



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO  
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

ANA CLAUDIA ARAUJO DA SILVA

**PADRONIZAÇÃO DO CULTIVO DA ESPÉCIE *Ceriodaphnia cornuta* Sars  
(1885) PARA ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS SOB CONDIÇÕES FÍSICAS  
E QUÍMICAS DE AMBIENTES AQUÁTICOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

MOSSORÓ

2021

ANA CLAUDIA ARAUJO DA SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ambientes Aquáticos

Orientador: Gustavo Henrique Gonzaga da Silva, Prof. Dr.

Coorientadora: Aline Fernanda Campagna Fernandes, Prof. Dra.

MOSSORÓ

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S586p SILVA, ANA CLAUDIA ARAUJO DA.  
Padronização do cultivo da espécie *Ceriodaphnia*  
*cornuta* Sars (1885) para ensaios ecotoxicológicos  
sob condições físicas e químicas de ambientes  
aquáticos do semiárido brasileiro / ANA CLAUDIA  
ARAUJO DA SILVA. - 2021.  
43 f. : il.

Orientador: GUSTAVO HENRIQUE GONZAGA DA SILVA.  
Coorientadora: ALINE FERNANDA CAMPAGNA  
FERNANDES.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Ecologia e Conservação, 2021.

1. Zooplâncton. 2. *Ceriodaphnia cornuta*. 3.  
Semiárido. 4. Ecotoxicologia aquática. I. GONZAGA  
DA SILVA, GUSTAVO HENRIQUE, orient. II. CAMPAGNA  
FERNANDES, ALINE FERNANDA, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade  
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANA CLAUDIA ARAUJO DA SILVA

**PADRONIZAÇÃO DO CULTIVO ESPÉCIE *Ceriodaphnia cornuta* Sars  
(1885) PARA ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS SOB CONDIÇÕES FÍSICAS  
E QUÍMICAS DE AMBIENTES AQUÁTICOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Ecologia e Conservação da  
Universidade Federal Rural do Semi-  
Árido como requisito para obtenção  
do título de Mestre em Ecologia e  
Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e  
Conservação de Ambiente Aquáticos

Defendida em: 29 / 12 / 21.

**BANCA EXAMINADORA**

  
Gustavo Henrique Gonzaga da Silva, Prof. Dr. (UFERSA)  
Presidente

  
Carlos Eduardo Alves Soares, Prof. Dr. (UFERSA)  
Membro Examinador

  
Clarice Maria Rispoli Botta, Prof. Dra. (CHREA/SHS/EESC/USP)  
Membro Examinador

  
Antonio Fernando Monteiro Camargo, Prof. Dr. (FURG)  
Membro Examinador (Suplente)

  
Aline Fernanda Campagna Fernandes, Prof. Dra. (UFERSA)  
Membro Examinador (Suplente)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Prof. Gustavo Henrique Gonzaga da Silva e minha c-orientadora Profa. Dra. Aline Fernanda Campagna Fernandes pela excelente orientação, pelo esforço e tempo dedicado, pela paciência, e pelos recursos financeiros e materiais que arcou. Muito, muito obrigada!

Agradeço a todos os meus colegas e profissionais do Labetox e Limnoaqua por todo auxílio nos ensaios e análises. Muito obrigada!

Agradeço a Professora Odete Rocha e todos os seus orientandos da UFSCAR que me capacitaram na identificação zooplanctônica;

Agradeço a Universidade Federal Rural do Semi-Árido pelos recursos financeiros e humanos para a realização deste trabalho;

Agradeço a CAPES pela bolsa de pesquisa concedida;

Agradeço a minha família por todo auxílio e, principalmente, a minha mãe Ana por tanto amor, carinho e zelo comigo. Eu te amo!

Agradeço a todos que contribuíram para que este trabalho se tornasse possível. Muito obrigada!

## RESUMO

No Brasil existe uma lacuna de conhecimento na seleção e padronização de espécies nativas com potencial para uso na ecotoxicologia, sobretudo em regiões semiáridas. O uso de espécies zooplanctônicas autóctones com protocolos padronizados garante a confiabilidade e a reprodutibilidade dos mesmos, haja vista sua representatividade ecológica, que possibilita com mais eficiência antecipar e diagnosticar os efeitos nocivos de agentes tóxicos em ambientes aquáticos. Este trabalho teve como objetivo estabelecer um protocolo padronizado para o cultivo laboratorial e ensaios ecotoxicológicos com a espécie *Ceriodaphnia cornuta* em condições físicas e químicas semelhantes às de ambientes dulcícolas do semiárido. Para tanto, foram realizadas amostragens da comunidade zooplanctônica nos reservatórios de Umari e Santa Cruz localizados no Rio Grande do Norte (Brasil), para capturar e isolar a espécie selecionada por critérios ecotoxicológicos e representatividade ecológica no semiárido. Posteriormente, foram estabelecidos e realizados testes ecotoxicológicos em diferentes faixas de pH, dureza, temperatura e luminosidade com base na ecologia e biologia da espécie nativa e nas condições dos recursos hídricos de regiões semiáridas, bem como adaptado de normas já padronizadas. Concluiu-se que o cultivo de *C. cornuta* em condições semelhantes aos ecossistemas aquáticos do semiárido tem a maior sobrevivência e reprodução quando esta é cultivada em água com pH entre 7,5 a 7,9, com dureza 66mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , em temperatura de  $25^\circ\text{C} \pm 2$  e luminosidade entre 3000 a 3500lux. Portanto, o uso da espécie nativa *C. cornuta* nas condições supracitadas se mostra promissora como organismo-teste para análise da qualidade de ambientes dulcícolas do semiárido brasileiro.

Palavras-chave: Zooplâncton. *Ceriodaphnia cornuta*. Semiárido. Ecotoxicologia aquática.

## ABSTRACT

In Brazil, there is a knowledge gap in the selection and standardization of native species with potential for use in ecotoxicology, especially in semi-arid regions. The use of autochthonous zooplanktonic species with standardized protocols guarantees their reliability and reproducibility, given their ecological representation, which makes it possible to more efficiently anticipate and diagnose the harmful effects of toxic agents in aquatic environments. This work aimed to establish a standardized protocol for laboratory cultivation and ecotoxicological tests with the species *Ceriodaphnia cornuta* under physical and chemical conditions similar to those of semi-arid freshwater environments. For that, samples of the zooplankton community were carried out in the Umari and Santa Cruz reservoirs located in Rio Grande do Norte (Brazil), to capture and isolate the species selected by ecotoxicological criteria and ecological representativeness of the semiarid region. Subsequently, ecotoxicological tests were established and carried out in different ranges of pH, hardness, temperature and luminosity based on the ecology and biology of the native species and on the conditions of the water resources of semi-arid regions, as well as adapted from already standardized norms. It was concluded that the cultivation of *C. cornuta* in conditions similar to the semiarid region has the highest survival and reproduction when it is cultivated in water with a pH between 7.5 and 7.9, with a hardness of 66mg of  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , at a temperature of  $25^\circ\text{C}\pm 2$  and luminosity. between 3000 to 3500lux. Therefore, the use of the native species *C. cornuta* under the aforementioned conditions shows promise as a test organism for analyzing the quality of freshwater environments in the Brazilian semiarid region.

Palavras-chave: Zooplâncton. *Ceriodaphnia cornuta*. Semiárido. Ecotoxicologia aquática.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Sistema hidrográfico do Estado do Rio Grande do Norte com destaque para os reservatórios de Santa Cruz .....     | 16 |
| Figura 2. Espécies zooplancônicas identificadas nos reservatórios de Santa Cruz e Umari, Rio Grande do Norte, Brasil ..... | 19 |

### CAPÍTULO 3

|                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Diagrama com os tratamentos (T) realizados nos ensaios de ecotoxicidade aguda e crônica e os valores dos parâmetros para a água de cultivo .....              | 26 |
| Figura 2. Resultado do teste de ecotoxicidade aguda em diferentes valores de pH utilizando <i>C. cornuta</i> como organismo-teste.....                                  | 28 |
| Figura 3. Resultado do teste de ecotoxicidade aguda em diferentes níveis de temperatura (°C) utilizando <i>C. cornuta</i> como organismo-teste.....                     | 28 |
| Figura 4. Resultado do teste de ecotoxicidade crônica (sobrevivência) em diferentes valores de pH utilizando <i>C. cornuta</i> como organismo-teste.....                | 29 |
| Figura 5. Resultado do teste de ecotoxicidade crônica (reprodução) em diferentes valores de pH utilizando <i>C. cornuta</i> como organismo-teste.....                   | 29 |
| Figura 6. Resultado do teste de ecotoxicidade crônica (sobrevivência) em diferentes níveis de temperatura utilizando <i>C. cornuta</i> como organismo-teste             | 30 |
| Figura 7. Resultado do teste de ecotoxicidade crônica (reprodução) em diferentes níveis de temperatura utilizando <i>C. cornuta</i> como organismo-teste                | 30 |
| Figura 8. Resultado do teste de ecotoxicidade crônica (sobrevivência) em diferentes valores de dureza utilizando <i>C. cornuta</i> como organismo-teste .....           | 31 |
| Figura 9. Resultado do teste de ecotoxicidade crônica (reprodução) em diferentes valores de dureza utilizando <i>C. cornuta</i> como organismo-teste .....              | 31 |
| Figura 10. Teste de ecotoxicidade crônica (sobrevivência) com diferentes intensidades de luminosidade utilizando <i>C. cornuta</i> como organismo-teste ....            | 32 |
| Figura 11. Resultado do teste de ecotoxicidade crônica (reprodução) com diferentes intensidades de luminosidade utilizando <i>C. cornuta</i> como organismo-teste ..... | 32 |



## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

Tabela 1. Espécies zooplantônicas identificadas, a representação da abundância média e densidade média (ind/L) nos reservatórios de Santa Cruz e Umari. .. 18

### CAPÍTULO 3

Tabela 1. Variáveis físicas e químicas mensuradas *in situ* nos reservatórios amostrados no Rio Grande do Norte, Brasil, no presente estudo. .... 25

Tabela 2. Análise geracional de *C. cornuta* em cultivos realizados com os valores de parâmetros físicos e químicos que resultaram em maior sobrevivência e reprodução ..... 35

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL</b> .....                                                                                                                                                            | 9  |
| OBJETIVO GERAL .....                                                                                                                                                                                  | 10 |
| OBJETIVOS ESPECIFICOS .....                                                                                                                                                                           | 10 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                                                                                                                      | 11 |
| <b>CAPÍTULO 2 - ASSEMBLEIAS ZOOPLANCTÔNICAS NOS RESERVATÓRIOS DE SANTA CRUZ E UMARI/RN</b> .....                                                                                                      | 14 |
| INTRODUÇÃO .....                                                                                                                                                                                      | 14 |
| MATERIAIS E MÉTODOS .....                                                                                                                                                                             | 15 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                                                                                                                                                                           | 17 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                                                                                                                                                            | 18 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                                                                                                                      | 20 |
| <b>CAPÍTULO 3 - PADRONIZAÇÃO DO CULTIVO DA ESPÉCIE <i>Ceriodaphnia cornuta</i> PARA ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS SOB CONDIÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS DE AMBIENTES AQUÁTICOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO</b> .... | 22 |
| INTRODUÇÃO .....                                                                                                                                                                                      | 22 |
| MATERIAIS E MÉTODOS.....                                                                                                                                                                              | 24 |
| Coleta dos espécimes de <i>Ceriodaphnia cornuta</i> .....                                                                                                                                             | 24 |
| Manutenção do cultivo da espécie <i>Ceriodaphnia cornuta</i> em laboratório .....                                                                                                                     | 25 |
| Ensaio ecotoxicológico com <i>Ceriodaphnia cornuta</i> .....                                                                                                                                          | 26 |
| Estudo geracional de <i>Ceriodaphnia cornuta</i> .....                                                                                                                                                | 27 |
| Análise estatística .....                                                                                                                                                                             | 27 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                                                                                                                                                                           | 27 |
| Testes de ecotoxicidade aguda.....                                                                                                                                                                    | 27 |
| Testes de ecotoxicidade crônica .....                                                                                                                                                                 | 29 |
| CONCLUSÃO.....                                                                                                                                                                                        | 35 |
| PERSPECTIVAS .....                                                                                                                                                                                    | 35 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                                                                                                                      | 36 |
| ANEXOS .....                                                                                                                                                                                          | 41 |

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO GERAL

O ambiente aquático recebe todos os materiais advindos de sua bacia de drenagem em consequência dos usos e da ocupação do solo de seu território; uso e descarte de substâncias, gerando uma mistura de diferentes tipos de poluentes acarretando efeitos tóxicos crônicos (HOSSAIN et al., 2020; ZHAO et al., 2020; CHOWDHURY et al., 2016; TALLINI et al., 2012). A biota aquática é exposta à esses agente tóxicos e, em função da concentração dos mesmos e do tempo de exposição, pode sofrer efeitos agudos, como a letalidade; bem como efeitos crônicos letais e subletais, como por exemplo efeitos no desenvolvimento, na reprodução, na morfologia de tecidos, nas células e no material genético, e a possível bioacumulação das substâncias (LI et al., 2019; ABESSA; SOUSA; TOMMASI, 2006).

