ | $\pm 0,72$ | $\pm 0,68$ | $\pm 0,25$ | $\pm 0,17$ |
| Valor máximo | 7,76 | 220 | 6,9 | 33,5 | 0,6 | 1,2 |
| Valor mínimo | 7,54 | 97,7 | 5,3 | 32,1 | 0,1 | 0,8 |
| Grupo 2 | | | | | | |
| Média | 7,95 | 204,17 | 6,18 | 30,05 | 0,1 | 1,27 |
| Desvio padrão | $\pm 0,16$ | $\pm 10,32$ | $\pm 0,97$ | $\pm 1,01$ | $\pm 1,52$ | $\pm 0,39$ |
| Valor máximo | 8,17 | 215 | 7,4 | 31,1 | 0,1 | 1,8 |
| Valor mínimo | 7,74 | 192,7 | 5 | 28,8 | 0,1 | 0,8 |

Tabela 2 ▼

Valores médios, desvio padrão, valores máximos e mínimos para abundância e tamanho (altura da concha) de *M. tuberculatus* entre os dois grupos de locais de amostragem.
 Fonte: dados da pesquisa

A partir do agrupamento de locais de amostragem dirigido pelas variáveis ambientais, os dados de abundância e tamanho (altura da concha) dos moluscos foram associados seguindo a mesma ordem (Grupo 1 – pontos 7, 8, 9 e 10; Grupo 2 – pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6). Não ocorreu diferença significativa para abundância entre os dois grupos (PERMANOVA: PseudoF_{1,9} = 0,21, p = 0,71). Também não houve diferença significativa do tamanho dos moluscos para os dois grupos de locais (PERMANOVA: PseudoF_{1,9} = 0,38, p = 0,12). No primeiro grupo, a abundância média de *M. tuberculatus* foi de 59,75 (2.655,55 ind./m²), enquanto o segundo apresentou 69,83 (3.103,70 ind./m²) (Tabela 2). O tamanho médio dos organismos foi de 5,92 mm no primeiro grupo e 6,35 mm no segundo grupo (Tabela 2).

| | Abundância absoluta | Abundância de ind./m ² | Tamanho |
|----------------------|---------------------|-----------------------------------|---------|
| Grupo 1 | | | |
| Média | 59,75 | 2.655,55 | 5,92 |
| Desvio padrão | ±27,80 | ±1.235,61 | ±2,70 |
| Valor máximo | 97 | 4.311,11 | 15 |
| Valor mínimo | 38 | 1.688,88 | 1 |
| Grupo 2 | | | |
| Média | 69,83 | 3.103,70 | 6,35 |
| Desvio padrão | ±31,46 | ±1.398,24 | ± 3,86 |
| Valor máximo | 116 | 5.155,55 | 30 |
| Valor mínimo | 31 | 1.377,77 | 0,2 |

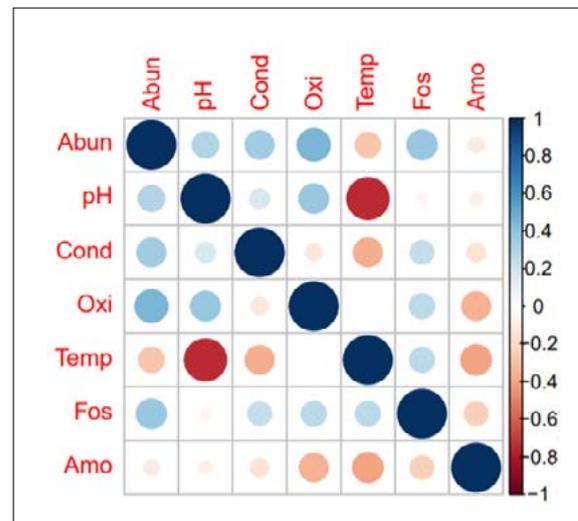
* ind./m² = indivíduos por metro quadrado

4.3 Correlação entre abundância e tamanho de *M. tuberculatus* e as variáveis ambientais

A abundância de organismos apresentou correlação positiva, embora não significativa estatisticamente, com oxigênio dissolvido na água (0,45, p = 0,41), fósforo (0,38, p = 0,56), condutividade (0,34, p = 0,82) e pH (0,29, p = 0,72); e correlação negativa com temperatura (-0,27, p = 0,62) e amônia (-0,10, p = 0,87) (Figura 4).

