

MOLUSCOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE AMBIENTAL DE UM
RESERVATÓRIO NO SEMIÁRIDO DO BRASIL

*Benthentic molluscs as bioindicators of the environmental quality of a reservoir in the semi-arid of
Brazil*

Yêda Gabriela Pereira Alves¹, Breno Carvalho da Silva², Wilza Carla Moreira Silva³, Evaldo de
Lira Azevêdo^{*4}

Resumo: No semiárido brasileiro, os reservatórios foram construídos, historicamente, para reduzir a escassez hídrica causada pelos longos períodos de estiagem, visto que a água é um recurso extremamente importante para a manutenção da vida. No entanto, esses reservatórios estão sujeitos a grandes impactos, como a eutrofização artificial. Portanto, o monitoramento desses ecossistemas é necessário para que a qualidade ambiental seja mantida, podendo-se assim recorrer aos macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores ambientais. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade ambiental do reservatório Jatobá II em Princesa Isabel - PB, utilizando a comunidade de moluscos bentônicos, analisando dados de riqueza, abundância desta comunidade, análises físicas e químicas da água, além de dados de influência antrópica ao entorno do reservatório. Os resultados mostraram uma baixa riqueza de moluscos (*Melanooides tuberculata*, *Pomacea* e Planorbidae), porém uma grande abundância de *M. tuberculata* (98,46%), espécie invasora que costuma se adaptar facilmente, mesmo diante de condições adversas, onde o pH e a condutividade se mostram desfavoráveis para outras espécies. Além disso, foram observadas atividades antrópicas no entorno do reservatório aliadas ao processo de urbanização. O presente trabalho obteve resultados que chamam a atenção quanto à qualidade ambiental do reservatório Jatobá II, tendo em vista que as variáveis físicas e químicas analisadas apontam para boa qualidade da água, no entanto, a baixa riqueza de moluscos, dominância de *M. tuberculata*, além da presença de influências antrópicas nas margens do reservatórios, refletem desequilíbrio ambiental. Nesse sentido, é preciso que ocorra o monitoramento periódico do reservatório em questão.

Abstract: In the brazilian semi-arid region, reservoirs were historically built to reduce water scarcity caused by long periods of drought, since water is an extremely important resource for the maintenance of life. However, these reservoirs are subject to major impacts, such as artificial eutrophication. Therefore, the monitoring of these ecosystems is necessary so that the environmental quality is maintained, thus being able to resort to benthic macroinvertebrates as environmental bioindicators. This study aimed to evaluate the environmental quality of the Jatobá II reservoir in Princesa Isabel - PB, using the community of benthic molluscs, analyzing richness data, abundance of this community, physical and chemical analyzes of the water, as well as data of anthropic influence on the surroundings of the reservoir. The results showed a low richness of molluscs (*Melanooides tuberculata*, *Pomacea* and Planorbidae), but a great abundance of *M. tuberculata* (98.46%), an invasive species that tends to adapt easily, even in the face of adverse conditions, where the pH and conductivity are unfavorable for other species. In addition, anthropic activities were observed around the reservoir combined with the urbanization process. The present work obtained results that draw attention regarding the environmental quality of the Jatobá II reservoir, considering that the physical and chemical variables analyzed point to good water quality, however, the low richness of molluscs, dominance of *M. tuberculata*, in addition to the presence of anthropic influences on the banks of the reservoirs, they reflect environmental imbalance. In this sense, periodic monitoring of the reservoir in question is required.

Palavras-chave:

Monitoramento;
ecossistema aquático;
qualidade da água;
indicadores ambientais.

Keywords:

Monitoring; aquatic
ecosystem; water quality;
environmental indicators.

¹Graduada em Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Princesa Isabel, e-mail: yeda.gabriela@academico.ifpb.edu.br

²Mestrando do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Estadual da Paraíba, Campus Campina Grande – PB, e-mail: breno.carvalho.silva@aluno.uepb.edu.br

³Mestre, Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Cajazeiras, Unidade de Formação Geral, e-mail: wilza.silva@ifpb.edu.br

⁴ Dr., Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Princesa Isabel, Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, e-mail: evaldo.azevedo@ifpb.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A água é de extrema importância para a manutenção da vida de todos os seres vivos, nesse sentido, no semiárido brasileiro, os reservatórios (chamados comumente de açudes) foram construídos, historicamente, para reduzir a escassez hídrica causada pelos longos períodos de estiagem que assolam a população (MARENGO, 2010). O processo de urbanização geralmente esteve relacionado com a existência dos rios, tendo os mesmos como fonte de água. Diante disso, o rápido crescimento populacional e industrial está submetendo, cada vez mais, esses ambientes a graves pressões, sobretudo, antrópicas (TUCCI, 2002; SIMONETTI; CUNHA; ROSA, 2019).

O aumento residencial no entorno dos ecossistemas aquáticos, como os reservatórios, aliado à dinâmica demográfica dos municípios é o fator que mais pode influenciar na poluição hídrica (COSTA, 2018). O lançamento inadequado de dejetos humanos por meio de esgotos sem tratamento, o desmatamento da vegetação ripária e a exploração de recursos pesqueiros são alguns dos problemas mais comuns (GOULART; CALLISTO, 2003; CORAZZA, 2008; AZEVÊDO et al., 2017). Em todo o planeta, praticamente não existe um ecossistema que não tenha sofrido influência humana. Com as influências antrópicas, ambientes aquáticos podem sofrer alterações nas comunidades biológicas, como a diminuição da biodiversidade, além da alteração de fatores físicos e químicos da água (CALLISTO et al., 2001; GRANT et al., 2021). Portanto, tais ecossistemas devem ser monitorados para que sua qualidade ambiental seja mantida.