O zooplâncton apresenta relevância ecológica, uma vez que transfere matéria e energia entre os organismos produtores e consumidores, sendo um dos pilares para integridade ecológica dos ecossistemas aquáticos (MELO; MEDEIROS, 2013; TUNDISI; MATSUMURA, 2008). Esses organismos são considerados bioindicadores e podem ser utilizados no monitoramento da qualidade de água, devido a sua sensibilidade às mudanças no ambiente e por responderem rapidamente a elas (JOSUÉ et al., 2021; BAKHTIYAR et al., 2020; SOUSA et al., 2008). Desta forma, o estudo destes organismos pode revelar o grau de trofia e a qualidade do recurso hídrico (FLORESCU et al., 2021; GUTIERREZ et al., 2020; DANTAS-SILVA; DANTAS, 2013). Além do uso como bioindicador, o conhecimento sobre esses organismos pode ser aplicado em várias outras áreas, que vão desde a ecotoxicologia, usado como organismo-teste (BARKA et al., 2020; SILVA, 2017) até sua utilização na aquicultura (BELFIORE et al., 2021; PERBICHE-NEVES et al., 2012), como no cultivo de larvas de espécies de peixes e crustáceos.

Os estudos ecotoxicológicos são ferramentas mais adequadas para compreender os danos à biota aquática e à saúde pública, uma vez que se baseiam na resposta dos organismos à agentes químicos e, principalmente, em virtude da complexidade da interação entre as substâncias no ambiente natural

(NATASHA et al., 2020; MAGALHÃES; FERRÃO-FILHO, 2008; FARIAS, 2006). As espécies escolhidas como organismos-teste para ensaios ecotoxicológicos precisam atender a uma série de critérios, como: ser sensíveis a diferentes compostos químicos; ter suas características conhecidas quanto à reprodução, hábitos alimentares, fisiologia, biologia e comportamento; apresentarem ciclo de vida curto e estarem disponíveis durante o ano todo, mas principalmente, serem representativas ecologicamente do ambiente que está sendo avaliado (BELDEN, 2020; DOMINGUES; BERTOLETTI, 2006). Desse modo, a escolha pela utilização de espécies nativas em ensaios ecotoxicológicos, principalmente na avaliação de amostras ambientais, é considerada ideal, já que a representação do ambiente se torna mais fidedigna (FELIPE et al., 2020; COSTA et al., 2008).

Mesmo sendo a comunidade zooplancônica notadamente importante, ainda são escassos os estudos ecológicos sobre esses organismos em reservatórios do semiárido brasileiro (ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2013; SOUSA et al., 2008), bem como em avaliações ecotoxicológicas dos ambientes aquáticos da região. Assim, é evidente a necessidade da realização de estudos que tenham como objetivo avaliar e elaborar protocolos padronizados com espécies nativas em condições físicas e químicas representativas do semiárido para ensaios ecotoxicológicos. A utilização destes protocolos em estudos ecotoxicológicos na região será imprescindível para garantir a confiabilidade e a reprodutibilidade dos resultados, haja vista sua maior representatividade ecológica.

## **OBJETIVO GERAL**

Este trabalho teve como objetivo estabelecer um protocolo padronizado para o cultivo laboratorial e ensaios ecotoxicológicos com a espécie *Ceriodaphnia cornuta* em condições físicas e químicas semelhantes às de ambientes dulcícolas do semiárido.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Selecionar uma espécie nativa do semiárido brasileiro que atenda aos critérios para uso em ensaios ecotoxicológicos;

- Determinar se faixas de pH mais básicas podem ser utilizadas no cultivo de *C. cornuta*
- Determinar se temperaturas mais elevadas podem ser utilizadas no cultivo de *C. cornuta*
- Determinar se durezas mais elevadas podem ser utilizadas no o cultivo de *C. cornuta*
- Determinar a intensidade de luminosidade ideal para o cultivo de *C. cornuta*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABESSA, D. M. S.; SOUSA, E. C. P. M.; TOMMASI, L. R. Utilização de testes de toxicidade na avaliação da qualidade de sedimentos marinhos. **Revista de Geologia**, [s. l.], v. 19, n. 2, p.253-261, jun. 2006.
- BAKHTIYAR Y., ET AL. Zooplankton: The Significant Ecosystem Service Provider in Aquatic Environment. In: Bhat R., Hakeem K., Saud Al-Saud N. (eds) **Bioremediation and Biotechnology**, Vol 3. Springer, Cham. 2020.
- BARKA, S. et al. Seasonal ecotoxicological monitoring of freshwater zooplankton in Bir Mcherga dam (Tunisia). **Environ Sci Pollut Res** 27, 5670–5680 (2020).
- BELDEN, J. Chapter 28 - Introduction to ecotoxicology, Editor(s): Carey N. Pope, Jing Liu, An Introduction to Interdisciplinary Toxicology, Academic Press, 2020, pages 381-393.
- BELFIORE, A. P. et al. Zooplankton as an alternative method for controlling phytoplankton in catfish pond aquaculture. **Aquaculture Reports**, Alabama, v. 21. oct. 2013.
- CHOWDHURY, S et al. Heavy metals in drinking water: occurrences, implications, and future needs in developing countries. **Science of the total Environment**, v. 569, p. 476-488, 2016.
- COSTA, C. R. et al. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, p. 1820-1830, 2008.
- DANTAS-SILVA, L. T.; DANTAS, Ê. W. Zooplâncton (rotífera, cladocera e copepoda) e a eutrofização em reservatórios do nordeste brasileiro. **Oecologia Australis**, [s.l.], v. 17, n. 2, p.53-58, jun. 2013.
- DOMINGUES, D. F.; BERTOLETTI, E. Seleção, manutenção e cultivo de organismos aquáticos. In: A ZAGATTO, Pedro; BERTOLETTI, Eduardo (Ed.). **Ecotoxicologia Aquática - Princípios e Aplicações**. São Paulo: Rima, 2006. p. 153-184.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. et al. Zooplankton assemblages in eutrophic reservoirs of the Brazilian semi-arid. **Brazilian Journal Of Biology**, [s.l.], v. 73, n. 1, p.37-52, fev. 2013.

FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo**. 2006. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

FLORESCU, L.I. et al. The plankton assemblages as potential bioindicators in the environmental conditions of Danube Delta. **Biologia** (2021).

GUTIERREZ, M.F. et al. Responses of stream zooplankton diversity metrics to eutrophication and temporal environmental variability in agricultural catchments. **Environ Monit Assess** 192, 792 (2020).

HOSSAIN, MS, AHMED K, SARKER S, RAHMAN S. Seasonal variations of trace metals from water and sediment samples in the northern Bay of Bengal. **Ecotoxicology and environmental safety** (193):110347. 2020.

JOSUÉ, I.I.P., Zooplankton functional diversity as an indicator of a long-term aquatic restoration in an Amazonian lake. **Restor Ecol**, 29: e13365. 2021.

LI, X et al. Distribution and potential ecological risk of heavy metals in water, sediments, and aquatic macrophytes: a case study of the junction of four rivers in Linyi city, China. **International journal of environmental research and public health** 16(16): 2861. 2019.

MAGALHÃES, D. P.; FERRÃO-FILHO, A. S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Australis**, [s.l.], v. 12, n. 03, p.355-381, out. 2008.

MELO, T. X.; MEDEIROS, E. F. Spatial Distribution of Zooplankton Diversity across Temporary Pools in a Semiarid Intermittent River. **International Journal Of Biodiversity**, [s.l.], v. 2013, p.1-13, 12 jun. 2013.

NATASHA et. al. A critical review of mercury speciation, bioavailability, toxicity and detoxification in soil-plant environment: Ecotoxicology and health risk assessment. *Science of The Total Environment*, v. 711, april 2020.

PERBICHE-NEVES, G. et al. Zooplâncton. **Estudos de Biologia**, [s.l.], v. 34, n. 83, p.165-173, 27 nov. 2012.

SILVA, A. C. A. **Avaliação ecotoxicológica do sedimento da bacia do rio Apodi-Mossoró utilizando espécies planctônicas e bentônicas**. 2017. 63 f. TCC (Graduação) - Graduação em Ecologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

SOUSA, W. et al. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. **Journal Of Plankton Research**, [s.l.], v. 30, n. 6, p.699-708, 28 fev. 2008.

SOUSA, W. et al. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. **Journal Of Plankton Research**, [s.l.], v. 30, n. 6, p.699-708, 28 fev. 2008.

TALLINI, K. et al. Estabelecimento de Protocolo de Avaliação de Risco Ecológico em Ambiente Aquático tendo o Programa de Monitoramento do Rio Jacuí, São Jerônimo (RS). **Journal Of The Brazilian Society Of Ecotoxicology**, [s.l.], v. 7, p.55-63, 7 maio 2012.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

ZHAO L, et al. Spatial-temporal distribution characteristics and health risk assessment of heavy metals in surface water of the Three Gorges Reservoir, China. **Science of The Total Environment** 704: 134883. 2020

## CAPÍTULO 2

### ASSEMBLEIAS ZOOPLANCTÔNICAS NOS RESERVATÓRIOS DE SANTA CRUZ E UMARI/RN

**RESUMO:** O objetivo desse capítulo foi identificar as espécies zooplancônicas presentes nos reservatórios de Santa Cruz e Umari, localizados na bacia do rio Apodi-Mossoró no semiárido do Rio Grande do Norte. A comunidade zooplancônica foi amostrada em dois pontos em cada um dos reservatórios, utilizando uma rede de zooplâncton para filtrar 100L de água por reservatório. Os organismos retidos na malha foram fixados em álcool etílico a 95% e a identificação do zooplâncton foi realizada por meio de bibliografia especializada. Ao total, oito espécies foram identificadas, sendo cinco cladóceros, dois copépodos e um rotífero. Os dois reservatórios compartilharam as mesmas espécies, com exceção de *Daphnia gessneri*, encontrada apenas em Umari e *Ephemeroporus hybridus* somente em Santa Cruz. Em ambos reservatórios, *Ceriodaphnia cornuta* e *Diaphanosoma spilosum* foram as espécies mais abundantes.

**Palavras-chaves:** zooplâncton. semiárido. cladocera. açudes.

### INTRODUÇÃO

A comunidade zooplancônica é um dos pilares para integridade ecológica, porque fazem a transferência da matéria e energia dos produtores primários para os consumidores no ambiente aquático (TUNDISI; MATSUMURA, 2008). Esses organismos são considerados bioindicadores e podem ser utilizados no monitoramento da qualidade de água, devido a sua sensibilidade às mudanças no ambiente e por responderem rapidamente a elas (SOUSA et al., 2008), sendo que comumente algumas espécies dominam ou desaparecem dependendo da qualidade da água. Neste contexto, o estudo desta comunidade pode revelar o grau de trofia e a qualidade do recurso hídrico (DANTAS-SILVA; DANTAS, 2013). Além do uso como bioindicador, o conhecimento sobre esses organismos pode ser aplicado em várias outras áreas, que vão desde a ecotoxicologia, usado como organismo-teste (SILVA, 2017), até sua utilização na aquicultura (PERBICHE-NEVES et al., 2012), como no cultivo de larvas de espécies de peixes e crustáceos. Entretanto, mesmo sendo uma comunidade notadamente importante, como já destacado anteriormente, são escassos os

