



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA

ÂNGELA MARÍLIA FREITAS GALVÃO

**A COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA COMO BIOINDICADORA DO
ESTADO TRÓFICO DE RESERVATÓRIOS EM REGIÃO SEMIÁRIDA
TROPICAL**

**NATAL
2014**

ÂNGELA MARÍLIA FREITAS GALVÃO

A COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA COMO BIOINDICADORA DO ESTADO
TRÓFICO DE RESERVATÓRIOS EM REGIÃO SEMIÁRIDA TROPICAL

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da
Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
como requisito à obtenção do título de Mestre
em Engenharia Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Mattos
Co-Orientadora: Profa. Dra. Vanessa Becker

Natal 2014

UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede.

Catálogo da Publicação na Fonte.

Galvão, Ângela Marília Freitas.

A comunidade zooplanctônica como bioindicadora do estado trófico de reservatórios em região semiárida tropical. – Natal, RN, 2014.

36 f.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Mattos.

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Vanessa becker

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária.

1. Reservatório de água – Dissertação. 2. Eutrofização - Dissertação. 3. Bioindicadores - Dissertação. 4. Curvas ABC – Dissertação. 5. Razão Calanoida/CyclopoidaI. Becker, Vanessa. II. Mattos, Arthur. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628.132

ÂNGELA MARÍLIA FREITAS GALVÃO

A COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA COMO BIOINDICADORA DO ESTADO
TRÓFICO DE RESERVATÓRIOS EM REGIÃO SEMIÁRIDA TROPICAL

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da
Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
como requisito à obtenção do título de Mestre
em Engenharia Sanitária.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Arthur Mattos – orientador
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dra. Vanessa Becker – Co-orientadora
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dra. Luciana Silva Carneiro – Examinador Externo
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dra. Odete Rocha – Examinador Externo
Universidade Federal de São Carlos

Natal, 31 de março de 2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores, Dr. Arthur Mattos e Dra. Vanessa Becker, pela orientação neste trabalho e a oportunidade de desenvolver minha pesquisa através do projeto MEVEMUC. Pela contribuição e motivação, principalmente pela professora Vanessa Becker, como excelente professora e pela sua grande paciência e energia que não faltaram nesse momento final do trabalho que foi tão difícil.

À professora Dra. Odete Rocha, pela grande ajuda neste trabalho, pelas palavras de incentivo e por ter me atendido sempre quando precisei. E além de uma excelente professora, um doce de pessoa.

Ao meu pai, Ivan Galvão, pelas palavras de incentivo, o amor e a orientação, as quais não faltaram durante esses dois anos.

À minha mãe, Tereza Freitas, pelos almoços e a compreensão que foi tão importante.

Aos meus queridos amigos “Mevemucanos”, Aline, Gustavo, Laíssa, Jurandir, Conceição, Neuciano, Larissa, Kátia, Érika, Thársia, que apesar do trabalho duro tornaram uma convivência alegre e de amizade. Vocês estão guardados no meu coração e não esquecerei dos momentos que passamos juntos, sem falar das pizzas gostosas nas pós-coleta.

Aos amigos da Ecologia Aquática que são tantos. Pela ajuda e o conhecimento passado sempre quando precisei.

Ao motorista seu Assis (coleguinha), pela sua energia e alegria passada em vários momentos.

À querida Narielly Galvão, pela ajuda no trabalho e por ter me escutado tantas vezes, muito obrigado pela paciência.

Ao querido amigo, Leonardo Rosa, pela confecção dos mapas e pela amizade.

À Capes pela concessão de bolsa de mestrado.

A FINEP pelo financiamento da pesquisa através do projeto MEVEMUC (Monitoramento da Evaporação e Mudanças Climáticas no Rio Grande do Norte).

Ao LARHISA/UFRN, Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela oportunidade de realizar minha pesquisa e por ter sido minha segunda casa.