Nesse contexto, a utilização de variáveis físicas e químicas para o monitoramento de ecossistemas aquáticos apresenta vantagens, como a identificação imediata de modificações em alguma propriedade da água. No entanto, há também algumas desvantagens, como a descontinuidade temporal e espacial das amostragens (ANDRADE, 2009), porém, ao serem combinadas com análises bioecológicas, a exemplo da utilização de bioindicadores, a avaliação ambiental pode ser muito mais precisa (PÉREZ 1988; MORAIS et al., 2016).

Segundo Prestes e Vivenci (2019), os bioindicadores são um conjunto de seres que diante de alterações no equilíbrio do ecossistema, conseguem reagir de forma comportamental ou metabólica, refletindo o estresse ambiental enfrentado de forma mensurável. Ainda, alguns seres vivos, principalmente os animais, apresentam uma rápida mudança diante de impactos ambientais, uma vez que são sensíveis a alterações que ocorrem em seu habitat. Com isso, a utilização de bioindicadores para o monitoramento de ambientes degradados pode ser uma alternativa segura e eficaz.

Dentre os bioindicadores estão os macroinvertebrados bentônicos, que podem ser definidos como organismos visíveis a olho nú (tamanho maior ou igual 5 mm) que habitam o substrato do fundo de ambientes aquáticos, por pelo menos um período da sua vida (ROSENBERG; RESH, 1993; TELES et al., 2013) e são representados por animais do Filo Arthropoda (Ordens: Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Megaloptera, Decapoda, Amphipoda, Isopoda, Odonata, Coleoptera, Hemiptera, Diptera), Filo Mollusca (Classes: Bivalvia e Gastropoda), Filo Platyhelminthes (Ordem: Tricladida) e Filo Annelida (Classes: Oligochaeta e Hirudinea) (BIS; KOSMALA, 2005). Dentre os grupos citados, destaca-se o Filo Mollusca.

O Filo Mollusca é o segundo maior (dentre os animais) em número de espécies, com uma enorme variedade morfológica, podendo ser encontrado em quase todos os nichos (SILVA, 2014). Apresentam baixa ou nenhuma mobilidade, ampla distribuição e abundância, facilidade de amostragem, o que os torna excelentes bioindicadores (PINTO, 2012). Estudos sobre esses animais podem ser vantajosos para compreender de forma robusta suas características, além de sua função bioindicadora na natureza. Este Filo apresenta rápida maturação sexual, grande capacidade reprodutora e uma enorme facilidade de adaptação (DARRIGRAN, 1997).

No Brasil, espécies exóticas de moluscos, tais como *Corbicula fluminea* (MULLER, 1774) e *Melanoides*

tuberculata (MULLER, 1774), têm indicado a degradação ambiental de ecossistemas aquáticos. A sua introdução nesses ambientes se dá principalmente pela ação humana, sendo transportados de um local para outro ao longo dos anos, de forma direta ou indireta, a exemplo do transporte por meio da água de lastro de navios, ou mesmo pela criação em aquários, acarretando disseminação desses organismos, causando problemas como a competição com espécies nativas, fazendo com que, em alguns casos, essas espécies causem danos ambientais, como perda de diversidade, e se tornem invasoras (VITOUSEK, 1990). Diante disso, o registro de espécies invasoras é fundamental para que estratégias de conservação de ecossistemas sejam realizadas, a fim de controlar sua dispersão e possíveis riscos à biodiversidade local (PAULA et al., 2017).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade ambiental de um reservatório (Jatobá II em Princesa Isabel – PB), utilizando a comunidade de moluscos bentônicos, analisando dados de riqueza e abundância, análises físicas e químicas da água, além de dados de influência antrópica ao entorno do reservatório. Os dados gerados a partir deste trabalho podem contribuir para o desenvolvimento de ações de melhoria da qualidade ambiental, evitando a redução da biodiversidade local e promovendo a manutenção da qualidade ambiental.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

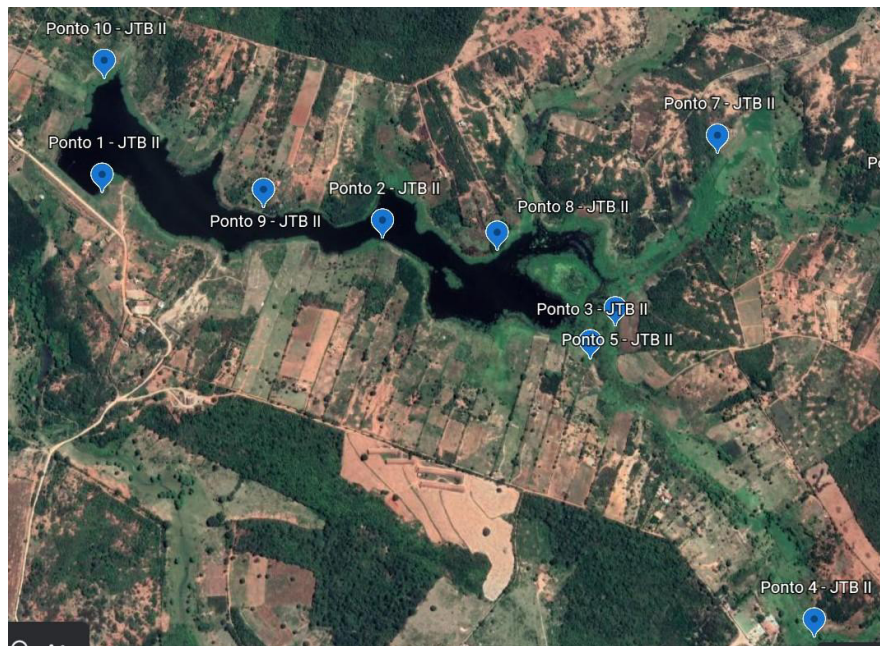
O estudo foi realizado no município de Princesa Isabel - PB, que está localizado na microrregião da Serra do Teixeira. O município possui uma área territorial de 368.569 km² (IBGE, 2021a) e uma população estimada de 23.749 habitantes (IBGE, 2021b). Segundo a classificação de Koppen (ALVARES et al., 2013) o clima predominante é semiárido quente e seco, característico da região sertaneja do nordeste brasileiro, apresentando temperaturas elevadas, com um regime pluviométrico irregular com média de 789,2 mm/ano.

