

Contribuição do banco de ovos para a diversidade de zooplâncton em ambientes aquáticos subterrâneos

Juliana Déo Dias (1), Diego Medeiros Bento (2), Ana Karolina Santos e Silva (1) & Carolina Teixeira Puppim-Gonçalves (1)

(1) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Via Costeira Senador Dinarte Medeiros Mariz, s/n, Natal, Brasil, juliana.dias@ufrn.br,

(2) Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Natal, Brasil, diego.bento@icmbio.gov.br

(3) Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, eskinazi@ufop.edu.br

Resumo

O zooplâncton tem a capacidade de formar de ovos ou formas de resistência quando as condições ambientais não estão favoráveis, sendo esta uma estratégia fundamental para a manutenção da diversidade de espécies em ambientes aquáticos subterrâneos. Aqui nós realizamos um experimento para avaliar a eclosão de zooplâncton a partir do sedimento de ambientes aquáticos subterrâneos do bioma Caatinga. Foram registradas 164 eclosões de ciliados, 14 de rotíferos, 8 de ostrácodos e 3 de cladóceros, além de 129 eclosões de zooplâncton no tratamento com fotoperíodo de 12 h de luz/ 12 h de escuro e 60, no tratamento de 24 h de escuro. Portanto, mostramos o potencial que o banco de ovos e formas dormente do sedimento de ambientes aquáticos subterrâneos tem para contribuir com a colonização do zooplâncton.

Abstract

Zooplankton have the ability to form eggs or dormant forms when environmental conditions are unfavorable, which is a fundamental strategy for maintaining species diversity in subterranean aquatic environments. In this study, we conducted an experiment to assess zooplankton hatching from sediment samples collected from subterranean aquatic environments in the Caatinga biome. A total of 164 hatchings of ciliates, 14 of rotifers, 8 of ostracods, and 3 of cladocerans were recorded, in addition to 129 zooplankton hatchings under a 12-hour light/12-hour dark photoperiod treatment and 60 hatchings under a 24-hour dark treatment. Therefore, we demonstrate the potential of the egg bank and dormant forms in the sediment of subterranean aquatic environments to contribute to zooplankton colonization.

1. Introdução

O estado do Rio Grande do Norte (RN) ocupa o 4^o lugar em número de cavernas no Brasil (1374 cavidades catalogadas), estando presentes principalmente em rochas calcárias, de clima semiárido e bioma Caatinga (CECAV/ICMBio 2022, Bento et al., 2017). Estudos realizados nesta região indicam áreas com alta relevância bioespeleológica, porém estima-se que apenas 5% das cavernas conhecidas têm a sua fauna registrada, sendo a maioria espécies terrestres (Bento et al. 2021).

Nos ecossistemas aquáticos, o zooplâncton apresenta alta diversidade de espécies e funcional, sendo elo da teia trófica e atuando na ciclagem de matéria e energia (Litchman et al., 2013). Mais especificamente para os ambientes aquáticos subterrâneos da Caatinga foram registradas 100 espécies de zooplâncton, incluindo protozoários testáceos, rotíferos, cladóceros e copépodes (Puppim-Gonçalves et al., 2024). Este número de espécies é elevado quando comparado a outros estudos no mundo (36 espécies em Simões et al. 2013; 41 espécies em Baković et al., 2022, 24 espécies em Bozkurt, 2019) realizados em ambientes aquáticos subterrâneos.