Figura 4 ►

Gráfico apresentando as correlações entre a abundância e as variáveis ambientais. Círculos com tons de vermelho indicam correlações negativas, círculos com tons de azul indicam correlações positivas. Círculos de maior tamanho representam maiores valores de correlação.
 Fonte: dados da pesquisa



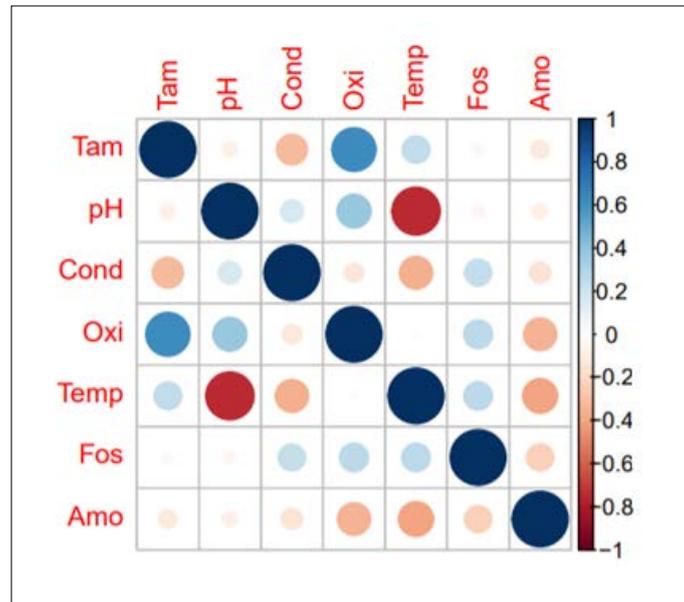
O tamanho de *M. tuberculatus* apresentou correlação, embora não significativa estatisticamente, positiva com oxigênio (0,62, $p = 0,17$) e temperatura (0,24, $p = 0,85$); e correlação negativa com condutividade (-0,31, $p = 0,99$), amônia (-0,11, $p = 0,79$), pH (-0,07, $p = 0,81$) e fósforo (-0,034, $p = 0,58$) (Figura 5).

Figura 5 ►

Gráfico apresentando as correlações entre os tamanhos dos moluscos e as variáveis ambientais.

Círculos com tons de vermelho indicam correlações negativas, círculos com tons de azul indicam correlações positivas. Círculos de maior tamanho representam maiores valores de correlação.

Fonte: dados da pesquisa



5 Discussão

Nesta seção os resultados observados são discutidos a partir da abordagem conceitual e teórica, apresentando, inclusive, o que há de estudos sobre a mesma temática.

5.1 Abundância e tamanho de *M. tuberculatus*

A partir deste estudo, constatou-se que a abundância de *M. tuberculatus* foi alta, como já vem sendo registrado em estudos realizados em outros reservatórios da região semiárida do Brasil (ALMEIDA; NASCIMENTO-FILHO; VIANA, 2018; AZEVÊDO *et al.*, 2017; MEDEIROS *et al.*, 2018). Neste estudo, as densidades médias de *M. tuberculatus* estiveram entre 2.655,55 ind./m² e 3.103,70 ind./m². Almeida, Nascimento-Filho e Viana (2018) consideraram a densidade de 1.636 ind./m² como elevada. Azevêdo *et al.* (2017), estudando reservatórios na bacia do Rio Paraíba (Paraíba, Brasil), registraram densidades semelhantes às referidas neste trabalho (entre 3.227,55 ind./m² e 3.486,63 ind./m²). No entanto, no mundo já foram registradas densidades maiores, tais como na Flórida, em 1960, onde foi reportada a densidade de 37.000 ind./m² (ROESSLER; BEARDSLEY; TABB, 1977). É preciso considerar que essa espécie se distribui de forma agregada (quando os indivíduos estão mais próximos que ao acaso) e esse fator, naturalmente, propicia seu alto adensamento (ALBARRAN-MELZE; RANGEL-RUIZ; GAMBOA-AGUILAR, 2009).