O estudo foi realizado no reservatório Jatobá II (7°43'08.1"S 37°59'14.9"W), único reservatório utilizado atualmente para abastecimento da cidade. Esse pertence à bacia hidrográfica do Rio Piranhas, sub-bacia do Rio Piancó e foi construído no ano de 1966 pelo DENOCS (Departamento Nacional de Obras Contra a Seca) (SANTOS et al., 2014), possuindo 3.794.676 m³ de capacidade de armazenamento. Ainda, são registradas pressões antrópicas no entorno do reservatório, que também é utilizado para fins recreativos, irrigação e criação de animais (SANTOS et al., 2016).

2.2 Procedimentos metodológicos e amostragem

Foram demarcados dez pontos de amostragem ao longo do perímetro do reservatório (Figura 1), especificamente na região litorânea, área que comporta a maior diversidade de macroinvertebrados bentônicos. Para medição do perímetro do reservatório, e marcação dos locais de amostragens de maneira equidistante, foi utilizado o aplicativo Google Earth.

Figura 1 - Pontos de coleta ao longo do reservatório Jatobá II



Fonte: Google Earth (2022)

Para coleta dos macroinvertebrados bentônicos, foi realizado o recolhimento de uma amostra de substrato em cada um dos dez locais de amostragem em agosto de 2022 (período de seca), utilizando uma draga de Ekman-Birge (capacidade de 0,225 m²). O material coletado foi fixado com álcool a 70% e formol (*in situ*). Posteriormente, foi transportado em sacos plásticos para o laboratório de Biologia do IFPB Campus Princesa Isabel.

Além da realização da coleta de organismos, foram feitas medições de parâmetros físicos e químicos da água (*in situ*), levando em consideração a concentração de oxigênio (O₂ mg/l), pH, temperatura (°C), condutividade (uS/cm), utilizando medidor multiparâmetro (Akrom Kr86021) e transparência (m) (Através do desaparecimento do Disco de Secchi).

Nas análises laboratoriais, cada uma das amostras de macroinvertebrados foi lavada com água corrente e com o auxílio de uma peneira de malha de 0,50 mm. Após a lavagem, houve a triagem dos organismos com auxílio de bandeja iluminada e pinças, por fim, a sua identificação sob estereomicroscópio de luz, com auxílio de chaves especializadas (MUGNAI; NESSIMIAN; BAPTISTA, 2010). Após identificados, os organismos foram armazenados em recipientes fechados contendo álcool a 70%.

Para levantamento das influências antrópicas, no entorno dos reservatórios, foi utilizado o protocolo de caracterização de habitats físicos da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2011). Foi avaliada uma parcela de 100 m de largura (tomando como referência o contorno da margem do reservatório) x 50 m de comprimento (considerando a distância do observador na margem até a zona ribeirinha). Com a aplicação do protocolo foram avaliadas influências antrópicas, tais como: presença de construções, comércios, rampa/praias artificiais, presença de barcos, linhas de transmissão, muros, diques, lixo ou entulho, rodovias ou ferrovias, plantação de grãos, pastagens, pomar, parque/gramado, entre outras influências humanas que poderiam ser detectadas no momento da amostragem. Esses dados foram contabilizados a partir da presença e ausência da influência humana em cada ponto de amostragem.

2.3 Análise dos dados

Os dados obtidos foram plotados em planilha de dados, na qual houve a realização de cálculos de riqueza e de abundância de espécies, além da média e do desvio padrão para os valores das variáveis físicas e químicas da água. A riqueza foi contabilizada considerando a quantidade de taxa diferentes em cada local de amostragem e no conjunto de todas as amostras. A abundância foi calculada a partir da contabilização do total de organismos e porcentagem de cada taxa em cada local de amostragem, como também considerando o conjunto das amostras.

3 RESULTADOS

3.1 Registro de Moluscos no Reservatório Jatobá II

Foi registrada a presença de três taxa de moluscos bentônicos, os quais foram: *Melanoides tuberculata* (MULLER, 1774), pertencente à Família Thiaridae (Figura 2), a Família Planorbidae (Figura 3) e o gênero *Pomacea*, pertencente à Família Ampullariidae (Figura 4). Apenas os indivíduos da família Thiaridae puderam ser identificados até o nível de espécie.

Figura 2 - *Melanoides tuberculata* (MULLER, 1774) - Família Thiaridae



Fonte: Autores (2022)

Figura 3 - Família Planorbidae

Fonte: Autores (2022)

Figura 4 - Gênero Pomacea - Família Ampullariidae

Fonte: Autores (2022)

Considerando os taxa identificados, a riqueza total foi 3. Houve diferença da riqueza entre os pontos de coleta, onde nos pontos P4 e P5 a riqueza atingiu o seu valor máximo (3); enquanto nos pontos P3, P6 e P8, a riqueza atingiu o seu valor mínimo (1) (Tabela 1).