E a todos que diretamente ou indiretamente estiveram envolvidos com a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	V
LISTA DE TABELAS.....	VI
APRESENTAÇÃO.....	VII
RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATÉRIAS E MÉTODOS.....	3
2. 1 Área De Estudo.....	3
2. 2 Amostragem.....	5
2. 3 Análises Químicas.....	6
2. 4 Análise Dos Dados.....	6
3.RESULTADOS.....	8
3.1 Cenário Meteorológico e Limnológico.....	8
3.2 Comunidade Zooplanctônica.....	11
3.2.1 Composição Taxonômica.....	11
3.2.2 Densidade e Biomassa.....	13
3.3 Índice da Comunidade Zooplanctônica como Bioindicadores.....	14
3.3.1 Razão Calanoida:Cyclopoida.....	14
3.3.2 Relações número-biomassa-curvas abc e índice W.....	15
4.DISSCUSSÃO.....	18
4.1 Comunidade Zooplanctônica como Bioindicadora.....	18
4.2 Razão Calanoida: Cyclopoida.....	23
4.3 Curvas ABC e Estatística W.....	24
5.CONCLUSÕES.....	26
6.REFERÊNCIAS.....	27
7. Anexo	36

Lista de figuras

- Figura 1- Localização da bacia hidrográfica do rio Seridó no estado do Rio Grande do Norte, Brasil e os reservatórios estudados: Boqueirão-Parelhas e Passagem das Traíras.....4
- Figura 2- Curvas ABC mostrando as curvas de k-dominância esperadas comparando biomassa e número de indivíduos ou abundância em condição (a) "não impactado", (b) "moderadamente impactado" e (c) "fortemente impactado". (Fonte: Magurran, 2011).....8
- Figura 3- Valores acumulados mensais de precipitação pluviométrica (barras) e curva média histórica para os últimos 49 anos (linhas), medidas na estação meteorológica do município de Parelhas, próximo ao reservatório Boqueirão de Parelhas na estação meteorológica do município São José do Seridó, próximo ao reservatório Passagem das Traíras.
BPa=Boqueirão de Parelhas; PTR=Passagem das Traíras.....9
- Figura 4- Distribuição vertical da temperatura e da concentração de oxigênio dissolvido no ponto 1, próximo à barragem dos reservatórios, no ano de 2012. A) Boqueirão de Parelhas – perfil temperatura; B) Boqueirão de Parelhas- perfil oxigênio dissolvido; C) Passagem das Traíras- perfil temperatura; D) Passagem das Traíras- perfil oxigênio dissolvido.
SD=sem dados.....10
- Figura 5- Valores logaritmizados de densidade numérica total (ind.L^{-1}) e biomassa total ($\mu\text{g PS.L}^{-1}$) em log dos principais grupos componentes da comunidade zooplânctônica. a- b valores de densidade reservatório de Boqueirão pontos 1 e 2; c-d valores de biomassa da comunidade zooplânctônica do reservatório de Boqueirão ponto 1 e 2; e-f valores de densidade do zooplâncton do reservatório de Passagem das Traíras ponto1 e 2; g-h valores de biomassa do zooplâncton do reservatório de Passagem das Traíras.....14
- Figura 6- Curvas ABC comparando a biomassa acumulada e a abundância numérica de todos os táxons do zooplâncton e seus respectivos valores do índice W para a comunidade zooplânctônica no reservatório Boqueirão de Parelhas em 2012. 1 = ponto amostral 1; 2= ponto amostral 2; Ja= janeiro; Ab = abril; Ju = junho; Ou = outubro.....16
- Figura 7- Curvas ABC comparando a biomassa acumulada e a abundância numérica de todos os táxons do zooplâncton e seus respectivos valores do índice W para a comunidade zooplânctônica no reservatório Passagem das Traíras em 2012. 1 = ponto amostral 1; 2= ponto amostral 2; Ja = janeiro; Ab = abril; Ju = junho; Ou= outubro.....17

Lista de Tabelas

Tabela 1- Características morfométricas dos reservatórios Boqueirão de Parelhas e Passagem das Traíras. Z_{máx}=Profundidade máxima; Z_{med}=profundidade média na cota máxima; AD= bacia de drenagem; V= capacidade máxima de acumulação de água; A=área do reservatório (Fonte: SEMARH/RN)e AD:A = razão entre a área de drenagem a área do reservatório calculada segundo Thorton& Rast (1993).....5