Os tamanhos predominantes de *M. tuberculatus* correspondem a organismos pequenos, tendo em vista que a espécie pode atingir tamanho (altura da concha) que varia de 22 mm a 42 mm (BRANDT, 1974). Entretanto, o dado também mostra que uma proporção considerável dos organismos coletados apresentava grande potencial de

se encontrarem em período reprodutivo. Segundo Heller e Farstay (1989), a maturidade sexual do molusco ocorre quando este atinge uma altura da concha igual ou superior a 7 mm. Neste estudo, 43,46% dos moluscos encontrados estavam nessa faixa de tamanho. Ainda é preciso considerar a hipótese de que o tamanho pode ser diferente em moluscos de outras regiões, ainda que tamanhos menores possam ser comuns no semiárido do Brasil. Araújo *et al.* (2020), estudando tamanhos de *M. tuberculatus* em três reservatórios e em cinco períodos de coleta na bacia do Rio Paraíba (Paraíba, Brasil), registraram tamanhos variando de 2 mm a 17 mm.

5.2 Relação entre abundância e tamanho de *M. tuberculatus* e as variáveis ambientais

As análises de correlação mostraram que não ocorreu correlação significativa da abundância e do tamanho dos organismos com as variáveis ambientais. No entanto, os valores obtidos podem ser tidos como um indicativo das correlações, uma vez que a literatura mostra que maiores abundâncias de *M. tuberculatus* são influenciadas, frequentemente, por elevadas concentrações de fósforo (ARAÚJO *et al.*, 2020), amônia (PERERA *et al.*, 1995), temperatura (GUTIÉRREZ *et al.*, 1997), pH e condutividade (DUGGAN, 2002). O tamanho foi associado, ainda, às elevadas concentrações de fósforo e clorofila na água por Araújo *et al.* (2020). Essas inferências valem, também, para a abundância de organismos com tamanho igual ou maior que 7 mm em início de estágio reprodutivo (HELLER; FARSTAY, 1989). O aumento na quantidade de períodos de amostragens, em estudos posteriores, poderá aumentar a robustez das análises de correlação da abundância e do tamanho dos moluscos com as variáveis ambientais.

5.3 Classificação dos locais de amostragem

Os resultados obtidos mostraram que os locais de amostragem foram segregados apenas pelo conjunto de variáveis físicas e químicas da água, uma vez que não ocorreu diferença significativa da abundância e do tamanho de *M. tuberculatus* entre os dois grupos de locais. Assim, de acordo com as variáveis ambientais, os locais de amostragem agrupados no Grupo 1 (pontos 7, 8, 9 e 10) podem ser classificados como tendo melhor qualidade, podendo se destacar menores valores de condutividade, maiores concentrações de oxigênio e menores concentrações de amônia. Já os locais do Grupo 2 (pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6) podem ser classificados como tendo menor qualidade ambiental em relação ao primeiro grupo, destacando-se valores menores de oxigênio, maiores valores para a condutividade e concentrações maiores de amônia.

O fato de a abundância e o tamanho dos organismos não terem separado estatisticamente os locais de amostragem não esclarece, definitivamente, a inexistência de diferença de abundância e tamanhos dos moluscos entre locais com diferentes níveis de degradação. Esse dado pode indicar que mais amostragens, principalmente em períodos distintos, podem ser necessárias, a fim de analisar de forma mais clara a dinâmica desses atributos. Diferenças espaciais e temporais na abundância e no tamanho do molusco invasor também foram registradas por Araújo *et al.* (2020) em reservatórios do semiárido. Os autores evidenciaram que em locais mais eutrofizados ocorre aumento da população e do tamanho de *M. tuberculatus*, enquanto em locais menos eutrofizados ocorre a redução da abundância e do comprimento desses moluscos.