Tabela 1 - Dados da riqueza dos moluscos

Pontos de coleta	Riqueza	Taxa
P1	2	<i>M. tuberculata</i> , Pomacea
P2	2	<i>M. tuberculata</i> , Planorbidae
P3	1	<i>M. Tuberculata</i>
P4	3	<i>M. tuberculata</i> , Pomacea, Planorbidae
P5	3	<i>M. tuberculata</i> , Pomacea, Planorbidae
P6	1	<i>M. tuberculata</i>
P7	2	<i>M. tuberculata</i> , Pomacea
P8	1	<i>M. tuberculata</i>
P9	2	<i>M. tuberculata</i> , Planorbidae
P10	2	<i>M. tuberculata</i> , Pomacea
Riqueza total	3	

Fonte: Autores (2022)

Considerando os dados de abundância (quantidade e porcentagem) de moluscos (Tabela 2), o molusco mais abundante foi o *M. tuberculata* (1284 indivíduos, o equivalente a 98,46% do total por taxa), em segundo lugar a Família Planorbidae (13 indivíduos, o equivalente a 0,53% no total por taxa) e em terceiro lugar o gênero Pomacea (7 indivíduos, o equivalente a 0,9% do total por taxa). As maiores abundâncias de *M. tuberculata* estiveram presentes nos pontos P3 (12,14%), P5 (24,76%) e P10 (12,07%); enquanto as menores abundâncias desta espécie foram registradas nos pontos P2 (3,42%) e P4 (3,11%). A Família Planorbidae teve maior representatividade nos pontos P2 (23,07%), P4 (46,15%) e P5 (23,07%); os demais pontos não apresentaram ocorrência do Táxon. O gênero Pomacea foi registrado em maior quantidade nos pontos P1 (28,57%) e P5 (28,57%), enquanto nos pontos P2, P3, P6, P8 e P9 não houve registros.

Tabela 2 - Abundância total e porcentagem de moluscos registrados no reservatório Jatobá II

Tipo	Thiaridae (<i>Melanooides tuberculata</i>)		Planorbidae		Ampullariidae (<i>Pomacea</i>)	
	Total	Porcentagem	Total	Porcentagem	Total	Porcentagem
P1	128	9,96%	0	0%	2	28,57%
P2	44	3,42%	3	23,07%	0	0%
P3	156	12,14%	0	0%	0	0%
P4	40	3,11%	6	46,15%	1	14,28%
P5	318	24,76%	3	23,07%	2	28,57%
P6	133	10,35%	0	0%	0	0%
P7	136	10,59%	0	0%	1	14,28%
P8	103	8,02%	0	0%	0	0%
P9	71	5,52%	1	7,69%	0	0%
P10	155	12,07%	0	0%	1	14,28%
Abundância total por taxa	1284		13		7	
Porcentagem total por taxa	98,46%		0,53%		0,9%	
Média	128,4		1,3		0,7	
Desvio padrão	± 79,14		± 2,05		± 0,82	

Fonte: Autores (2022)

3.2 Parâmetros Físicos e Químicos da Água

Considerando o pH, apenas o ponto 5 (P5) apresentou pH tendente a neutro (7,8), os demais apresentaram pH ácido (entre 4,3 e 5,26), sendo que o valor médio atingido entre todos os pontos foi de 4,88 ($\pm 1,06$). A média de temperatura foi de 23,5°C ($\pm 0,75$) e de oxigenação, 7,07 mg/l ($\pm 0,98$), sendo a maior temperatura alcançada no ponto P10 (24,5°C), onde ocorreu também o maior valor de oxigenação (8,9 mg/l). O maior valor de condutividade ocorreu no ponto 4 (P4) (388 uS/cm), onde houve a maior transparência da água (1,4m). O valor médio da condutividade dos pontos de coleta foi de 379,5 uS/cm ($\pm 4,40$), enquanto o da transparência chegou a 1,06 m ($\pm 0,27$) (Tabela 3).

Tabela 3 - Dados relacionados aos parâmetros da água do reservatório Jatobá II

Pontos de coleta	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio (mg/L)	Condutividade (uS/cm)	Transparência (m)
P1	4,3	24	6,5	376	0,8
P2	4,38	23,9	7,3	375	1,1
P3	4,53	23	7,3	379	1,2
P4	5,26	21,7	4,9	388	1,4
P5	7,8	23,7	7,2	378	1,3
P6	4,66	23,3	7,4	386	1,3
P7	4,51	23,5	6,9	381	1,1
P8	4,47	23,7	7,2	379	1
P9	4,35	23,9	7,1	378	0,5
P10	4,54	24,5	8,9	375	0,9
Média	4,88	23,5	7,07	379,5	1,06
Desvio padrão	$\pm 1,06$	$\pm 0,75$	$\pm 0,98$	$\pm 4,40$	$\pm 0,27$

Fonte: Autores (2022)

3.3 Levantamento de Influências antrópicas

A partir da avaliação da presença e ausência (Tabela 4) de influências antrópicas nas zonas ripárias e inundáveis do reservatório Jatobá II, foi possível constatar que na área ocorrem construções, docas/barcos, muros/diques, lixo/entulho, linhas de transmissão, plantações de grãos, pastagem, pomar, além de cercas, bombas de água e animais. Por outro lado, comércios, rampas/praias artificiais, rodovias/ferrovias e parques/gramados não foram registrados. Em relação às influências com maiores quantitativos, pôde-se observar as linhas de transmissão (em 7 pontos diferentes), pomares (em 8 pontos diferentes), construções (em 6 pontos diferentes) e outros (cercas, bombas de água e animais) (em 7 pontos diferentes). Os pontos que mais obtiveram registros foram o P5 e P9, com 7 tipos de intervenções humanas cada um, ao mesmo tempo que no P1 foi analisada apenas uma intervenção (lixo/entulho). Nota-se também a presença de diversas cercas, bombas de água e criação de animais nestas zonas, correspondendo 15,21% do total de influências antrópicas em todos os locais observados.