Uma característica importante do zooplâncton é a capacidade de apresentar formas dormentes em condições ambientais não favoráveis (i.e. ovos de resistência ou indivíduos em baixa atividade metabólica) (Vargas et al., 2019, Fortaneto, 2019). Esta estratégia é ainda mais importante em ambientes aquáticos subterrâneos que tendem a ser afóticos,

dependentes da matéria orgânica alóctone e com recursos alimentares limitados (Culver & Pipan 2009). O acesso ao banco de formas dormentes ocorre através do sedimento e reflete a comunidade passiva que habita o ecossistema. Tais bancos são cruciais para a compreensão da dinâmica das comunidades, por serem fontes de colonização e essenciais à resiliência dos ambientes que passam por impactos antrópicos ou naturais (Brendonck & Meester 2003, Brendonck 2017). É, portanto, uma forma de acessar a composição futura da comunidade (Brendonck & Meester 2003, Piscia et al. 2020). Como alguns ambientes subterrâneos são difíceis de amostrar, o acesso ao banco de formas dormentes contribui para melhor conhecermos a biodiversidade e dinâmica dos ecossistemas subterrâneos, sendo possível o registro de novos táxons. Este é o primeiro estudo avaliando a contribuição do banco de ovos e formas dormentes para a comunidade zooplânctonica em ambientes cavernícolas, portanto, avançará no conhecimento da biodiversidade e dinâmica dos ecossistemas subterrâneos, sendo possível o registro de novas espécies. O objetivo deste estudo foi avaliar experimentalmente a contribuição do banco de ovos e formas dormentes do sedimento para a diversidade do zooplâncton em ambientes aquáticos subterrâneos do bioma Caatinga.

2. Materiais e métodos

Foram realizadas amostragens de sedimento em cinco ambientes aquáticos subterrâneos do bioma Caatinga no Estado do RN (Figura 1). Em cada local de coleta, o sedimento foi coletado de forma aleatória com auxílio de uma pá e com profundidade de 5 cm. A coleta foi realizada em dezembro de 2022 que corresponde ao período de seca no bioma.

Em laboratório, o sedimento foi homogeneizado, seco em estufa a 40°C e, posteriormente, acondicionado em potes plásticos no escuro à temperatura ambiente. Os microcosmos artificiais foram criados com a adição de 100g de sedimento em recipientes plásticos e hidratados com 300ml de água destilada (proporção 1:3, simulando inundação persis-

tente). Os microcosmos foram mantidos em duas simulações distintas de fotoperíodo: 12h luz/ 12h escuro e de 24h escuro para simular as cavernas afóticas (Figura 2). O período de incubação do experimento foi de 35 dias (13 de novembro a 15 de dezembro de 2023), com coleta dos organismos que aclodiram a cada 2 dias. Para a coleta foi filtrada toda a água dos microcosmos em rede de plâncton de malha de 50-µm. Após a coleta, foi reposta a água destilada em cada um dos microcosmos. Os organismos coletados foram fixados com formol 4% e identificados até o menor nível taxonômico possível.

Ponto de amostragem	Município	Latitude	Longitude	Tipo de ambiente
Caverna dos Crotos	Felipe Guerra	05°33'37,92"	37°39'30,89"	Lago subterrâneo epicárstico
Furna Feia	Baraúna	05°02'12,76"	37°33'36,64"	Poças subterrâneas freáticas/ epicársticas
Olho d'Água do Tetéu	Felipe Guerra	-05°34'02,63"	-37°40'13,88"	Nascente cárstica freática
Caverna dos Troglóbios	Felipe Guerra	-05°33'24,26"	-37°39'40,57"	Lago subterrâneo freático
Gruta de Zé do Juvino	Felipe Guerra	-05°32'30,63"	-37°37'44,70"	Lago subterrâneo freático

Figura 1: Locais de amostragem dos sedimentos utilizados no experimento de eclosão de ovos e formas dormentes de zooplâncton.



Figura 2: Experimento mostrando os microcosmos artificiais no fotoperíodo permanentemente escuro (24 h) e 12 h luz/12 h escuro.