5.4 Diagnóstico da qualidade ambiental do reservatório

Considerando as variáveis ambientais – que, apesar de oferecerem informações mais momentâneas da qualidade da água, uma vez que podem variar com mais frequência durante um curto período (GOULART; CALLISTO, 2003), fornecem dados que subsidiam informações acerca das condições locais –, ao analisar as concentrações de fósforo, foi possível observar que as concentrações desse nutriente registradas no presente estudo são preocupantes, tendo em vista que estão acima dos valores permitidos para consumo humano, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) e a Resolução CONAMA nº 430 (BRASIL, 2011). As concentrações máximas permitidas de fósforo são de 0,020 – 0,025 mg/L, 0,030 – 0,050 mg/L e 0,050 – 0,075 mg/L nas Classes 1, 2 e 3, respectivamente. Neste trabalho foram registradas concentrações médias de fósforo de 0,23 mg/L (primeiro grupo de locais de amostragem) e 0,10 mg/L (segundo grupo de locais de amostragem). No entanto, os valores obtidos podem ter sido influenciados pela entrada de matéria orgânica carregada pelas chuvas que ocorreram no período de estudo. Ao se considerar as concentrações de amônia, destacamos que os valores estão abaixo dos limites máximos permitidos pela Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), a qual prevê limite máximo de 1,5 mg/L. Neste trabalho, os valores médios registrados foram de 0,95 mg/L no primeiro grupo de locais de amostragem e 1,27 mg/L no segundo grupo de locais de amostragem, fator que contribui para a qualidade da água.

As elevadas densidades de *M. tuberculatus* no reservatório evidenciam algum comprometimento relacionado à diversidade da comunidade bentônica, tendo em vista que essa espécie é generalista, com alta capacidade adaptativa e de dispersão, competindo agressivamente com moluscos nativos (AZEVEDO *et al.*, 2017; MOLOZZI *et al.*, 2013; PAIVA *et al.*, 2018; SANTOS; ESKINAZI-SANT'ANNA, 2010).

Um fator a ser considerado é a possibilidade de ocorrer maior adensamento da população da espécie no reservatório com a chegada das águas da transposição do Rio São Francisco. Apesar de sua capacidade de dispersão, o processo é reduzido em rios intermitentes, tendo em vista que nos períodos de estiagem não há fluxo contínuo da água entre reservatórios. Porém, com a chegada das águas a partir da transposição, o fluxo passará a ser contínuo na maior parte do tempo, o que favorecerá a migração dos moluscos entre os diferentes ecossistemas integrantes da bacia hidrográfica (LIMA; BRASIL; MARTINS-SILVA, 2013).

6 Conclusão

A abundância de *M. tuberculatus* é elevada no reservatório Engenheiro Ávidos, o que leva a um estado de alerta em relação ao comprometimento da diversidade local. Os tamanhos dos moluscos, em geral, foram pequenos, no entanto há possibilidade de que uma parcela significativa dos organismos esteja em idade reprodutiva, o que pode contribuir para o aumento no potencial de recrutamento de jovens para a população. Apenas as variáveis físicas e químicas segregaram os locais de amostragem, apresentando diferenças significativas entre os grupos de locais formados.

De acordo com os dados levantados, avalia-se que a qualidade ambiental do reservatório Engenheiro Ávidos está com certo nível de comprometimento (maiores valores de variáveis relacionadas à degradação e largo adensamento do molusco exótico). Por isso, seu monitoramento periódico se faz necessário para que possa ser feito um

acompanhamento da melhoria ou piora em sua qualidade ambiental, sobretudo após a transposição das águas do Rio São Francisco, tendo em vista que com ela pode ocorrer alteração das características físicas e químicas da água e, especialmente, da biota, inclusive com a colonização de espécies exóticas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) – Campus Cajazeiras, pelo apoio financeiro e pelo fornecimento de bolsa para o estudante envolvido no projeto, através da Chamada 01/2020 - Interconecta - Edital de Pesquisa.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Volume dos Açudes**. Campina Grande: AESA, 2021. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/volume-acude/?id_acude=874. Acesso em: 10 abr. 2021.