Tabela 4 - Influências antrópicas nas zonas do entorno do Jatobá II (o número 1 representa a presença da influência e o número 0 representa a ausência)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Total de pontos com alguma influência	Porcentagem total
Construção	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	6	13,04%
Comércio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Rampa/Praia Artificial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Docas/Barcos	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	4	8,69%
Muros/Diques ou Gabião	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2,17%
Lixo/Entulho	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4	8,69%
Rodovias/ Ferrovias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Linhas de transmissão	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	7	15,21%
Plantações de grãos	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	5	10,86%
Pastagem	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	5	10,86%
Pomar	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	8	17,39%
Parques/Gramados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Outros	0	1 (cerca, animais)	1 (bomba de água)	1 (cerca, bomba de água)	1 (animais)	1 (cerca)	0	0	1 (cerca, bomba de água)	1 (cerca, bomba de água, animais)	7	15,21%

Fonte: Autores (2022)

4 DISCUSSÃO

Os três taxa registrados são classificados de acordo com as seguintes categorias taxonômicas, segundo o Integrated Taxonomic Information System: *M. tuberculata* - Domínio Eukaryota, Reino Animalia, Filo Mollusca, Classe Gastropoda, Ordem Sorbeoconcha, Família Thiaridae, Gênero Melanoides (OLIVIER, 1804), Espécie Melanoides tuberculata (MULLER, 1774); *Pomacea* - Domínio Eukaryota, Reino Animalia, Filo Mollusca, Classe Gastropoda, Ordem Architaenioglossa, Família Ampullariidae, Gênero: *Pomacea* (PERRY, 1810); Planorbidae - Domínio Eukaryota, Reino Animalia, Filo Mollusca, Classe Gastropoda, Ordem Basommatophora e Família Planorbidae.

Assim, foi possível constatar uma baixa riqueza de moluscos no reservatório, o que pode ser re-

lacionado com fatores que afetam diretamente a ocorrência da fauna bentônica, como o pH baixo, pouca disponibilidade de alimento, menor transparência da água, e competição entre espécies nativas e exóticas de moluscos por recursos alimentares e habitat (MANEECHAN; PROMMI, 2015; ÁLVARES, 2023). Ainda, é importante destacar que o pH baixo, mais ácido, inibe a deposição de carbonato de cálcio na concha dos moluscos (DE OLIVEIRA; VIANA, 2019), desse modo, o pH pode ter sido a principal variável que afetou a riqueza do grupo. Nos dados levantados neste trabalho, observa-se que houve um baixo nível de abundância de moluscos da Família Planorbidae, como também do gênero Pomacea (Ampullariidae), ao mesmo tempo que a média do pH esteve ácida (4,88) no reservatório. Considerando a referência do valor de pH da água para consumo humano, de acordo com a Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), os índices ideais de pH devem estar entre 6 e 9,5, desse modo, é evidenciado que o pH da água no reservatório, encontra-se abaixo dos valores ideais para distribuição, o que chama a atenção para necessidade de correção do pH nas estações de tratamento de água, como também para necessidade de ações de melhoria da qualidade ambiental no reservatório.

A temperatura média da água (23,5°C) pôde ser comparada com o estudo realizado por Silva, Cunha e Lopes (2019), na qual foram encontrados valores semelhantes considerando que os reservatórios se encontram no semiárido nordestino. Nesse mesmo estudo, foi observado que os índices de turbidez e oxigênio dissolvido na água estão relacionados à atividades antrópicas no entorno do ecossistema aquático, no caso da presente pesquisa, algumas dessas atividades foram registradas, como construções, plantações, criação de animais e lixo. No entanto, de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, o valor mínimo de oxigênio dissolvido para a preservação da vida aquática é 5 mg/L, podendo-se afirmar que o reservatório estudado ainda apresenta concentrações consideráveis de oxigênio (média de 7,07 mg/L) para manutenção da biota aquática.

A transparência da água, por sua vez, é um fator importante para a medição da degradação no reservatório, uma vez que valores baixos podem estar associados a maior quantidade de elementos ou sedimentos presentes na água, o que pode ser ocasionado pelo carreamento de sedimentos (vindos de áreas desmatadas, ou com maiores impactos), como também da entrada de matéria orgânica (SIQUEIRA et al., 2012). Em um dos pontos de amostragem (P9), ocorreu a menor transparência (0,5 m) e menor abundância de moluscos, o que pode ter relação com a transparência da água, uma vez que a menor transparência pode estar relacionada a menor abundância de perifíton, recurso alimentar de moluscos raspadores, a menor transparência limita o processo de fotossíntese, reduzindo a população do perifíton, ofertando conseqüentemente, menos recurso alimentar para os moluscos (DA SILVA; HENRY, 2020)

Em relação à condutividade da água, alguns estudos mostram que esse parâmetro pode estar relacionado com a diversidade e riqueza de invertebrados aquáticos (NYMAN et al., 2005). Maltchik et al. (2010) afirmam não ter encontrado relações significativas como essa variável em seu trabalho, porém observaram que um gênero da Família Planorbidae esteve mais presente em ambientes com menor condutividade. A Resolução CONAMA 357/05 não determina um índice ideal de condutividade da água para consumo humano, no entanto, há uma média de referência entre 500 uS/cm e 800 uS/cm, percebendo-se assim que a média encontrada no reservatório está abaixo da esperada (379,5 uS/cm).