3. Resultados

Durante o nosso experimento, eclodiram ciliados, rotíferos, cladóceros e ostrácodos a partir do banco de ovos e formas dormentes do sedimento. Ciliado foi o grupo com maior número de eclosões (164), seguido por rotíferos (14), ostrácodos (8) e cladóceros (3). Foi possível identificar a espécie de cladóceros *Leydigia ipojucae* com três eclosões na caverna da Furna Feia no fotoperíodo de 12 h de luz/ 12 h de escuro. Ainda neste local, foi identificado o gênero de rotífero *Lepadella* sp. que eclodiu nos dois fotoperíodos (dois indivíduos). Os demais grupos não puderam ser identificados em nível de espécie.

As eclosões começaram a ser observadas a partir da segunda semana

de experimento (Figura 3). O maior número de eclosões foi observado na caverna da Furna Feia (134), seguido por Gruta de Zé do Juvino (28), Caverna dos Crotes (15) e Olho d'água do Tetéu (12). Nenhuma espécie de zooplâncton eclodiu do sedimento da Caverna dos troglóbios.

Foram registradas 129 eclosões de zooplâncton no tratamento com fotoperíodo de 12 h de luz/ 12 h de escuro e 60, no tratamento de 24 h de escuro. Não foram observadas eclosões de cladóceros no fotoperíodo de 24 h de escuro, mas foi observado um aumento na proporção de rotíferos e ostrácodos que eclodiram neste tratamento (Figura 4).

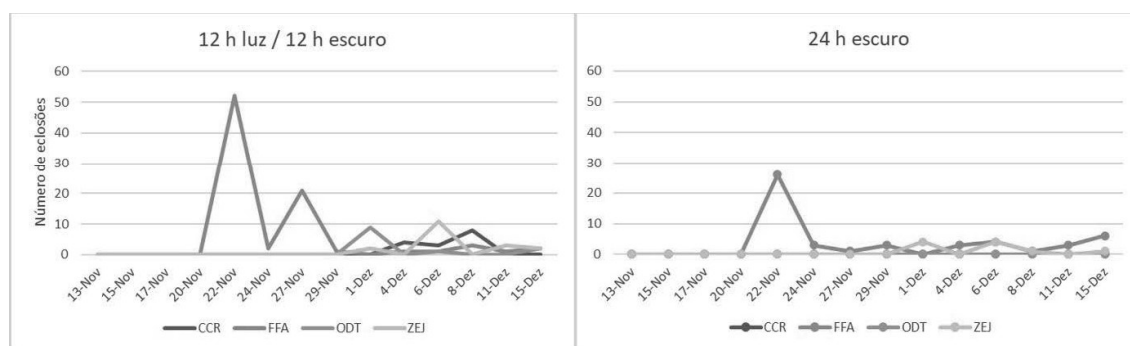


Figura 3: Número de eclosões de zooplâncton ao longo dos dias de coleta nos fotoperíodos de 12 h luz/12 h escuro (esquerda) e 24 h escuro (direita). As cores representam os locais de coleta (CCR = Caverna Crotes; FFA = caverna da Furna Feia; ODT = Olho d'água do Tetéu; ZEJ = Gruta de Zé do Juvino).

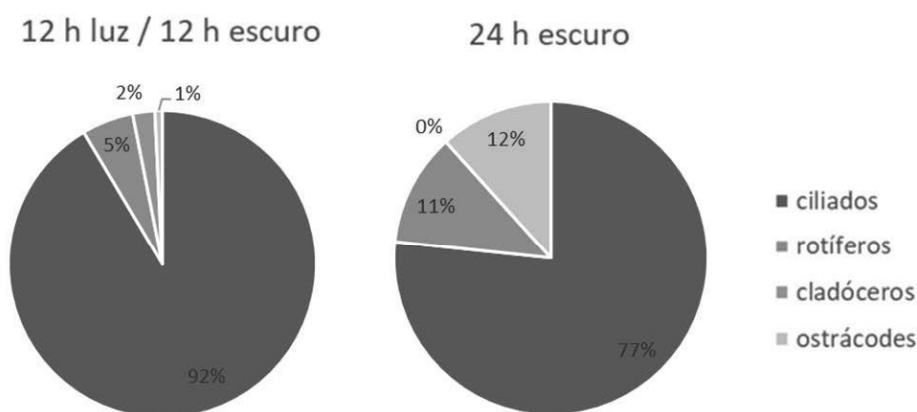


Figura 4: Porcentagem de eclosões (%) de zooplâncton por grupos nos fotoperíodos de 12 h luz/12 h escuro (esquerda) e 24 h de escuro (direita).