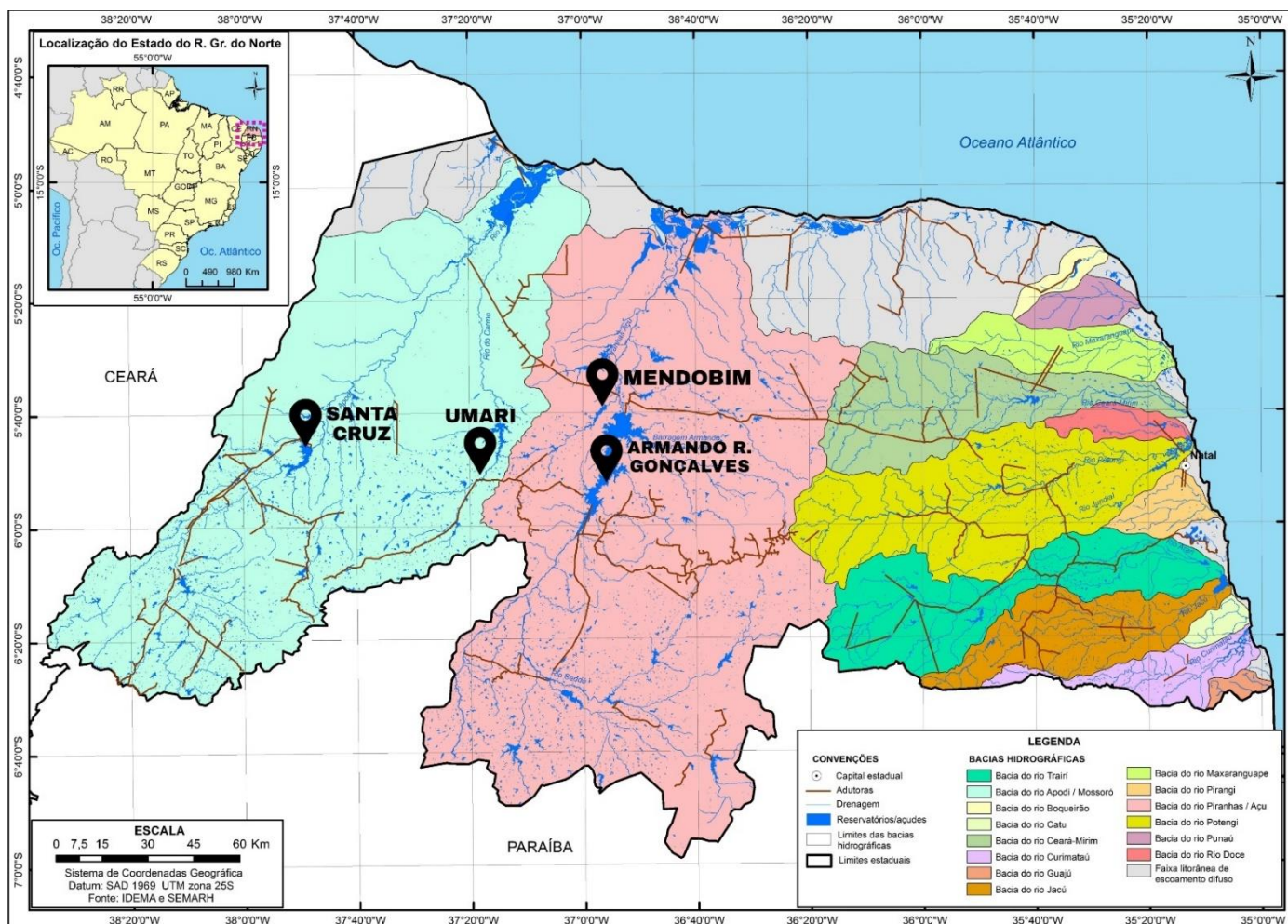


estudos ecológicos sobre esses organismos em reservatórios do semiárido brasileiro (ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2013; SOUSA et al., 2008).

Alguns estudos consideram os reservatórios como uma ameaça à biodiversidade, já que perenizam rios naturalmente intermitentes (BARBOSA et al., 2012; MALTCHIK; MEDEIROS, 2006) e redução na biodiversidade pode ocasionar. Em contrapartida, há um estudo que mostra que eles são importantes para manutenção de algumas espécies adaptadas e exclusivas desses locais (CABRAL, 2019). Neste contexto, o objetivo desse capítulo foi identificar as principais espécies zooplancônicas presentes em reservatórios do semiárido brasileiro.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

As amostras de água para identificação do zooplâncton foram coletadas em maio de 2019 em quatro reservatórios do Rio Grande do Norte; são eles: Santa Cruz, Umari, Mendubim e Armando Ribeiro Gonçalves, sendo os dois últimos apenas para coleta de dados físicos e químicos (Figura 1). A amostragem foi realizada no período diurno utilizando uma garrafa de Van Dorn, na região limnética em 2m de profundidade. O conteúdo coletado (50 litros) em cada ponto de amostragem dos reservatórios foi filtrado em rede de zooplâncton com malha de 60µm de abertura (ANA; CETESB, 2011). Os organismos retidos na malha foram fixados ainda em campo em álcool etílico a 95%. A identificação e a quantificação das amostras foram realizadas de duas formas: 1) para cladóceros, as amostras foram analisadas integralmente em estereomicroscópio (Carl Zeiss, modelo Stemi 508) e, eventualmente, levados ao microscópio para verificação de elementos particulares da espécie; 2) para copépodos e rotíferos, uma subamostra de 1mL foi colocada em câmara de Sedgewick-Rafter e analisada em microscópio (Nikon, modelo Eclipse E100). A identificação do zooplâncton foi realizada por meio de bibliografia especializada até ao nível de espécie (e.g. EL-MOOR LOUREIRO, 1997; SANTOS-SILVA; ROCHA; BOXSHALL, 2015; KOSTE, 1978).



**Figura 1.** Sistema hidrográfico do Estado do Rio Grande do Norte com destaque para os reservatórios de Santa Cruz (5° 45' 55"S, 37° 49' 10"W), Umari (5° 42' 05"S, 37° 15' 08"W), Mendubim (5° 38' 53"S, 36° 56' 03"W) e Armando R. Gonçalves (5° 40' 27"S, 36° 53' 31"W). Fonte: Modificado de Farias (2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

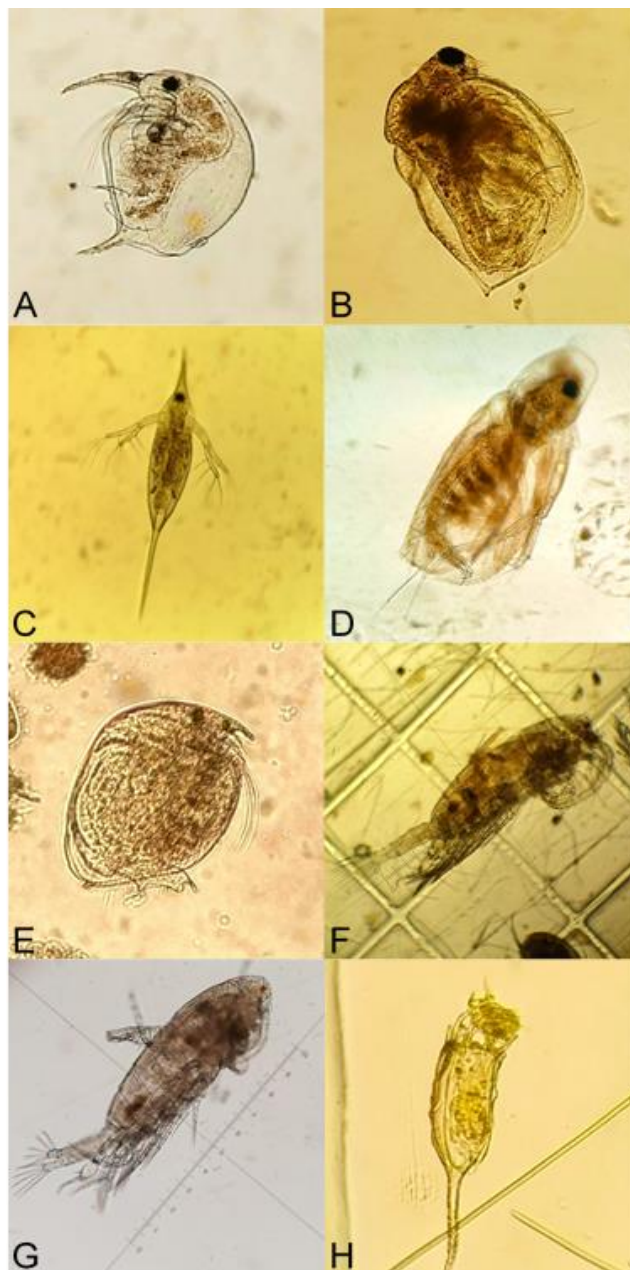
Foram identificadas em ambos os reservatórios oito espécies, sendo cinco cladóceros (*Bosmina hagmanni*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Daphnia gessneri*, *Diaphanosoma spinulosum*, *Ephemeroporus hybridus*), dois copépodos (*Notodiaptomus cearensis* e *Notodiaptomus iheringi*) e um rotífero (*Keratella americana*) (Figura 2 e Tabela 1). As espécies *C. cornuta* e *D. spinulosum* foram as mais abundantes, sendo a primeira mais presente em Umari e, a segunda, em Santa Cruz. Essas espécies possuem estratégias específicas para enfrentar condições semiáridas, como a diapausa (CRISPIM; PAZ; WATANABE, 2014) e, por isso, são abundantes em toda a região. Os dois reservatórios compartilharam as mesmas espécies, com exceção de *D. gessneri*, encontrada apenas em Umari e *E. hybridus* identificada somente em Santa Cruz. As espécies identificadas em ambos os reservatórios são amplamente encontradas em outros reservatórios do semiárido (ROCHA, 2017; ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2013; SOUZA, 2008; ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2007).

A ordem Cladocera teve um número maior de espécies quando comparado aos demais grupos. Esse dado difere do encontrado por outros trabalhos do semiárido brasileiro, onde a maioria das espécies pertenciam ao grupo Rotifera e Copepoda e os ambientes amostrados eram considerados eutróficos (CABRAL, 2019; ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2013; SOUSA et al., 2008). Tal resultado pode ter sido influenciado pelas condições mesotróficas e oligotróficas dos locais estudados, que difere dos estudos citados acima (HENRY-SILVA et al., 2013). Em geral, ambientes com pouco nutrientes geralmente possuem mais cladóceros do que filtradores menores, como rotíferos (CRISPIM; MARINHO, 2018). Também é comum que em ambientes ricos em nutrientes, os rotíferos sejam mais abundantes em relação aos demais grupos, devido a sua característica oportunista (DE-CARLI et al., 2018; GALVÃO, 2014, DANTAS-SILVA; DANTAS, 2013) e, por isso, podem ter sido pouco encontrados nos reservatórios amostrados. Além disso, a ausência da espécie *Moina micrura* nas amostras também pode corroborar para um cenário de ambiente oligotrófico, pois há um estudo que mostra seu predomínio em condições eutróficas, enquanto *C. cornuta* e *D. spinulosum* declinavam em condições semelhantes (VIEIRA et al., 2011).

**Tabela 1.** Espécies zooplantônicas identificadas, a representação da abundância média e densidade média (ind/L) nos reservatórios de Santa Cruz e Umari.

|                                               | SANTA<br>CRUZ | DENSIDADE<br>MÉDIA (ind/L) | UMARI | DENSIDADE<br>MÉDIA (ind/L) |
|-----------------------------------------------|---------------|----------------------------|-------|----------------------------|
| CLADOCERA                                     |               |                            |       |                            |
| <i>Bosmina hagmanni</i> (Stingelin, 1904)     | .             | 1                          | .     | 2                          |
| <i>Ceriodaphnia cornuta</i> (Sars, 1885)      | ●             | 3,4                        | ●     | 5,5                        |
| <i>Daphnia gessneri</i> (Herbst, 1967)        | NE            | NE                         | .     | 0,3                        |
| <i>Diaphanosoma spinulosum</i> (Herbst, 1975) | ●             | 14,5                       | ●     | 4,3                        |
| <i>Ephemeroporus hybridus</i> (Daday, 1905)   | .             | 0,5                        | NE    | NE                         |
| COPEPODA                                      |               |                            |       |                            |
| <i>Notodiaptomus cearensis</i> (Wright, 1935) | ●             | 5,1                        | ●     | 5,7                        |
| <i>Notodiaptomus iheringi</i> (Wright, 1935)  | ●             | 5,1                        | .     | 2,8                        |
| <i>Copepodito</i>                             | .             | 1,8                        | ●     | 2,8                        |
| ROTIFERA                                      |               |                            |       |                            |
| <i>Keratella americana</i> (Carlin, 1943)     | .             | 1,4                        | .     | 1,4                        |

Legenda: NE – não encontrado.



**Figura 2.** Espécies zooplanctônicas identificadas nos reservatórios de Santa Cruz e Umari, Rio Grande do Norte, Brasil. Legenda: A (*B. hagmanni*), B (*C. cornuta*), C (*D. gessneri*), D (*D. spinulosum*), E (*E. hybridus*), F (*Notodiaptomus cearenses*), G (*Notodiaptomus iheringi*) e H (*K. americana*). Fonte: Autoria própria.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram identificadas oito espécies zooplanctônicas, sendo cinco cladóceros, dois copépodos e um rotífero, sendo que os dois reservatórios compartilharam praticamente as mesmas espécies. Os cladóceros foram os mais abundantes dentre os grupos amostrados e as espécies *C. cornuta* e *D.*

*spinulosum* foram as mais frequentes. As espécies encontradas puderam confirmar os graus de trofia dos reservatórios.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (Brasil); COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia nacional de coleta de preservação de amostras**: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília, DF: ANA; São Paulo: CETESB, 2011. 326 p.

BARBOSA, J. E. L. et al. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, [s.l.], v. 24, n. 1, p.103-118, 4 set. 2012.

CABRAL, C. R. et al. Are the patterns of zooplankton community structure different between lakes and reservoirs? A local and regional assessment across tropical ecosystems. **Aquatic Ecology**, [s.l.], v. 53, n. 3, p.335-346, 10 abr. 2019.