O molusco mais abundante, *M. tuberculata*, é um gastrópode originário do norte e leste da África e sudeste da Ásia, caracterizando-se como uma espécie invasora no Brasil. Esse molusco pode ser hospedeiro de trematódeos exóticos, como o *Centrocestus formosanus* (PINTO; MELO, 2010), além de existir relatos de redução de populações nativas de moluscos ligadas à sua presença. Pesquisa realizada por Guimarães et al., (2001), identificou a diminuição de indivíduos da Família Planorbidae após a introdução de *M. tuberculata* em dois ecossistemas aquáticos, corroborando então com os dados do presente trabalho. Foi observado que o ponto onde mais ocorreram registros de *M. tuberculata* (P5),

também apresentou muitas influências antrópicas. Estudo anterior, realizado no reservatório Jatobá II, indica que os fatores de vulnerabilidade no reservatório são susceptibilidade dos solos à erosão e à água, a contaminação da água, indisponibilidade de água devido à seca, desmatamento, queimadas e disposição de resíduos sólidos (SILVA et al., 2016).

A qualidade da água é resultado da sua interação contínua com o meio físico, seja natural ou antrópico, formando-se assim um equilíbrio dinâmico para o ciclo hidrológico (LIMA et al., 2020). Com isso, considerando as influências antrópicas, fica evidente a necessidade de realização de ações de conservação no entorno do reservatório, para que haja redução dos impactos humanos no corpo aquático. Nesse sentido, os estudos de aplicação de protocolos de caracterização do ambiente são necessários para que informações sejam coletadas e medidas ambientais sejam tomadas, tendo em vista que a ação humana no ecossistema, pode levar à eutrofização artificial, por aumento na concentração de matéria orgânica na água. Lacerda et al., (2018) afirmam que os reservatórios do semiárido nordestino possuem elevada vulnerabilidade à eutrofização, fator que pode ser acelerado alto nível de evapotranspiração da água como também pela entrada de poluentes orgânicos. O referido estudo também corrobora com a pesquisa realizada por Wiegand et al., (2021), que trouxe dados dos anos de 2008 a 2017, na qual o período seco desta região esteve relacionado com o alto índice de eutrofização. Como o reservatório estudado apresenta características e usos compatíveis com a classe II, de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, alguns impactos humanos já eram esperados de serem registrados, como a presença de pomares, pastagens, presença de canoas de pesca.

Considerando os dados obtidos por este estudo, algumas ações de cunho ambiental podem ser implementadas, no futuro próximo, para melhoria da qualidade ambiental do reservatório, permitindo tanto seus usos múltiplos, como também a manutenção do equilíbrio ecológico. Algumas ações passíveis de serem implementadas são: 1- reflorestamento da vegetação ripária, 2- exclusão de entradas irregulares de poluentes, 3 – monitoramento de espécies exóticas (a exemplo de *M. tuberculata*), 4- ações de sensibilização ambiental para comunidade local e frequentadores do reservatório, como também, 4- monitoramento da qualidade ambiental de forma holística.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho obteve resultados que requerem atenção quanto à qualidade ambiental do reservatório estudado, sobretudo quando se considera a comunidade de moluscos bentônicos e as influências antrópicas ao seu entorno, tendo em vista que, além da importância ecológica, o reservatório também é utilizado para abastecimento humano. Ainda, a dominância de *M. tuberculata* (molusco exótico) e baixa riqueza apontam para um estado de alerta, o que revela alteração do equilíbrio ambiental no ecossistema. Nesse sentido, espera-se que os dados gerados possam ser utilizados como base para futuros estudos no local, sendo utilizados também pelo poder público e agências gestoras da água para traçar ações de monitoramento, conservação, educação ambiental e melhoria da qualidade ambiental do reservatório.

6 REFERÊNCIAS

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: http://143.107.18.37/material/mftandra2/ACA0225/Alvares_et_al_Koppen_climate_classBrazil_Meteo-Zei_2014.pdf. Acesso em: 12 jun. 2022.

ÁLVARES, Célia Mariza de Oliveira Guerra. FRESHWATER MOLLUSKS FOUND IN LAGOA DA CABRINHA OF LAGOAS DO NORTE PARK, TERESINA, PIAUÍ, BRAZIL. **Biosphere Comunicações Científicas**, v. 2, n. 3, p. 9-17, 2023. <https://comunicata.ufpi.br/index.php/bcc/article/view/13711>. Acesso em 20 de outubro de 2023.

ANDRADE, Carolina Cunha. Macroinvertebrados bentônicos e fatores físicos e químicos como indicadores de qualidade da água da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu (SP). 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/1952/2490.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 jul. 2022.

AZEVEDO, Evaldo de Lira, et al. Application of a statistical model for the assessment of environmental quality in neotropical semi-arid reservoirs. **Environmental monitoring and assessment**, v. 189, p. 1-13, 2017. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-016-5723-3>. Acesso em 20 de outubro de 2023.