ALBARRAN-MELZE, N. C.; RANGEL-RUIZ, L. J.; GAMBOA-AGUILAR, J. Distribution and abundance of *Melanoides tuberculata* (Gastropoda: Thiaridae) in the biosphere reserve of Pantanos de Centla, Tabasco, Mexico. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 25, n. 1, p. 93-104, 2009. Disponível em: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0065-17372009000100009&script=sci_abstract&tlng=en. Acesso em: 9 out. 2022.

ALMEIDA, P. R. S.; NASCIMENTO-FILHO, S. L.; VIANA, G. F. S. Effects of invasive species snails in continental aquatic bodies of Pernambuco semi-arid. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 30, e103, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X10616>.

ANDERSON, M. J. Permutation tests for univariate or multivariate analysis of variance and regression. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 58, n. 3, p. 626-639, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1139/f01-004>.

ANDERSON, M.; GORLEY, R.; CLARKE, K. **PERMANOVA. for primer: guide to software and statistical methods**. Plymouth: Primer-e, 2008.

ANDRADE, J. T. M. **Malacofauna límnic na área da transposição do rio São Francisco nos estados da Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte: eixo Norte**. 2014. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Malacologia de Vetores) – Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/35380?locale=pt_BR. Acesso em: 9 out. 2022.

ARAÚJO, M.; AZEVÊDO, E. L.; JOVEM-AZEVÊDO, D.; BARBOSA, J. E. L.; MOLOZZI, J. Avaliação alométrica e da biomassa de *Melanoïdes tuberculata* (MULLER, 1774) como ferramenta para a avaliação da qualidade ambiental de reservatórios. **Gaia Scientia**, v. 14, n. 4, p. 136-149, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2020v14n4.51740>.

AZEVÊDO, E. L.; BARBOSA, J. E. L.; VIANA, L. G.; ANACLETO, M. J. P.; CALLISTO, M.; MOLOZZI, J. Application of a statistical model for the assessment of environmental quality in neotropical semi-arid reservoirs. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, n. 2, p. 65, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5723-3>.

BARROS, M. R. F.; CHAGAS, R.; SANTOS, W. C. R.; HERRMANN, M. Novo registro de *Melanoïdes tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) na Amazônia Oriental. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, e774974461, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4461>.

BERRY, A. J.; KADRI, A. H. Reproduction in the Malayan freshwater cerithiacean gastropod *Melanoïdes tuberculata*. **Journal of Zoology**, v. 172, n. 3, p. 369-381, 1974. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1974.tb04113.x>.

BRANDT, R. A. M. **The non-marine aquatic Mollusca of Thailand**. Frankfurt am Main: Waldeman Kramer, 1974.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2017. Disponível em: http://portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf. Acesso em: 9 out. 2022.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF: CONAMA, 2005. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 20 maio 2021.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Brasília, DF: CONAMA, 2011. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627. Acesso em: 30 ago. 2021.

DUDGEON, D. The life cycle, population dynamics and productivity of *Melanoïdes tuberculata* (Muller, 1774) (Gastropoda: Prosobranchia: Thiaridae) in Hong Kong. **Journal of Zoology**, v. 208, n. 1, p. 37-53, 1986. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1986.tb04707.x>.

DUGGAN, I. C. First record of a wild population of the tropical snail *Melanoïdes tuberculata* in New Zealand natural waters. **Marine and Freshwater Research**, v. 36, n. 4, p. 825-829, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1080/00288330.2002.9517135>.

FERNANDEZ, M. A.; THIENGO, S. C.; SIMONE, L. R. L. Distribution of the introduced freshwater snail *Melanoides tuberculatus* (Gastropoda: Thiaridae) in Brazil. **The Nautilus**, v. 117, n. 3, p. 78-82, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/285817979_Distribution_of_the_introduced_freshwater_snail_Melanoides_tuberculatus_Gastropoda_Thiaridae_in_Brazil. Acesso em: 9 out. 2022.