CRISPIM, M. C.; PAZ, R. J.; WATANABE, T. Ecological succession of zooplankton species in a temporary river in a semi arid region of Brazil. **Brazilian Journal Of Biological Sciences**, [s.l.], v. 1, n. 2, p.51-58, 2014. Brazilian Journal of Biological Sciences.

DANTAS-SILVA, L. T.; DANTAS, Ê. W. Zooplâncton (rotifera, cladocera e copepoda) e a eutrofização em reservatórios do nordeste brasileiro. **Oecologia Australis**, [s.l.], v. 17, n. 2, p.53-58, jun. 2013.

DE-CARLI, B.P. et al . Comunidade zooplanctônica e sua relação com a qualidade da água em reservatórios do Estado de São Paulo. **Iheringia, Sér. Zool.**, Porto Alegre, v. 108, e2018013, 2018 .

EL-MOOR LOUREIRO, L. M. A. **Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil**. Brasília: Universa, 1997. 156 p.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. et al. Zooplankton assemblages in eutrophic reservoirs of the Brazilian semi-arid. **Brazilian Journal Of Biology**, [s.l.], v. 73, n. 1, p.37-52, fev. 2013.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. et al. Composição da Comunidade Zooplanctônica em Reservatórios Eutróficos do Semi-árido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis**, [s.l.], v. 11, n. 03, p.410-421, dez. 2007.

HENRY-SILVA, G. H. G. et al. Primeiro registro de *Chara indica* e *Chara zeylanica* (Charophyceae, Charales, Characeae) em reservatórios do semiárido do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Biotemas**, [s.l.], v. 26, n. 3, p.243-248, 30 abr. 2013.

KOSTE, W. **Rotatoria die radertiere mitteleuropas**, Übeiordnung Monogononta. Berlim: Gebriider Bernträger, 1978. 1010 p.

PERBICHE-NEVES, G. et al. Zooplâncton. **Estudos de Biologia**, [s.l.], v. 34, n. 83, p.165-173, 27 nov. 2012.

MALTCHIK, L.; MEDEIROS, E. S. F. Conservation importance of semi-arid streams in north-eastern Brazil: implications of hydrological disturbance and species diversity. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, [s.l.], v. 16, n. 7, p.665-677, 2006.

GALVÃO, Â. M. F. **A comunidade zooplanctônica como bioindicadora do estado trófico de reservatórios em região semiárida tropical**. 2014. 36 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

ROCHA, W. S. **Diversidade e estrutura planctônica em ecossistemas aquáticos de uma região semiárida tropical: efeitos dos fatores ambientais e espaciais**. 2017. 91 f. Tese (Doutorado) - Doutorado em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

SANTOS-SILVA, E. N.; ROCHA, C. E. F.; BOXSHALL, G. A. Revisão das espécies do "complexo nordestinus" (Wright, 1935) de *Notodiaptomus* Kiefer, 1936 (Copepoda: Calanoida: Diaptomidae): versão revista e ampliada. **Biologia Geral e Experimental**, Manaus, v. 15, n. 1, p.1-117, 2015.

SILVA, A. C. A. **Avaliação ecotoxicológica do sedimento da bacia do rio Apodi-Mossoró utilizando espécies planctônicas e bentônicas**. 2017. 63 f. TCC (Graduação) - Graduação em Ecologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

SOUSA, W. et al. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. **Journal Of Plankton Research**, [s.l.], v. 30, n. 6, p.699-708, 28 fev. 2008.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VIEIRA, A. C. B. et al. Population dynamics of *Moina minuta* Hansen (1899), *Ceriodaphnia cornuta* Sars (1886), and *Diaphanosoma spinulosum* Herbst (1967) (Crustacea: Branchiopoda) in different nutrients (N and P) concentration ranges. **Acta Limnologica Brasiliensia**, [s.l.], v. 23, n. 1, p.48-56, 2011.



### CAPÍTULO 3

#### **PADRONIZAÇÃO DO CULTIVO DA ESPÉCIE *Ceriodaphnia cornuta* Sars (1885) PARA ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS SOB CONDIÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS DE AMBIENTES AQUÁTICOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

**RESUMO:** No Brasil existe uma lacuna de conhecimento na seleção e padronização de espécies nativas com potencial para uso na ecotoxicologia, sobretudo em regiões semiáridas. O uso de espécies zooplanctônicas autóctones com protocolos padronizados garante a confiabilidade e a reprodutibilidade dos mesmos, haja vista sua representatividade ecológica, que possibilita com mais eficiência antecipar e diagnosticar os efeitos nocivos de agentes tóxicos em ambientes aquáticos. Este trabalho teve como objetivo estabelecer um protocolo padronizado para o cultivo laboratorial e ensaios ecotoxicológicos com a espécie *Ceriodaphnia cornuta* em condições físicas e químicas semelhantes às de ambientes dulcícolas do semiárido brasileiro. Para tanto, foram realizadas amostragens da comunidade zooplanctônica nos reservatórios de Umari, Santa Cruz, Mendubim e Armando Ribeiro Gonçalves, localizados no estado do Rio Grande do Norte, para capturar, isolar e selecionar uma espécie de zooplâncton, fazendo uso de critérios ecotoxicológicos e levando em consideração a sua representatividade ecológica em ambientes aquáticos do semiárido. Posteriormente, foram estabelecidos e realizados testes ecotoxicológicos em diferentes faixas de pH, dureza, temperatura e luminosidade com base em na ecologia e biologia da espécie nativa e nas condições dos recursos hídricos da região semiárida brasileira, bem como adaptado de normas já padronizadas. Concluiu-se que o cultivo de *C. cornuta*, considerando-se condições semelhantes ao semiárido brasileiro, teve a maior sobrevivência e reprodução em água com pH entre 7,5 a 7,9, dureza de 66mg de CaCO<sub>3</sub>/L, temperatura de 25°C±2 e luminosidade entre 3000 a 3500lux. Portanto, a espécie nativa *C. cornuta* pode ser cultivada em condições semelhantes às do semiárido brasileiro, bem como utilizada como organismo-teste para análise da qualidade desses ambientes.

**Palavras-chaves:** Zooplâncton. *Ceriodaphnia cornuta*. Semiárido. Ecotoxicologia aquática.

#### **INTRODUÇÃO**

Para mensurar os danos causados aos organismos aquáticos, as análises químicas, que identificam as concentrações de compostos e são essenciais nos estudos de qualidade ambiental, isoladamente, possuem limitações, sobretudo por não oferecerem informações a respeito dos efeitos dessas substâncias na biota (BRACK, 2019; RODRIGUES; SILVA; SILVA, 2009). Assim, são imprescindíveis os estudos ecotoxicológicos porque há um consenso na ciência



que riscos ambientais não podem ser avaliados somente por análises puramente químicas, sendo necessário quantificar os efeitos destas concentrações na biota, ou seja, a ecotoxicidade (ALTENBURGER et al., 2019; SIDDIG et al., 2016; VOLATIER et al., 2009).

Diante disto, os estudos ecotoxicológicos são ferramentas mais adequadas para compreender os danos à biota aquática (LTENBURGER et al., 2019; SIDDIG et al., 2016; FARIAS, 2006). Os testes ecotoxicológicos têm por finalidade simular o efeito de substâncias na biota, por meio da exposição de organismos-teste, efluentes ou amostras ambientais e assim determinar sua toxicidade ou ausência desta (SAARISTO, 2018, ARAGÃO; ARAÚJO, 2006).

Há uma tendência de se utilizar espécies alóctones em estudos toxicológicos no Brasil usam espécies nativas de regiões temperadas (NÓBREGA, 2019; MANSANO et al., 2018; CAMPAGNA, 2005; CAMPAGNA, 2010; FARIAS; 2016; FREITAS; ROCHA, 2010). No entanto, é pertinente ressaltar a importância de também se realizar estudos com organismos aquáticos autóctones, como o zooplâncton *Ceriodaphnia cornuta*, visando testar espécies nativas que possam melhor representar os ecossistemas aquáticos tropicais (LACHER; GOLDSTEIN, 1997; DAAM; RICO, 2016). Assim, é evidente a demanda por mais estudos para se conhecer a sensibilidade e avaliar a aplicabilidade das espécies tropicais em estudos ecotoxicológicos (GUNNARSSON; CASTILLO, 2018).

O zooplâncton apresenta relevância ecológica no ecossistema aquático, uma vez que transfere matéria e energia entre os organismos produtores e consumidores (SETUBAL et al., 2020; MELO; MEDEIROS, 2013); por isso, é um dos pilares para a integridade ecológica (CHAI et al., 2017; TUNDISI, MATSUMURA, 2008; TORUAN et al, 2021;). Em especial, a ordem Cladocera se destaca pela sua alta sensibilidade e repostas imediatas às mudanças na condição ambiental (LEPPÄNEN, 2018; VIEIRA et al., 2011). Esta ordem está presente em diversos tipos de ambientes aquáticos e é largamente utilizada como organismo-teste em estudos relacionados à estresse ambiental (SUHETT, 2015). Além disso, possui estratégias específicas para as situações de estresse, como a diapausa que ajuda a enfrentar as estiagens prolongadas (CRISPIM; PAZ; WATANABE, 2014). Por isso, esta ordem consegue ser tão abundante em toda a região semiárida tornando-se ideal para uso em testes ecotoxicológicos e

de importância para a conservação. No entanto, é importante destacar que as condições físicas e químicas para cultivo conforme as normas padronizadas (pH 7,0-7,6; dureza 40-48 mg CaCO<sub>3</sub>/L; temperatura 25°C±2), são muito diferentes em relação às que as espécies nativas do semiárido estão expostas no ambiente (pH 7,8-8,5; dureza 54-78 mg CaCO<sub>3</sub>/L; temperatura 29-31°C) devido ao clima e a geomorfologia típica do semiárido brasileiro, esta região possui ambientes aquáticos com teores elevados de bicarbonato e carbonato, pH próximo ou acima de 8, além de valores elevados de dureza, condutividade e temperatura (BARBOSA et al., 2012).

Algumas espécies frequentemente dominam entre os cladóceros no nordeste brasileiro, sendo elas, *Ceriodaphnia cornuta*, *Diaphanosoma spinulosum* e *Moina micrura* (DINIZ et al., 2020; ROCHA, 2017; ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2013; SOUSA, 2008; ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2007). A primeira espécie, a *C. cornuta*, tem tamanho corporal menor que as demais, com rápido crescimento e maturação precoce (VILLALOBOS; GONZÁLEZ, 2006) e assim proporcionam respostas mais rápidas, com potencial para avaliar mais gerações em menor tempo. Possui também ampla distribuição nos ambientes tropicais e pode apresentar polimorfismo quando exposta a predação, onde um espinho encefálico é desenvolvido como estratégia de defesa (SERPE, 2008). Além disso, apresenta tolerância à fome e à escassez de nutrientes (BARBOSA et al., 2012), demonstrando sensibilidade equivalente à *Ceriodaphnia dubia* (exótica) e *Ceriodaphnia silvestrii* (nativa) (NÓBREGA, 2019; JACONETTI, 2005). Apesar da semelhante sensibilidade entre as espécies supracitadas, *C. cornuta* é habitualmente cultivada em condições físicas e químicas muito distintas às encontradas no semiárido brasileiro, conforme faixas citadas anteriormente. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo estabelecer um protocolo padronizado para o cultivo laboratorial e ensaios ecotoxicológicos com a espécie *Ceriodaphnia cornuta* em condições físicas e químicas semelhantes às de ambientes dulcícolas do semiárido.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Coleta dos espécimes de *C. cornuta*

Os espécimes de *C. cornuta* foram coletados conforme descrito no capítulo 2 nos reservatórios de Umari, Santa Cruz, Mendubim e Armando Ribeiro Gonçalves e armazenados em garrafas plásticas de material inerte. Em seguida, foram levados ao laboratório de Ecotoxicologia Aquática do Semiárido da UFERSA (LABETOX/UFERSA), onde permaneceram nos mesmos recipientes à temperatura de 25°C ( $\pm 2$ ).

### Manutenção do cultivo da espécie *Ceriodaphnia cornuta* em laboratório

A priori, a manutenção e cultivo da espécie *C. cornuta* foram realizados com base na média dos parâmetros físicos e químicos obtidos *in loco* nos reservatórios amostrados (Tabela 1) (dureza de 66mg de CaCO<sub>3</sub>/L; pH de 7,5 a 7,9; condutividade entre 200 a 300 $\mu$ S/cm; temperatura de 25°C ( $\pm 2$ ); fotoperíodo de 12 horas de luz; intensidade de 3500 lux), contemplando também os valores da norma NBR1337 (ABNT, 2017).