BIS, B.; KOSMALA G. Chave de identificação para macroinvertebrados bentônicos de água doce. 2005. Disponível em: <http://docplayer.com.br/24934-Chave-de-identificacao-benticos-de-agua-doce.html>. Acesso em: 14 set. 2022.

CALLISTO, Marcos et al. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de rios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/42/f2cbc3819ef9ea7b38df0aec2d7a4c91_289d12cdd65026d2b06857ccfb57cd11.pdf. Acesso em: 01 ago. 2022.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, 17 de Março de 2005. Ministério do Meio Ambiente.

CORAZZA, Jaqueline et al. Rios urbanos e o processo de urbanização: o caso de Passo Fundo-RS. 2008. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/handle/tede/253#preview-link0>. Acesso em: 16 jul. 2022.

COSTA, Gabriela Carine Brito. **Indicação de alocação dos custos em projetos de despoluição: uma análise das bacias hidrográficas dos rios Ipojuca e Capibaribe**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/41875/1/COSTA%2c%20Gabriela%20Carine%20Brito.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2022.

DA SILVA, Carolina Vieira; HENRY, Raoul. Aquatic macroinvertebrate assemblages associated with two floating macrophyte species of contrasting root systems in a tropical wetland. **Limnology**, v. 21, n. 1, p. 107-118, 2020. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10201-019-00588-w>. Acesso em 17 de outubro de 2023.

DARRIGRAN, Gustavo. Invasores en la Cuenca del Plata. **Ciencia Hoy**, v. 7, n. 38, p. 17-22, 1997. Disponível em: <https://cienciahoy.org.ar/invasores-en-la-cuenca-del-plata/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

GOULART, M. D.; CALLISTO, Marcos. 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: 25 jun. 2022.

GRANT, Luke et al. Attribution of global lake systems change to anthropogenic forcing. **Nature Geoscience**, v. 14, n. 11, p. 849-854, 2021. <https://www.nature.com/articles/s41561-021-00833-x>. Acesso em 20 de outubro de 2023.

GUIMARÃES, Carlos Tito; SOUZA, Cecília Pereira de; SOARES, Delza de Moura. Possible competitive displacement of planorbids by *Melanoides tuberculata* in Minas Gerais, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz [online]**. 2001, v. 96, n. suppl, p. 173-176. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0074-02762001000900027>. Acesso em: 13 nov. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Área territorial brasileira 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2021a.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Estimativas da população residente com data de referência 10 de julho de 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2021b.

LACERDA, L.D.; SANTOS, J.A.; MARINS, R.V.; SILVA, F.A.T.F. Limnology of the largest multi-use artificial reservoir in NE Brazil: The Castanhão Reservoir, Ceará State. *Anais da Academia de Ciências*, v. 90, n. 2, supl. 1, p. 2073-2096, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/XsTN9KB3dpNYM5n6wBSw4Sc/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 07 dez. 2022.

LIMA, Júlia Piazzi de et al. Preservação das zonas ripárias e qualidade das águas: estudo de caso da bacia do rio Piranga-MG. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/34609>. Acesso em: 01 dez. 2022.

MALTCHIK, L. et al. Responses of freshwater molluscs to environmental factors in Southern Brazil wetlands. **Brazilian Journal of Biology [online]**. 2010, v. 70, n. 3, p. 473-482. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842010005000003>. Acesso em: 19 nov. 2022.

MANEECHAN, Witwisitpong; PROMMI, Taeng On. Diversity and distribution of aquatic insects in streams of the Mae Klong watershed, Western Thailand. **Psyche**, v. 2015, 1-7, 2015. Disponível em: <https://downloads.hindawi.com/journals/psyche/2015/912451.pdf>. Acesso em: 23 out. 2022.

MARENCO, Jose A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010. Disponível em: http://www.labclima.ufsc.br/files/2010/04/Revista_Parcerias_Estrategicas.pdf#page=150. Acesso em: 15 jul. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - BRASIL. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. DEPARTAMENTO DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA. **Vigilância e controle de moluscos de importância epidemiológica: diretrizes técnicas: Programa de Vigilância e Controle da Esquistossomose (PCE)**. Ministério da Saúde, 2008. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_moluscos_import_epidemi_2ed.pdf. Acesso em: 12 nov. 2022.

MORAIS, Cássio Resende et al. Assessment of water quality and genotoxic impact by toxic metals in *Geophagus brasiliensis*. **Chemosphere**, v. 152, p. 328-334, 2016. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0045653516303071?token=24CAD840A35C3C309EDD6BDAA8D39E6>

E1674E76E95FA95AFE6AC1CDD53D3E8CAA39425B6A6219E84044D78577076D852&originRegion=us-east-1&originCreation=20230118205308. Acesso em: 12 dez. 2022.

MUGNAI, Riccardo; NESSIMIAN, Jorge Luiz; BAPTISTA, Darcilio Fernandes. **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**. Technical Books Editora, 2010.

NYMAN, M., KORHOLA, A. and BROOKS, S.J., 2005. The distribution and diversity of Chironomidae (Insecta: Diptera) in western Finnish Lapland, with special emphasis on shallow lakes. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 14, no. 2, p. 137-153. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1466-822X.2005.00148.x?casa_token=juoEh5gutDMAAAA-A%3AS_yirzdXFN_CsKtHzB7_OpiAsEP3CI42u7VyhjpBHY-zpoqXEKxJdZpxxBI8wdanSDukWX-YeyO-O8l_4. Acesso em: 19 nov. 2022.