FREITAS, J. R.; BEDÊ, L. C.; MARCO-JÚNIOR, P.; ROCHA, L. A.; SANTOS, M. B. L. Population dynamics of aquatic snails in Pampulha reservoir. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 82, suppl. 4, p. 299-305, 1987. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0074-02761987000800057>.

GONÇALVES, C. T. P. **Aspectos populacionais e reprodutivos do gastrópode invasor *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) no Lago Paranoá, Brasília, Brasil**. 2015. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/18182>. Acesso em: 9 out. 2022.

GOULART, M. D.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, p. 156-164, 2003. Disponível em: http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Goulart%20%26%20Callisto-Fapam.pdf. Acesso em: 9 out. 2022.

GUTIÉRREZ, A.; PERERA, G.; YONG, M.; FERNANDEZ, J. A. Relationships of the prosobranch snails *Pomacea paludosa*, *Tarebia granifera* and *Melanoides tuberculata* with the abiotic environment and freshwater snail diversity in the central region of Cuba. **Malacological Review**, v. 30, p. 39-44, 1997. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/294725610_RELATIONSHIPS_OF_THE_PROSOBRANCH_SNAILS_POMACEA_PALUDOSA_TAREBIA GRANIFERA AND MELANOIDES TUBERCULATA WITH THE ABIOTIC ENVIRONMENT AND FRESHWATER SNAIL DIVERSITY IN THE CENTRAL REGION OF CUBA. Acesso em: 9 out. 2022.

HELLER, J.; FARSTAY, V. A field method to separate males and females of the freshwater snail *Melanoides tuberculata*. **Journal of Molluscan Studies**, v. 55, n. 3, p. 427-429, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1093/mollus/55.3.427>.

HOUBRICK, R. S. **Anatomy, reproductive biology, and phylogeny of the Planaxidae (Cerithiacea: Prosobranchia)**. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1987. 68 p. (Smithsonian Contributions to Zoology, n. 445). DOI: <https://doi.org/10.5479/si.00810282.445>.

LIMA, L. F. O.; BRASIL, B. I. A. L.; MARTINS-SILVA, M. J. *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774): Northeastern dispersal in the São Francisco basin, Brazil. **Check List**, v. 9, n. 1, p. 162-164, 2013. DOI: <https://doi.org/10.15560/9.1.162>.

MEDEIROS, C. R.; AZEVÊDO, E. L.; BARBOSA, J. E. L.; MOLOZZI, J. Effectiveness of abundance and biomass curves in detecting environmental alterations in semi-arid region reservoirs. **Biota Neotropica**, v. 18, n. 2, e20170423, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2017-0423>.

MIYAHIRA, I. C. **Dinâmica populacional de *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) em um riacho impactado da Vila do Abraão, Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, Brasil**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Universidade do Estado

do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://www.bdttd.uerj.br:8443/handle/1/5887>. Acesso em: 9 out. 2022.

MOLOZZI, J.; SALAS, F.; CALLISTO, M.; MARQUES, J. C. Thermodynamic oriented ecological indicators: application of eco-exergy and specific eco-exergy in capturing environmental changes between disturbed and non-disturbed tropical reservoirs. **Ecological Indicators**, v. 24, p. 543-551, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.08.002>.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**: para atividades técnicas, de ensino e treinamento em programas de avaliação da qualidade ecológica dos ecossistemas lóticos. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.

OKUMURA, D. **Estudos ecológicos e ecotoxicológicos de Melanoides tuberculata, espécie exótica para a região neotropical**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.18.2006.tde-25072006-150218>.

PAIVA, F. F.; GOMES, W. I. A.; MEDEIROS, C. R.; ÁLVARO, É. L. F.; RIBEIRO, I. M. S.; MOLOZZI, J. Environmental factors influencing the occurrence of alien mollusks in semi-arid reservoirs. **Limnetica**, v. 37, n. 2, p. 187-198, 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.23818/limn.37.16>.