4. Discussão

Nosso experimento mostrou que as eclosões de zooplâncton a partir do banco de ovos e formas dormentes do sedimento tem um grande potencial para contribuir com a diversidade desses organismos em ambientes aquáticos subterrâneos. Registramos uma maior proporção de eclosões de ciliados que constituem o microzooplâncton, mas também registramos a ocorrência de espécies maiores como cladóceros. No estudo de Berger et al. (2007), os ciliados foram os primeiros organismos a eclodirem no experimento, seguidos por fitoplâncton e organismos zooplânctônicos surgiram por volta do 20º dia (i.e. *Daphnia*). Os protozoários ciliados são os organismos mais importantes do loop microbiano, atuando como link entre a produção microbiana e os níveis tróficos

superiores. Os Gastrotricha, ciliados encontrados no experimento, se alimentam de bactérias, protistas, biofilme e matéria orgânica (Balsamo et al. 2020), recursos abundantes na caverna da Furna Feia, a qual possui entrada significativa de matéria orgânica proveniente do guano das colônias de morcegos.

O maior número de eclosões ocorreram no fotoperíodo de 12 h luz/ 12 h escuro. Para a inclusão deste tratamento, nos baseamos em metodologias de eclosão de ovos e formas dormentes de ambientes superficiais do semiárido (Vendramin et al. 2023, Pires et al. 2023). Entretanto, este foi o primeiro estudo a mostrar que as eclosões de espécies de zooplâncton ocorrem também com 24 h de escuro, como observada

nos ambientes cavernícolas. A única espécie de cladóceros que eclodiu foi restrita ao fotoperíodo de 12 h luz/ 12 h escuro. Isso pode ser devido ao fato de ser uma espécie mais sensível às condições cavernícolas e de ser uma espécie da superfície que acidentalmente foi levada para o

ambiente subterrâneo. Portanto, mostramos com nosso experimento o potencial que o banco de ovos tem para contribuir com a colonização do zooplâncton em ambientes aquáticos subterrâneos.

5. Conclusão

Com este experimento, mostramos que o sedimento dos ambientes aquáticos subterrâneos abriga ovos e formas dormentes de zooplâncton que podem contribuir com a diversidade nesses ambientes e auxiliar na identificação de espécies, incluindo estigóbias. Estudos futuros inclu-

do mais locais de coleta e com um tempo maior de incubação, podem ser importantes para a eclosão de outros organismos do zooplâncton, como os copépodes.

Agradecimentos

Nós agradecemos ao Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV/ICMBio) pelo suporte com a logística de campo e latagan Freitas pelo auxílio com as coletas. Agradecemos “TCCE ICMBio/

VALE: Compensação Espeleológica” pelo apoio financeiro para a realização do projeto e desta pesquisa.