**Tabela 1.** Variáveis físicas e químicas mensuradas *in situ* nos reservatórios amostrados no Rio Grande do Norte, Brasil, no presente estudo.

| PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS       | SANTA CRUZ         | UMARI | ARMANDO RIBEIRO | MENDUBIM   |
|-------------------------------------|--------------------|-------|-----------------|------------|
| Transparência (m)                   | 1,2                | 1,1   | ND              | ND         |
| Condutividade mS/cm                 | 0,358*             | 0,203 | 0,257           | 0,192      |
| pH                                  | 8,1                | 7,8   | <b>8,5</b>      | 7,8        |
| OD (mg/L)                           | 7,7                | 7,1   | 9,6             | <b>5,0</b> |
| STD (mg/L)                          | 0,232*             | 0,132 | 0,167           | 0,136      |
| Turbidez (UNT)                      | 7,4                | 7,0   | 54,0*           | 10,9       |
| Temperatura (°C)                    | 31,0               | 31,8  | 31,0            | 29,4       |
| Dureza (mg de CaCO <sub>3</sub> /L) | 78                 | 54    | ND              | ND         |
| Luminosidade (lux)                  | Superior a 3000lux |       |                 |            |

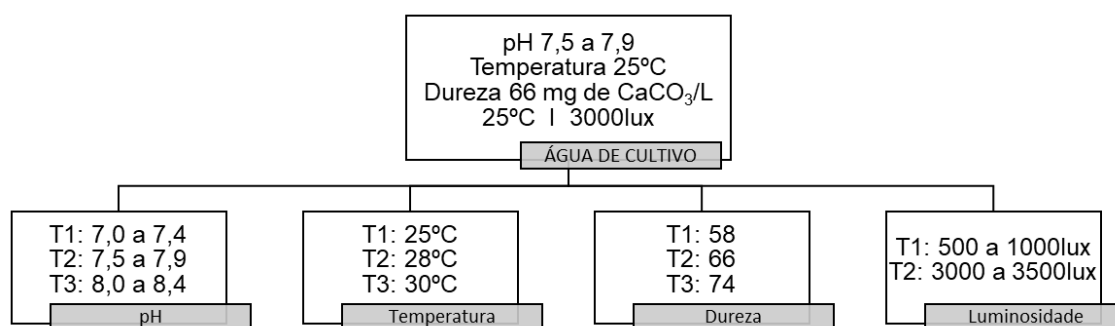
Legenda: ND – Não determinado; STD – Sólidos totais dissolvidos; OD – Oxigênio dissolvido; \* – Números díspares.

Para tanto, sessenta e cinco organismos adultos de *Ceriodaphnia cornuta* foram mantidos em béqueres de vidro com capacidade para um litro, sendo esta renovada a cada 2 dias. Os cultivos receberam como alimento a alga *Raphidocelis subcapitata* na quantidade de 1 a 5 x10<sup>6</sup> células por organismo e

1,0mL de alimento composto (ração de peixe TetraMin®) aerada por 7 dias em água destilada e fermento biológico NBR1337 (ABNT, 2017).

### Ensaio ecotoxicológicos com *Ceriodaphnia cornuta*

Foram testadas as faixas de pH (7,0 a 7,4; 7,5 a 7,9; 8,0 a 8,4), temperatura (25, 28 e 30°C), dureza (58, 66 e 74mg de CaCO<sub>3</sub>/L) e luminosidade (500 a 1000, 3000 a 3500 lux). Os ensaios de ecotoxicidade aguda e crônica foram feitos de modo em que somente uma variável era testada por vez, enquanto os demais parâmetros foram fixados de acordo com o do cultivo, conforme demonstra a Figura 1.



**Figura 1.** Diagrama com os tratamentos (T) realizados nos ensaios de ecotoxicidade aguda e crônica e os valores dos parâmetros físicos e químicos utilizados para a água de cultivo.

Os ensaios de ecotoxicidade aguda foram feitos com 4 réplicas para cada tratamento, com 5 organismos por réplica e ao final de 48 horas foi avaliada a imobilidade dos organismos NBR13373 (ABNT, 2017). Os ensaios de ecotoxicidade crônica foram feitos com 10 réplicas para cada tratamento, com 1 organismo por réplica e no final de 8 dias, a sobrevivência e reprodução dos organismos foram avaliadas. A alimentação diária foi fornecida conforme citado anteriormente no cultivo padrão. Tanto nos controles quanto nos testes, a água e alimentação foi renovada a cada 48 horas. Ambos os ensaios foram realizados com base nas orientações da norma NBR13373 (ABNT, 2017). Os resultados foram considerados válidos se, no término do período de ensaio, ensaios de ecotoxicidade aguda possuíam até 10% de mortalidade no controle e nos

ensaios de ecotoxicidade crônica de pelo menos 80% de sobrevivência no controle.

### **Estudo geracional de *Ceriodaphnia cornuta***

Para verificar efeitos a longo prazo na sobrevivência e reprodução de *C. cornuta*, duas gerações da espécie foram avaliadas até o 14º dia de vida quando cultivadas em condições que foram consideradas ótimas nos experimentos anteriores: pH de 7,5 a 7,9, dureza 66mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , condutividade de 200 a 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ , luminosidade de 3000 lux e em temperatura de 25°C. Para tanto, duas réplicas contendo 1L de água com 30 organismos adultos de *Ceriodaphnia cornuta* em cada, foram mantidos por 14 dias e, posteriormente, as neonatas provenientes destas fêmeas com 14 dias de vida foram utilizadas para iniciar o cultivo da segunda geração. A cada 3 dias, o número de adultos e neonatas presentes nos cultivos foram contabilizados. A água de cultivo e alimentação foram renovados (alga *R. subcapitata* e alimento composto) a cada 3 dias (ABNT, 2017).

### **Análise estatística**

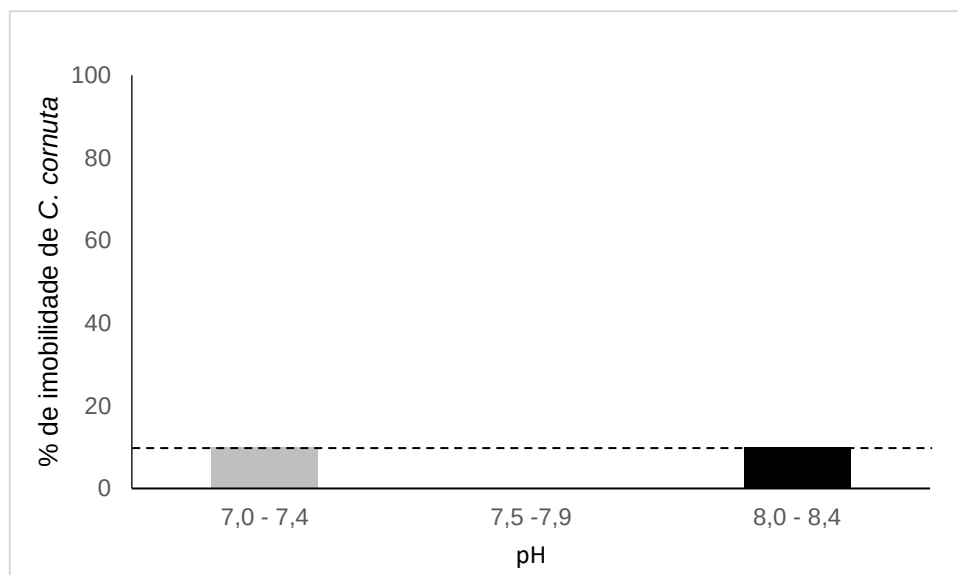
Os diferentes tratamentos dos parâmetros avaliados (pH, dureza, temperatura e luminosidade), tanto em ensaios de ecotoxicidade aguda quanto crônica, foram comparados entre si por meio de ANOVA paramétrica (teste de Tukey), quando os dados apresentassem distribuição normal e fossem homocedásticos e em caso negativo de alguns destes critérios, foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Todas as análises foram realizadas por meio do software Toxstat 3.5.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

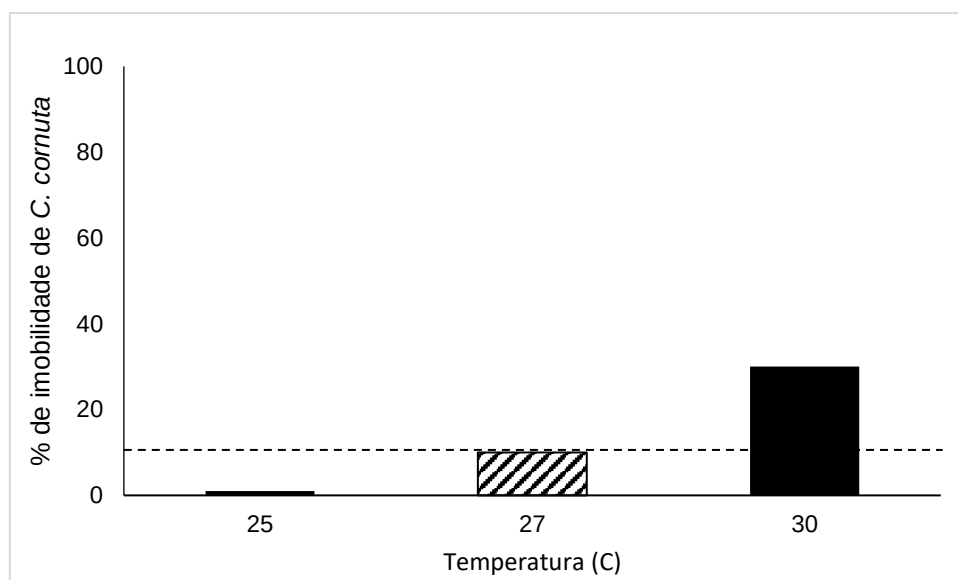
### **TESTES DE ECOTOXICIDADE AGUDA**

Não foi observado efeito agudo significativo ( $p>0,05$ ) em *Ceriodaphnia cornuta* para nenhum dos parâmetros físicos e químicos testados (Figura 2 e 3).

Dentre eles, não houve imobilidade (0%) para dureza e luminosidade. Para a variável temperatura, houve toxicidade para o tratamento a 30°C com a porcentagem de imobilidade de 30%.



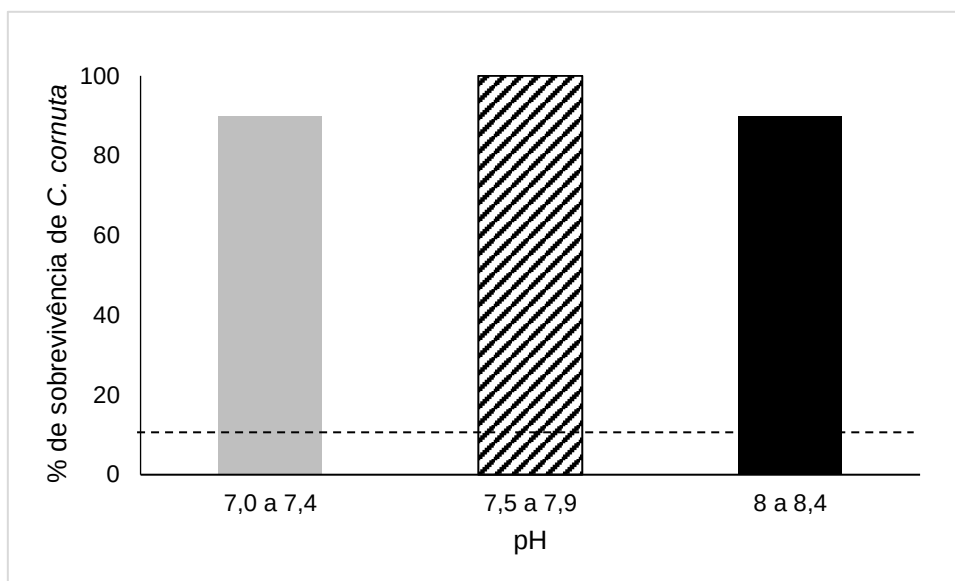
**Figura 2.** Resultado do teste de ecotoxicidade aguda em diferentes valores de pH utilizando *C. cornuta* como organismo-teste. Legenda: Linha tracejada – limite do critério de validação.



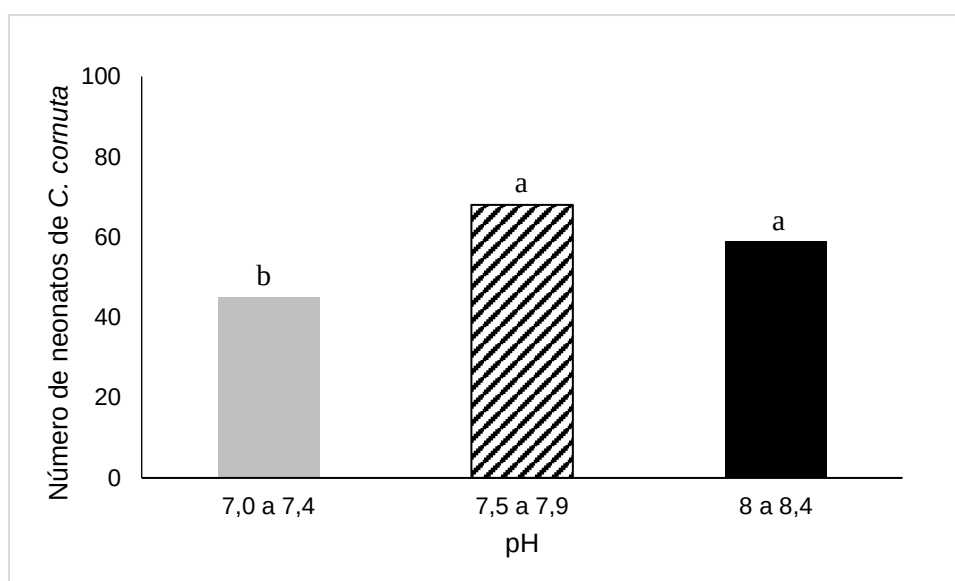
**Figura 3.** Resultado do teste de ecotoxicidade aguda em diferentes níveis de temperatura (°C) utilizando *C. cornuta* como organismo-teste. Legenda: Linha tracejada – limite do critério de validação.