PAZ, R. J.; WATANABE, T.; DIJCK, M. P. M.; ABILIO, F. J. First record of *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Prosobranchia: Thiaridae) in the state of Paraíba (Brazil) and its possible ecological implications. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 10, n. 2, p. 79-85, 1995. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/263846471_First_record_of_Melanoides_tuberculata_Muller_1774_Gastropoda_Prosobranchia_Thiaridae_in_State_of_Paraiba_Brazil_and_its_possible_ecological_implications. Acesso em: 9 out. 2022.

PERERA, G.; YONG, M.; FERRER, J.; GUTIÉRREZ, A.; SÁNCHEZ, J. Ecological structure and factors regulating the population dynamics of the freshwater snail populations in Hanabanilla lake, Cuba. **Malacological Review**, v. 28, p. 63-70, 1995. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/294722552_ECOLOGICAL_STRUCTURE_AND_FACTORS_REGULATING_THE_POPULATION_DYNAMICS_OF_THE_FRESHWATER_SNAIL_POPULATIONS_IN_HANABANILLA_LAKE_CUBA. Acesso em: 9 out. 2022.

POINTIER, J. P.; GUYARD, A. Biological control of the snail intermediate hosts of *Schistosoma mansoni* in Martinique, French West Indies. **Tropical Medicine and Parasitology**, v. 43, n. 2, p. 98-101, 1992. Disponível em: <https://europepmc.org/article/med/1519033>. Acesso em: 9 out. 2022.

POINTIER, J. P.; JOURDANE, J. Biological control of the snail hosts of schistosomiasis in areas of low transmission: the example of the Caribbean area. **Acta Tropica**, v. 77, n. 1, p. 53-60, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0001-706x\(00\)00123-6](https://doi.org/10.1016/s0001-706x(00)00123-6).

R CORE TEAM. **The R Project for Statistical Computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 9 out. 2022.

RADER, R. B.; BELK, M. C.; KELEHER, M. J. The Introduction of an Invasive Snail (*Melanooides tuberculata*) to spring Ecosystems of the Bonneville Basin, Utah. **Journal of Freshwater Ecology**, v. 18, n. 4, p. 647-657, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1080/02705060.2003.9664007>.

ROESSLER, M. A.; BEARDSLEY, G. L.; TABB, D. C. New records of the introduced snail, *Melanooides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) in south Florida. **Florida Scientist**, v. 40, n. 1, p. 87-94, 1977. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/24319439>. Acesso em: 9 out. 2022.

SANTOS, C. M.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. The introduced snail *Melanooides tuberculatus* (Muller, 1774) (Mollusca: Thiaridae) in aquatic ecosystems of the Brazilian semiarid northeast (Piranhas-Assu River basin, State of Rio Grande do Norte). **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 1, p. 1-7, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842010000100003>.

SILVA, E. C.; BARROS, F. Macrofauna bentônica introduzida no Brasil: lista de espécies marinhas e dulcícolas e distribuição atual. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 2, p. 326-344, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/8132>. Acesso em: 9 out. 2022.

SILVA, E. L.; ROCHA, A. J.; LEAL, M. F.; SANTOS, O.; SOUSA, J. H.; SILVA, A. R. V.; DANTAS, K. K. S.; RULIM, E. M. M.; CASTRO, E. S.; PACHECO, A. C. L.; PINHEIRO, T. G. Freshwater mollusks from three reservoirs of Piauí, northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 20, n. 1, e20190868, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0868>.

VAZ, J. F.; TELES, H. M. S.; CORREA, M. A.; LEITE, S. P. S. Ocorrência no Brasil de *Thiara (Melanooides) tuberculata* (O.F. Muller, 1774) (Gastropoda, Prosobranchia), primeiro hospedeiro intermediário de *Clonorchis sinensis* (Cobbold, 1875) (Trematoda, Platyhelminthes). **Revista de Saúde Pública**, v. 20, n. 4, p. 318-322, 1986. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-89101986000400008>.

WORK, K.; MILLS, C. Rapid population growth countered high mortality in a demographic study of the invasive snail, *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774), in Florida. **Aquatic Invasions**, v. 8, n. 4, p. 417-425, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2013.8.4.05>.