Referências

- BAKOVIC N., KEPICJA R.M., SIEMENSMA F.J. (2022) Transitional and small aquatic cave habitats diversification based on protist assemblages in the Veternica cave (Medvednica Mt., Croatia). *Subterranean Biology* 42: 43-60.
- BALSAMO, M., ARTOIS, T., SMITH III, J. P., TODARO, M. A., GUIDI, L., LEANDER, B. S., VAN STEENKISTE, N. W. (2020) The curious and neglected soft-bodied meiofauna: Rousphozoa (Gastrotricha and Platyhelminthes). *Hydrobiologia* 847(12), 2613-2644.
- BENTO DM, CRUZ JB, FREITAS JIM, CAMPOS UP, OLIVEIRA AF. (2017) A mais de 1000! O patrimônio espeleológico potiguar após a descoberta da milésima caverna. In Congresso Brasileiro de Espeleologia (RM Rasteiro, CM Teixeira-Silva, SG Lacerda, coord.). Sociedade Brasileira de Espeleologia, Ouro Preto, 227-237.
- BENTO D.M., SOUZA-SILVA M., VASCONCELLOS A., BELLINI B.C., PROUS X., FERREIRA R.L. (2021) Subterranean “oasis” in the Brazilian semiarid region: neglected sources of biodiversity. *Biodiversity and Conservation* 30: 1-21.
- BERGER, S. A., DIEHL, S., STIBOR, H., TROMMER, G., RUHENSTROTH, M. (2010) Water temperature and stratification depth independently shift cardinal events during plankton spring succession. *Global Change Biology* 16(7): 1954-1965.
- BOZKURT A. (2019) Investigation of zooplankton fauna in water wells of Kuyubeli village (Adana, Turkey) with the first record of the genus *Speocyclops* Kiefer, 1937 (Copepoda, Cyclopoida, Cyclopidae) for Turkish inland waters. *Turkish Journal of Zoology* 43(1): 142-145.
- BRENDONCK L., DE MEESTER L. (2003) Egg banks in freshwater zooplankton: evolutionary and ecological archives in the sediment. *Hydrobiologia* 49:65-84.
- BRENDONCK L., PINCEEL T., ORTELLS R. (2017) Dormancy and dispersal as mediators of zooplankton population and community dynamics along a hydrological disturbance gradient in inland temporary pools. *Hydrobiologia* 796: 201-222.
- CECAV/ICMBIO. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (2022) Anuário estatístico do patrimônio espeleológico brasileiro Brasília: ICMBio.
- CULVER, D. C., PIPAN, T. (2009) *The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats*. Oxford Univ. Press.
- FONTANETO D. (2019) Long-distance passive dispersal in microscopic aquatic animals. *Movement Ecology* 7:1-10.
- LITCHMAN E., OHMAN M.D., KJØRBOE T. (2013) Trait-based approaches to zooplankton communities. *Journal of plankton research* 35(3): 473-484.
- PIRES, M. M., VENDRAMIN, D., MEDEIROS, E. S., STENERT, C., BATZER, D. P., MALTCHIK, L. (2023) Bet-hedgers commit to the hedge: Zooplankton in ephemeral semiarid wetlands of tropical Brazil that widely spread risk. *Ecology* 104(5): e4014.
- PISCIA, R. (2020) Evaluation of the Egg Bank of Two Small Himalayan Lakes. *Water* 12: 491.
- PUPPIN, C. T., BENTO, D.M., PERBICHE-NEVES, G. FERREIRA, R. L., SOUZA-SILVA, M. BECKER, V., DIAS, J.D. (2024) Exploring uncharted waters: insights into groundwater zooplankton of the Brazilian semiarid region. *Aquatic Sciences* 86: 88.
- SIMÕES L., FERREIRA T., BICHUETTE M. (2013) Aquatic biota of different karst habitats in epigeal and subterranean systems of Central Brazil—visibility versus relevance of taxa. *Subterranean Biology* 11 : 55-74.
- VARGAS A.L., SANTANGELO J.M., BOZELLI R.L. (2019) Recovery from drought: viability and hatching patterns of hydrated and desiccated zooplankton resting eggs. *International Review of Hydrobiology* 104:26-33.
- VENDRAMIN, D., PIRES, M. M., MEDEIROS, E. S., STENERT, C., & MALTCHIK, L. (2023) Life finds a way: Hatching dynamics of zooplankton dormant stages in intermittent wetlands from the Brazilian tropical semiarid. *Journal of Arid Environments* 212: 104949.