## TESTES DE ECOTOXICIDADE CRÔNICA

Em relação as faixas de pH testadas, não houve diferença significativa e ecotoxicidade crônica quanto a sobrevivência dos organismos ( $p>0,05$ ) (Figura 4). No entanto, a reprodução dos organismos expostos ao pH de 7,0 a 7,4 foi significativamente ( $p<0,05$ ) menor (45 neonatos) quando comparado a faixa de 7,5 a 7,9 (68 neonatos) e 8,0 a 8,4 (59 neonatos) (Figura 5).

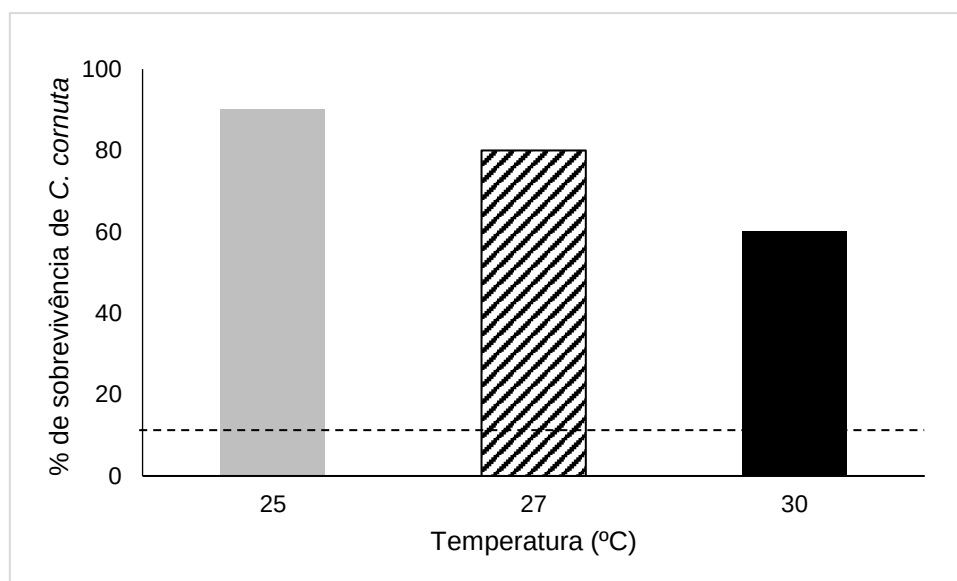


**Figura 4.** Resultado do teste de ecotoxicidade crônica (sobrevivência) em diferentes valores de pH utilizando *C. cornuta* como organismo-teste. Legenda: Linha tracejada – limite do critério de validação.

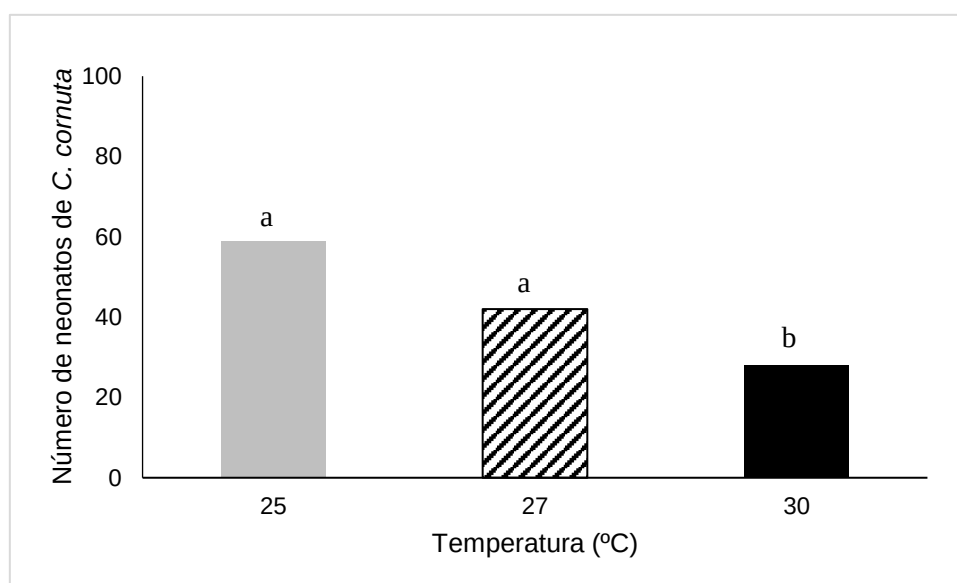


**Figura 5.** Resultado do teste de ecotoxicidade crônica (reprodução) em diferentes valores de pH utilizando *C. cornuta* como organismo-teste. Letras distintas indicam diferenças significativas. Legenda: Linha tracejada – limite do critério de validação.

Quanto à temperatura, não foi observada diferença significativa ( $p>0,05$ ) na sobrevivência dos organismos entre os tratamentos (Figura 6). No entanto, o tratamento com 30°C foi considerado tóxico segundos os critérios de validação. A reprodução das fêmeas foi significativamente menor ( $p<0,05$ ) na temperatura de 30°C (28 neonatos) comparado ao tratamento de 25°C, sendo esta a temperatura com maior número de neonatos desse teste (59 neonatos) (Figura 7).



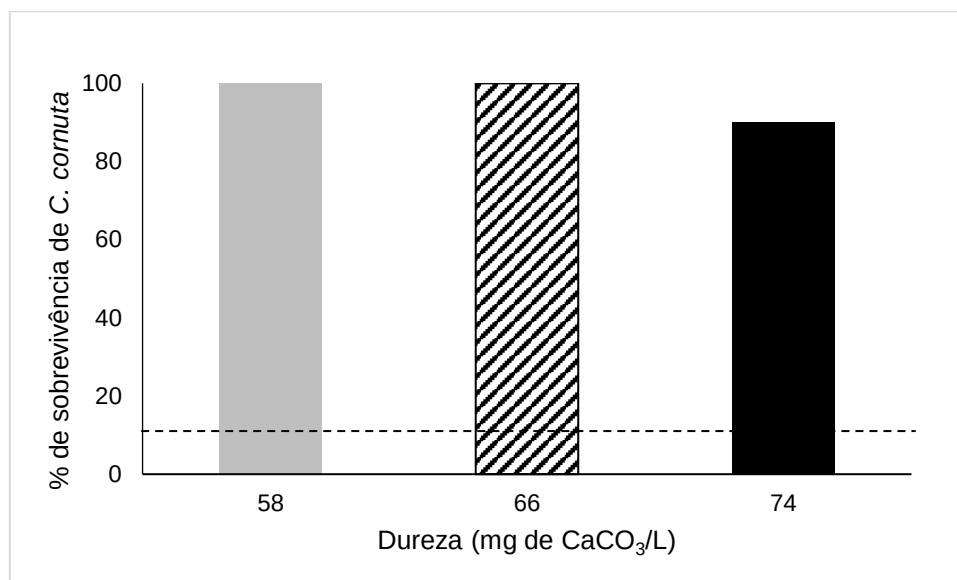
**Figura 6.** Resultado do teste de toxicidade crônica (sobrevivência) em diferentes níveis de temperatura utilizando *C. cornuta* como organismo-teste. Legenda: Linha tracejada – limite do critério de validação.



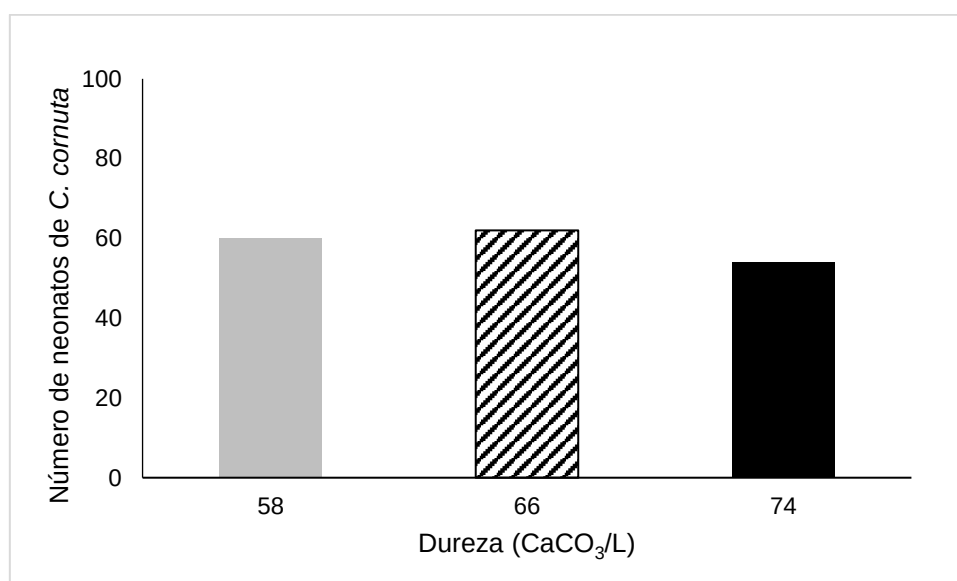
**Figura 7.** Resultado do teste de ecotoxicidade crônica (reprodução) em diferentes níveis de temperatura utilizando *C. cornuta* como organismo-teste. Letras distintas indicam diferenças significativas. Legenda: Linha tracejada – limite do critério de validação.



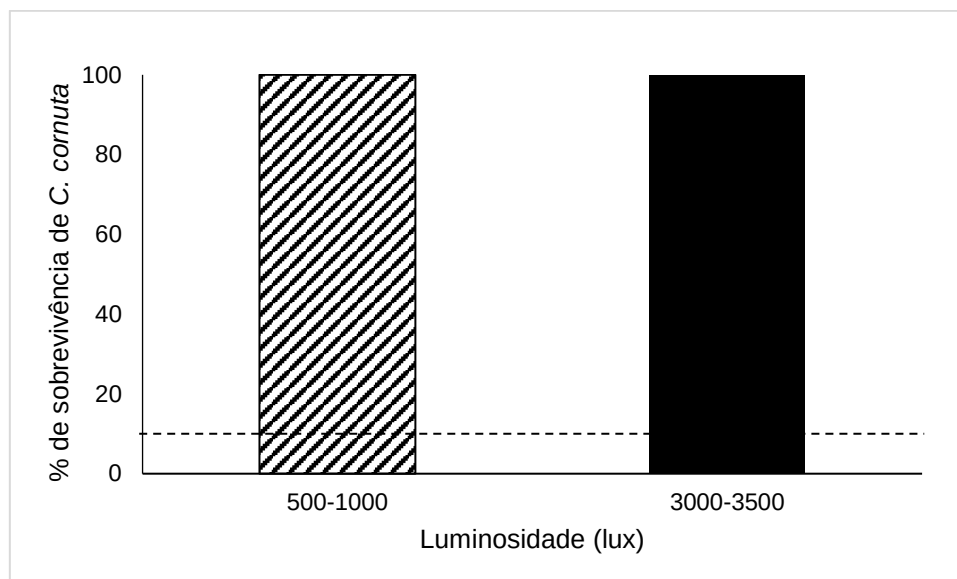
No que se refere a dureza, tanto a sobrevivência quanto a reprodução não tiveram diferença significativa entre os tratamentos e nem toxicidade ( $p>0,05$ ) (Figuras 8 e 9). Esse mesmo padrão ocorreu quando os organismos foram expostos em dois níveis intensidades de luminosidade, sendo que nenhuma diferença significativa foi constatada ( $p>0,05$ ) (Figuras 10 e 11).