PAULA, Cecília Maria de et al. Ocorrência de um molusco invasor (*Melanoides tuberculata*, Müller, 1774), em diferentes sistemas aquáticos da bacia hidrográfica do Rio Sorocaba, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 829-841, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/8wxcPWGc9jbrZXzftNxnsMP/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 02 ago. 2022.

PÉREZ, Gabriel Roldán. **Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia**. Fondo para la Protección del Medio Ambiente “José Celestino Mutis”, 1988. Disponível em: <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2022.

PRESTES, Rosi Maria; VINCENCI, Kelin Luiza. Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 4, p. 1473-1493, 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/3258/3128>. Acesso em: 20 nov. 2022.

PINTO, Hudson Alves; MELO, Alan Lane de. *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) como hospedeiro intermediário de *Centrocestus formosanus* (Trematoda: Heterophyidae) no Brasil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo [online]**. 2010, v. 52, n. 4, p. 207-210. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0036-46652010000400008>. Acesso em: 13 nov. 2022.

PINTO, Stefane de Lyra. Os moluscos *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) e *Tagelus plebeius* (Lightfoot, 1786) como bioindicadores de poluição orgânica no estuário da bacia do Pina, Recife-PE, Brasil. 2012. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/12214/1/Tese%20Stefane%20de%20Lyra%20Pinto%20-%202012.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993. 448 p.

SANTOS, J. A.; DE MEDEIROS, L. C. S.; DE ANDRADE, S. R. CENÁRIO DE ESCASSEZ E LUTA PELA ÁGUA DOCE NO MUNICÍPIO DE PRINCESA ISABEL (PB), NORDESTE SECO DO BRASIL. 1-14, 2016. Disponível em: <http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2016/trabalhos/pdf/congestas2016-et-05-024.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2022.

SANTOS, M. A. F.; DOMINGOS, L. A.; ARAUJO, V. LEVANTAMENTO DA TUBULAÇÃO DE CIMENTO-AMIANTO NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE PRINCESA ISABEL-PARAÍBA. 1-6, 2014. Disponível em: <http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2014/trabalhos/pdf/congestas2014-et-04-007.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2022.

SILVA, Adriana Maria Cunha; CUNHA, Maristela Casé Costa; LOPES, Denise Vieira. Qualidade da água como reflexo de atividades antrópicas em bacias hidrográficas do Nordeste, Brasil. **Geosul**, v. 34, n. 72, p. 102-123, 2019. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/c558/b1ca497e08370b7bfa3a-74f64be59a581f5c.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2022.

SILVA, Aline Ferreira da. Distribuição dos moluscos bentônicos e sua relação com o sedimento na plataforma continental da região semiárida do Nordeste do Brasil. 2014. Disponível em: <https://www.repositoriobib.ufc.br/000019/00001925.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2022.

SILVA, Dalva Damiana Estevam da et al. VULNERABILIDADE AMBIENTAL NO ENTORNO DA BACIA HIDRÁULICA DO AÇUDE JATOBÁ II, EM PRINCESA ISABEL/PB. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2016**. Disponível em: <https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads-imce/contecc2016/agronomia/vulnerabilidade%20ambiental%20no%20entorno%20da%20bacia%20hidr%C3%A1ulica%20do%20a%C3%A7ude%20jatob%C3%A1%20ii%20em%20princesa%20isabelpb.pdf>. Acesso em: 15 set. 2022.

SIMONETTI, Vanessa Cezar; CUNHA, Darllan Collins da; ROSA, André Henrique. Proposta metodológica para identificação de riscos associados ao relevo e antropização em áreas marginais aos recursos hídricos. **Scientia Plena**, v. 15, n. 2, 2019. Disponível em: <https://scientiaplenu.emnuvens.com.br/sp/article/view/4437/2139>. Acesso em: 12 dez. 2022.

SIQUEIRA, Gilmar W.; APRILE, Fabio; MIGUÉIS, Antonio Miguel. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará-Brasil). **Acta Amazonica**, v. 42, p. 413-422, 2012. <https://www.scielo.br/j/aa/a/a9Cg9yfdKWr4GDsC7v64brtf/?lang=pt>. Acesso em 18 de outubro de 2023.

TELES, Herlânia F. et al. Macroinvertebrados Bentônicos como Bioindicadores no Parque Nacional da Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. **Revista Brasileira de Zootecias**, v. 15, n. 1, 2, 3, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufff.br/index.php/zoociencias/article/view/24509>. Acesso em: 15 jul. 2022.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Gerenciamento da drenagem urbana. **Rbrh: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, RS. Vol. 7, n. 1 (2002 jan./mar.), p. 5-27, 2002. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/231957/000323373.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 jul. 2022.

VITOUSEK, Peter M. Biological invasions and ecosystem processes: towards an integration of population biology and ecosystem studies. In: **Ecosystem management**. Springer, New York, NY, 1990. p. 183-191. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-4018-1_17. Acesso em: 20 jul. 2022.

WIEGAND, M.C.; NASCIMENTO, A.T.P.; COSTA, A.C.; LIMA NETO, I.E. Trophic state changes of semi-arid reservoirs as a function of the hydro-climatic variability. **Journal of Arid Environ-**

ments, v. 184, 104321, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140196320302202?via%3Dihub>. Acesso em: 07 dez. 2022.

XIMENES, R. F. et al. *Centrocestus formosanus* (Trematoda: Heterophyidae) in *Melanoides tuberculata* (Gastropoda: Thiaridae) from Vila do Abraão, Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 77(2): 318 – 322, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/T5Nb8SVR3ymCbK-9GCZ6x7zR/?lang=en>. Acesso em: 07 out. 2023.