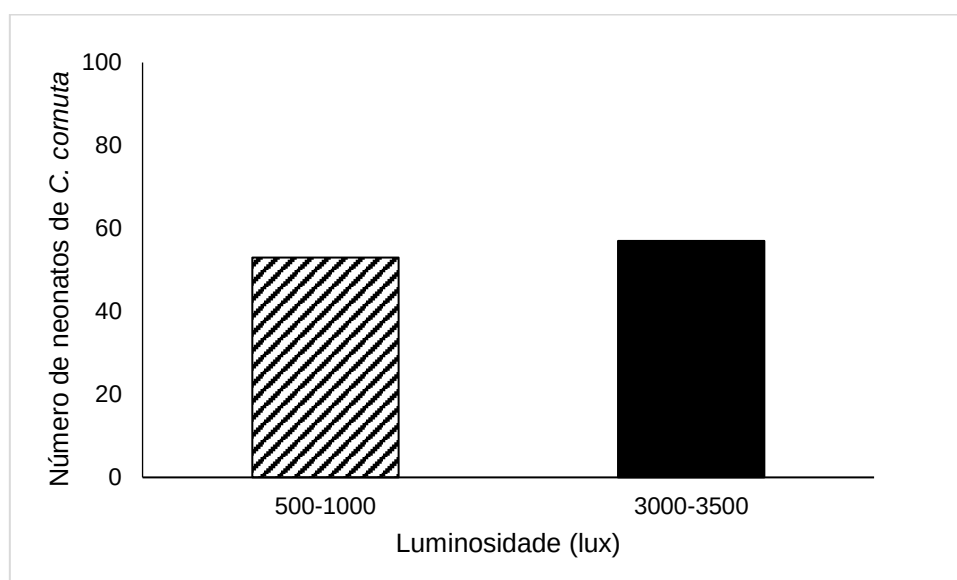
**Figura 8.** Resultado do teste de ecotoxicidade crônica (sobrevivência) em diferentes valores de dureza utilizando *C. cornuta* como organismo-teste. Legenda: Linha tracejada – limite do critério de validação.



**Figura 9.** Resultado do teste de ecotoxicidade crônica (reprodução) em diferentes valores de dureza utilizando *C. cornuta* como organismo-teste. Legenda: Linha tracejada – limite do critério de validação.



**Figura 10.** Teste de ecotoxicidade crônica (sobrevivência) com diferentes intensidades de luminosidade utilizando *C. cornuta* como organismo-teste. Legenda: Linha tracejada – limite do critério de validação.



**Figura 11.** Resultado do teste de ecotoxicidade crônica (reprodução) com diferentes intensidades de luminosidade utilizando *C. cornuta* como organismo-teste. Legenda: Linha tracejada – limite do critério de validação.

Os resultados dos testes ecotoxicológicos mostraram que os valores testados de pH e temperatura tiveram maior influência na sobrevivência e reprodução de *C. cornuta* do que as demais variáveis, como a dureza e luminosidade.

Em relação ao pH nos testes de toxicidade aguda, as faixas testadas não causaram imobilidade significativa entre os tratamentos. Esse mesmo resultado foi observado para a sobrevivência dos organismos no teste de ecotoxicidade crônica. Contudo, houve diferença expressiva quanto a reprodução das fêmeas entre os tratamentos. O número de neonatos nascidos na faixa de pH 7,0 a 7,4 foi significativamente menor quando comparado as faixas de 7,5-7,9 e 8,0-8,4, indicando que valores mais altos de pH podem ser melhores para o cultivo da espécie em condições semelhantes às do semiárido. Como demonstrado no capítulo 2, *C. cornuta* foi a segunda espécie com maior densidade nos reservatórios amostrados e todos eles apresentaram pH igual ou acima de 7,8. Esses valores são similares aos presentes na região semiárida, onde as águas são comumente encontradas com pH próximo ou acima de 8 (BARBOSA et al., 2012). Outros trabalhos avaliaram o ciclo de vida de *C. cornuta* em valores mais baixos de pH, entre 6,4 (RIBEIRO, 2011) e 6,5 (NÓBREGA, 2019) e obtiveram 34 e 42 neonatos por fêmea ao longo de 20 dias.

Quanto a variável temperatura, não houve diferença significativa na porcentagem de imobilidade dos organismos expostos no teste de ecotoxicidade aguda mas apresentou toxicidade acima dos critérios de validação. Também não ocorreu diferença na porcentagem de sobrevivência entre os tratamentos. No entanto, a reprodução das fêmeas expostas a 25°C foi significativamente maior quando comparado ao tratamento com 30°C. Apesar dessa temperatura ser semelhante ao encontrado na água dos reservatórios, esse valor expressa a temperatura apenas do período diurno, onde a mesma atinge sua máxima. Assim, os resultados podem indicar que a espécie tolera temperaturas mais altas, mas sua reprodução tem maior desempenho em temperaturas mais baixas. Esse resultado é corroborado com demais experimentos presentes na literatura, que avaliaram a reprodução de *C. cornuta* em 20°C e observaram uma média de aproximadamente 2 a 4 neonatos/fêmea/dia (SERPE, 2008). Em contraste, quando expuseram a espécie a 30°C (PÉREZ-LEGASPI, 2015) se

obteve cerca 1 a 2 neonatos/fêmeas/dia, no entanto, esse último trabalho também observou uma taxa de reprodução em temperaturas entre 20 a 25°C.

Em relação a dureza, não foi verificada ecotoxicidade aguda nem crônica e não foi detectada diferença significativa na sobrevivência e reprodução dos organismos entre os tratamentos. Outros trabalhos cultivaram *C. cornuta* em durezas mais baixas, em 32 a 36 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  (RIBEIRO, 2011) e 44 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  (NÓBREGA, 2019) e o número total de neonatos ao longo de 20 dias foram 34 e 44 indivíduos, respectivamente. Dehui (1989) em seu estudo expôs a *C. cornuta* em 103-110 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  e como resultado obteve um total de 49 neonatos ao longo de 19 dias, que é um número próximo a esse e demais trabalhos citados. Portanto, uma possibilidade é que a dureza pode não ser uma variável determinante como as demais para o cultivo de *C. cornuta* ou ainda que espécie tenha uma faixa ótima maior do que a testada nesse trabalho.

Similar aos resultados avaliando diferentes durezas, para a variável luminosidade não houve diferença significativa na imobilidade, sobrevivência e reprodução nos testes realizados. As faixas de luminosidade 500-1000 e 3000-3500lux tiveram a mesma influência sobre *C. cornuta* e com isso, pode-se inferir que o aumento na luminosidade para níveis presentes na região semiárida (~3000lux) não interfere nos parâmetros biológicos da espécie. Uma possibilidade é que as horas de luz por dia sejam mais relevantes para a espécie do que a intensidade de luz.

No que se refere aos cultivos realizados com os valores de parâmetros físicos e químicos que resultaram em maior sobrevivência e reprodução em testes anteriores; a longevidade e reprodução da segunda geração de *C. cornuta* não diferiu da sua geração ascendente (Tabela 2). Os demais trabalhos publicados com *C. cornuta* (NÓBREGA, 2019; PÉREZ-LEGASPI, 2015; RIBEIRO, 2011; SERPE, 2008) evidenciam resultados similares quanto a sobrevivência mesmo em condições diferentes de cultivo, o que justifica sua ampla tolerância em ambientes além do semiárido. Em comparação as outras espécies do gênero *Ceriodaphnia* spp (ABNT, 2017), foi observado um número menor de neonatos, no entanto, isso pode ser explicado pelo seu tamanho corporal reduzido em relação as demais espécies (RIBEIRO, 2011).

**Tabela 2.** Análise geracional de *C. cornuta* em cultivos realizados com os valores de parâmetros físicos e químicos que resultaram em maior sobrevivência e reprodução em testes de ecotoxicidade aguda e crônica realizados anteriormente.

| PRIMEIRA GERAÇÃO |         |                             |
|------------------|---------|-----------------------------|
| Dia              | Adultas | Média de neonatos/fêmea/dia |
| 1                | 100%    | 0                           |
| 4                | 100%    | 0                           |
| 7                | 100%    | 2,7                         |
| 10               | 98%     | 2,5                         |
| 14               | 98%     | 2,8                         |
| SEGUNDA GERAÇÃO  |         |                             |
| 1                | 100%    | 0                           |
| 4                | 100%    | 0                           |
| 7                | 98%     | 2,7                         |
| 10               | 98%     | 2,9                         |
| 14               | 98%     | 2,9                         |

## CONCLUSÃO

Diante dos resultados expostos, conclui-se que o cultivo de *C. cornuta*, em condições físicas e químicas semelhantes aos ambientes aquáticos do semiárido brasileiro é possível e satisfatório, demonstrando possibilidade de uso da espécie em ensaios ecotoxicológicos nestas condições padronizadas para avaliar a qualidade da água desses ecossistemas semiáridos.

As condições mais adequadas foram em água com pH entre 7,5 a 7,9, dureza 66mg de CaCO<sub>3</sub>/L, temperatura de 25°C e luminosidade entre 3000 a 3500lux, onde a sobrevivência e reprodução foram ótimas e atenderam aos critérios de validação para ensaios ecotoxicológicos.

## PERSPECTIVAS

Apesar dos resultados promissores obtidos, é imprescindível que sejam realizados novos experimentos para avaliar os efeitos destas condições a longo prazo, analisando-se mais gerações e comparando-se a sensibilidade de *C. cornuta* com as demais espécies do gênero *Ceriodaphnia* spp.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESSA, D. M. S.; SOUSA, E. C. P. M.; TOMMASI, L. R. Utilização de testes de toxicidade na avaliação da qualidade de sedimentos marinhos. **Revista de Geologia**, [s. l.], v. 19, n. 2, p.253-261, jun. 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (Brasil); COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia nacional de coleta de preservação de amostras**: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília, DF: ANA; São Paulo: CETESB, 2011. 326 p.

ALTENBURGER, R. et al. Future water quality monitoring: improving the balance between exposure and toxicity assessments of real-world pollutant mixtures. **Environmental Sciences Europe**, vol. 31, no 1, fevereiro de 2019, p. 12.

ARAGÃO, M. A.; ARAÚJO, R. A. Métodos de ensaios de toxicidade com organismos aquáticos. In: A ZAGATTO, Pedro; BERTOLETTI, Eduardo (Ed.). **Ecotoxicologia Aquática - Princípios e Aplicações**. São Paulo: Rima, 2006.p. 153-184.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12713: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* spp (Crustacea, Cladocera). Rio de Janeiro: Abnt, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13373: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia*spp (Crustacea, Cladocera). Rio Janeiro: Abnt, 2017.

AZEVEDO, Daniele Jovem da Silva. **Reservatórios no semiárido e sua avaliação ecológica**: dos padrões ambientais e biológicos à elaboração de ferramenta de suporte à reabilitação. 2018. 230 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

BARBOSA, J. E. L. et al. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, [s.l.], v. 24, n. 1, p.103-118, 4 set. 2012.

BRACK, W. et al. Effect-based methods are key. The European Collaborative Project SOLUTIONS recommends integrating effect-based methods for diagnosis and monitoring of water quality. **Environmental Sciences Europe**, vol. 31, no 1, fevereiro de 2019, p. 10.

CABRAL, C. R. **Padrões de diversidade  $\alpha$  (alfa) e  $\beta$  (beta) zooplanctônica em lagos tropicais: a importância da estrutura do habitat e da identidade das espécies**.2005. 115 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Ecologia, Camila Rodrigues Cabral, Natal, 2015.

CAMPAGNA, A. F. Estudos limnológicos e ecotoxicológicos da bacia do Alto Jacaré-Guaçu com ênfase no desenvolvimento de sedimentos artificiais para avaliação da toxicidade do cromo. 2010. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

CAMPAGNA, A. F. Toxicidade dos sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho (São Carlos - SP): ênfase nas substâncias cobre, aldrin e heptacloro. 2005. 268 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

CHAI, Xiaoli, et al. Ecosystem Activation System (EAS) Technology for Remediation of Eutrophic Freshwater. **Scientific Reports**, vol. 7, no 1, dezembro de 2017, p. 4818.

COSTA, C. R. et al. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, p. 1820-1830, 2008.

CRISPIM, M. C.; PAZ, R. J.; WATANABE, T. Ecological succession of zooplankton species in a temporary river in a semiarid region of Brazil. **Brazilian Journal Of Biological Sciences**, [s.l.], v. 1, n. 2, p.51-58, 2014.

DAAM, M. A.; RICO, A. Freshwater shrimps as sensitive test species for the risk assessment of pesticides in the tropics. **Environmental Science And Pollution Research**, [s.l.], v. 25, n. 14, p.13235-13243, 17 ago. 2016.

DEHUI, Z. Growth, reproduction and population growth of *Ceriodaphniacornutasars* and comparison of 7-day fecundity with *Ceriodaphniadubiarichard*. **Chin. J. Oceanol. Limnol.**, [S. L.], v. 7, n. 2, p. 115-111, maio 1989.

DINIZ, L. P. et al. Distribution of planktonic microcrustaceans (Cladocera and Copepoda) in lentic and lotic environments from the semiarid region in northeastern Brazil. **Iheringia**, Sér. Zool., Porto Alegre, v. 110, e2020002, 2020.

DOMINGUES, D. F.; BERTOLETTI, E. Seleção, manutenção e cultivo de organismos aquáticos. In: A ZAGATTO, Pedro; BERTOLETTI, Eduardo (Ed.). **Ecotoxicologia Aquática - Princípios e Aplicações**. São Paulo: Rima, 2006. p. 153-184.

EL-MOOR LOUREIRO, L. M. A. **Manual de Identificação de Cladóceros Límnico do Brasil**. Brasília: Universa, 1997. 156 p.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. et al. Zooplankton assemblages in eutrophic reservoirs of the Brazilian semi-arid. **Brazilian Journal Of Biology**, [s.l.], v. 73, n. 1, p.37-52, fev. 2013.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. et al. Composição da Comunidade Zooplanctônica em Reservatórios Eutróficos do Semi-árido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis**, [s.l.], v. 11, n. 03, p.410-421, dez. 2007.

FARIAS, J. F., et al. “Gestão dos recursos hídricos no Rio Grande do Norte”. *Confins*, nº 34, março de 2018.

FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo**. 2006. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

FREITAS, E. C.; ROCHA, O. Acute Toxicity Tests with the Tropical Cladoceran *Pseudosidaramosa*: The Importance of Using Native Species as Test Organisms. **Archives Of Environmental Contamination And Toxicology**, [s.l.], v. 60, n. 2, p.241-249, 13 maio 2010.

GUNNARSSON, J. S.; CASTILLO, L. E. Ecotoxicology in tropical regions. **Environmental Science And Pollution Research**, [s.l.], v. 25, n. 14, p.13203-13206, 24 abr. 2018.

JACONETTI, P. C. M. **Validação de ensaios ecotoxicológicos com organismos autóctones - *Daphnia laevis* e *Ceriodaphnia silvestrii***. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2005.

LACHER, T. E.; GOLDSTEIN, M. I. Tropical ecotoxicology: Status and needs. **Environmental Toxicology And Chemistry**, [s.l.], v. 16, n. 1, p.100-111, jan. 1997.

LEPPÄNEN, J. J. “An Overview of Cladoceran Studies Conducted in Mine Water Impacted Lakes”. *International Aquatic Research*, vol. 10, no 3, setembro de 2018, p. 207–21.

MAGALHÃES, D. P.; FERRÃO-FILHO, A. S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Australis**, [s.l.], v. 12, n. 03, p.355-381, out. 2008.

MANSANO, A. S., et al. “Acute and Chronic Toxicity of Diuron and Carbofuran to the Neotropical Cladoceran *Ceriodaphnia silvestrii*”. **Environmental Science and Pollution Research**, vol. 25, no 14, maio de 2018, p. 13335–46.

MELO, T. X.; MEDEIROS, E. F. Spatial Distribution of Zooplankton Diversity across Temporary Pools in a Semiarid Intermittent River. **International Journal Of Biodiversity**, [s.l.], v. 2013, p.1-13, 12 jun. 2013.

NÓBREGA, T. F. **Uso de espécies nativas em ensaios ecotoxicológicos para avaliar a qualidade de água e sedimento da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, RN**. 2019. 146 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

PÉREZ-LEGASPI, I. A. Influence of temperature and food type on the life history. **Investigación y Ciencia**, [S. L.], v. 1, n. 64, p. 11-18, jun. 2015.



POSTHUMA, Leo. et al. "Chemical Pollution Imposes Limitations to the Ecological Status of European Surface Waters". *Scientific Reports*, vol. 10, no 1, setembro de 2020.

RIBEIRO, M. M. **O potencial de CeriodaphniacornutaSars (1885) farigaudi como organismo-teste em estudos ecotoxicológicos: uma comparação congênere**. 2011. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

ROCHA, W. S. **Diversidade e estrutura planctônica em ecossistemas aquáticos de uma região semiárida tropical: efeitos dos fatores ambientais e espaciais**. 2017. 91 f. Tese (Doutorado) - Doutorado em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

RODRIGUES, D. O.; SILVA, S. L. R.; SILVA, M. S. R. Avaliação ecotoxicológica preliminar das águas das bacias hidrográficas dos rios Tarumã, São Raimundo e Educandos. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 935-942, 2009.

SAARISTO, M. et al. Direct and Indirect Effects of Chemical Contaminants on the Behaviour, Ecology and Evolution of Wildlife". *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 285, no 1885, agosto de 2018.

SCHUIJT, L. M., et al. (Eco)Toxicological Tests for Assessing Impacts of Chemical Stress to Aquatic Ecosystems: Facts, Challenges, and Future. *Science of The Total Environment*, vol. 795, novembro de 2021, p. 148776.

SERPE, F. R. **Efeitos da presença de predadores sobre Ceriodaphnia cornuta em condições de laboratório**. 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

SETUBAL, Rayanne, et al. Zooplankton Secondary Production: Main Methods, Overview and Perspectives from Brazilian Studies. *International Aquatic Research*, vol. 12, no 2, junho de 2020.

SIDDIG, Ahmed A. H., et al. How Do Ecologists Select and Use Indicator Species to Monitor Ecological Change? Insights from 14 Years of Publication in Ecological Indicators. **Ecological Indicators**, vol. 60, janeiro de 2016, p. 223–30. ScienceDirect, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.036>.

SOUSA, W. et al. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. **Journal Of Plankton Research**, [s.l.], v. 30, n. 6, p.699-708, 28 fev. 2008.

SUHETT, A. L. et al. An overview of the contribution of studies with cladocerans to environmental stress research. **Acta Limnol. Bras.**, Rio Claro, v. 27, n. 2, p. 145-159, June 2015.

TALLINI, K. et al. Estabelecimento de Protocolo de Avaliação de Risco Ecológico em Ambiente Aquático tendo o Programa de Monitoramento do Rio Jacuí, São Jerônimo (RS). **Journal Of The Brazilian Society Of Ecotoxicology**, [s.l.], v. 7, p.55-63, 7 maio 2012.

TORUAN, R. L. et al. "Response of Zooplankton Size Structure to Multiple Stressors in Urban Lakes". *Water*, vol. 13, no 16, janeiro de 2021, p. 2305.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VIEIRA, A. C. B. et al. Population dynamics of *Moina* minuta Hansen (1899), *Ceriodaphnia cornuta* Sars (1886), and *Diaphanosoma pulex* Herbst (1967) (Crustacea: Branchiopoda) in different nutrients (N and P) concentration ranges. **Acta Limnol. Bras.**(Online), Rio Claro, v. 23, n. 1, p. 48-56, mar. 2011.

VILLALOBOS, M. J.; GONZÁLEZ, E. J. Studies on the biology and ecology of *Ceriodaphnia cornuta* Sars: A review. **Interciencia**, [S. L.], v. 31, n. 5, p. 351-357, maio 2007.

VOLATIER, L. et al. Benefits and limits of sediment toxicity tests as an aid to decision-making. **Environmental Technology**, [s.l.], v. 30, n. 8, p.865-870, jul. 2009.

## ANEXOS

TESTES DE TOXICIDADE AGUDA COM *Ceriodaphnia cornuta***pH**

| pH        | R1 | R2 | R3 | R4 | Total de imóveis |
|-----------|----|----|----|----|------------------|
| 7,0 - 7,4 | 1  | 0  | 0  | 0  | 1                |
| 7,5 - 7,9 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                |
| 8,0 - 8,4 | 0  | 1  | 0  | 0  | 1                |

**Temperatura**

| Temperatura | R1 | R2 | R3 | R4 | Total de imóveis |
|-------------|----|----|----|----|------------------|
| 25°C        | 1  | 0  | 0  | 0  | 1                |
| 28°C        | 0  | 1  | 0  | 1  | 1                |
| 30°C        | 2  | 1  | 0  | 0  | 3                |

**Dureza (mg de CaCO<sub>3</sub>/L)**

| Dureza | R1 | R2 | R3 | R4 | Total de imóveis |
|--------|----|----|----|----|------------------|
| 58     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                |
| 66     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                |
| 74     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                |

**Luminosidade**

| Dureza         | R1 | R2 | R3 | R4 | Total de imóveis |
|----------------|----|----|----|----|------------------|
| 500 a 1000lux  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                |
| 3000 a 3500lux | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                |

TESTES DE TOXICIDADE CRÔNICA COM *Ceriodaphnia cornuta***pH**

- Sobrevivência

|                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |       |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-------|
| <b>pH 7,0 a 7,4</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |       |
| Sobrevivência       | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | Total |
|                     | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 9     |
| <b>pH 7,5 a 7,9</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |       |
| Sobrevivência       | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | Total |
|                     | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 10    |
| <b>pH 8 a 8,4</b>   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |       |
| Sobrevivência       | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | Total |
|                     | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 9     |

## - Reprodução

**pH 7,0 a 7,4**

|          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |             |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|
| Neonatos | R1<br>5 | R2<br>4 | R3<br>1 | R4<br>5 | R5<br>5 | R6<br>6 | R7<br>4 | R8<br>4 | R9<br>5 | R10<br>6 | Total<br>45 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|

**pH 7,5 a 7,9**

|               |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |             |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|
| Sobrevivência | R1<br>7 | R2<br>8 | R3<br>7 | R4<br>6 | R5<br>7 | R6<br>6 | R7<br>7 | R8<br>6 | R9<br>7 | R10<br>7 | Total<br>68 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|

**pH 8 a 8,4**

|               |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |             |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|
| Sobrevivência | R1<br>6 | R2<br>6 | R3<br>7 | R4<br>0 | R5<br>8 | R6<br>6 | R7<br>6 | R8<br>7 | R9<br>6 | R10<br>7 | Total<br>59 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|

**Temperatura**

## - Sobrevivência

**25°C**

|               |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |            |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------------|
| Sobrevivência | R1<br>1 | R2<br>1 | R3<br>1 | R4<br>1 | R5<br>0 | R6<br>1 | R7<br>1 | R8<br>1 | R9<br>1 | R10<br>1 | Total<br>9 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------------|

**28°C**

|               |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |            |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------------|
| Sobrevivência | R1<br>1 | R2<br>1 | R3<br>1 | R4<br>0 | R5<br>1 | R6<br>1 | R7<br>0 | R8<br>1 | R9<br>1 | R10<br>1 | Total<br>8 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------------|

**30°C**

|               |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |            |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------------|
| Sobrevivência | R1<br>0 | R2<br>1 | R3<br>1 | R4<br>1 | R5<br>0 | R6<br>1 | R7<br>0 | R8<br>1 | R9<br>0 | R10<br>1 | Total<br>6 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------------|

## - Reprodução

**25°C**

|          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |             |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|
| Neonatos | R1<br>7 | R2<br>8 | R3<br>5 | R4<br>7 | R5<br>2 | R6<br>0 | R7<br>7 | R8<br>7 | R9<br>8 | R10<br>8 | Total<br>59 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|

**28°C**

|          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |             |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|
| Neonatos | R1<br>5 | R2<br>6 | R3<br>5 | R4<br>0 | R5<br>5 | R6<br>5 | R7<br>6 | R8<br>0 | R9<br>3 | R10<br>7 | Total<br>42 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|

**30°C**

|          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |             |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|
| Neonatos | R1<br>0 | R2<br>4 | R3<br>4 | R4<br>5 | R5<br>0 | R6<br>5 | R7<br>2 | R8<br>4 | R9<br>0 | R10<br>4 | Total<br>28 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|

**Dureza**

## - Sobrevivência

**58 mg de CaCO<sub>3</sub>/L**

|               |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |             |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|
| Sobrevivência | R1<br>1 | R2<br>1 | R3<br>1 | R4<br>1 | R5<br>1 | R6<br>1 | R7<br>1 | R8<br>1 | R9<br>1 | R10<br>1 | Total<br>10 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|

**66 mg de CaCO<sub>3</sub>/L**

|               | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | Total |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-------|
| Sobrevivência | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 10    |

**74 mg de CaCO<sub>3</sub>/L**

|               | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | Total |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-------|
| Sobrevivência | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 9     |

**- Reprodução****56 mg de CaCO<sub>3</sub>/L**

|          | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | Total |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-------|
| Neonatos | 7  | 7  | 5  | 6  | 6  | 2  | 6  | 7  | 6  | 8   | 60    |

**66 mg de CaCO<sub>3</sub>/L**

|          | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | Total |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-------|
| Neonatos | 7  | 5  | 7  | 5  | 5  | 6  | 8  | 6  | 7  | 6   | 62    |

**74 mg de CaCO<sub>3</sub>/L**

|          | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | Total |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-------|
| Neonatos | 0  | 6  | 5  | 6  | 7  | 6  | 6  | 6  | 5  | 7   | 54    |

**Luminosidade****- Sobrevivência****500 a 1000lux**

|               | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | Total |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-------|
| Sobrevivência | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 10    |

**3000 a 3500lux**

|               | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | Total |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-------|
| Sobrevivência | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 10    |

**- Reprodução****500 a 1000lux**

|          | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | Total |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-------|
| Neonatos | 5  | 4  | 6  | 5  | 4  | 5  | 7  | 4  | 7  | 6   | 53    |

**3000 a 3500lux**

|          | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | Total |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-------|
| Neonatos | 7  | 5  | 6  | 6  | 5  | 4  | 7  | 6  | 5  | 6   | 57    |