Tabela 2 Valores máximos, mínimos, médios e desvios padrão das variáveis limnológicas dos reservatórios do Boqueirão e Passagem das Traíras. P1=ponto amostral 1, e P2= ponto amostral 2. Z_{máx}= profundidade máxima; CHL= clorofila *a*; PT= fósforo total; NO₃=nitrato;NH₃=amônia; SST= sólidos suspensos totais; SSV= sólidos suspensos voláteis; SSF=sólidos suspensos fixos, SEC= transparência Secchi; CE= condutividade elétrica;OD=oxigênio dissolvido.....11

Tabela 3-Composição taxonômica, Frequência de ocorrência e densidade (número de indivíduos por litro) da comunidade zooplanctônica dos reservatórios Boqueirão de Parelhas e Passagem das Traíras amostrada durante o ano de 2012. As frequências de ocorrência (FO) são apresentas em porcentagem (%) e entre parênteses a densidade média de indivíduos por litro (ind.L⁻¹).....12

Tabela 4- Valores da Razão Calanoida/ Cyclopoida obtidos mensalmente para a comunidade zooplanctônica dos reservatórios Boqueirão de Parelhas (BOQ) e Passagem das Traíras (TRAI), bacia do rio Seridó, região semi-árida do Rio Grande do Norte, durante o ano de 2012..... 15

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, sob orientação do prof. Dr. Arthur Mattos e Co-orientação da prof. Dra. Vanessa Becker.

A pesquisa foi parte integrante do projeto “Monitoramento da Evaporação e Mudanças Climáticas no Rio Grande do Norte”, financiado pela FINEP (processo nº 52009).

Título: “A comunidade zooplanctônica como bioindicadora do estado trófico de reservatórios em região semiárida tropical”.

A Dissertação foi escrita na forma de artigo científico, contendo resumo, abstract, introdução, material e métodos, resultados, discussão, conclusões e referências bibliográficas.

RESUMO

A eutrofização dos ecossistemas aquáticos continentais e a consequente perda da qualidade da água é um dos maiores problemas a serem solucionados nos dias atuais. Devido às peculiaridades do semiárido, os reservatórios da região impõem um grande desafio aos gestores de recursos hídricos pela sua maior vulnerabilidade ao processo de eutrofização. A identificação de componentes das comunidades biológicas que possam servir como bioindicadores, são importantes auxiliando na detecção precoce de alterações adversas e geração de subsídios para ações de manejo e conservação. O presente estudo teve como objetivo de avaliar a comunidade zooplanctônica como bioindicadora do estado trófico de dois reservatórios, Boqueirão de Parelhas e Passagem das Traíras, localizados na da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu, nordeste do Brasil. Foram realizadas amostragens mensais em ambos os sistemas durante o período de janeiro a dezembro de 2012. Foram realizadas medidas de temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica da água, além da coleta de amostras para análises de nutrientes, sólidos suspensos e clorofila-a. Além disso foram analisadas a composição taxonômica, a densidade e a biomassa da comunidade zooplanctônica, bem como avaliados os índices de Estado Trófico, Curvas ABC, Estatística W e Razão Calanoida:Cyclopoida. Os resultados evidenciaram que o reservatório Boqueirão de Parelhas é um sistema mesotrófico, e Passagem das Traíras eutrófico. Ambos os reservatórios apresentam baixa riqueza de espécies zooplanctônicas, com a presença de espécies tolerantes e de ampla distribuição geográfica, com dominância dos rotíferos *Brachionus havanaensis*, *B. calyciflorus* e *Keratella tropica*; dos Copepoda Calanoida *Notodiaptomus cearensis* e *N. iheringie*; Cyclopoida *Thermocyclops decipiens*, e dos cladóceros *Ceriodaphnia cornuta* e *Diaphanosoma spinulosum*. Dentre os indicadores biológicos as curvas ABC para o zooplâncton indicaram distúrbio moderado em ambos os reservatórios, as razões Calanoida:Cyclopoida indicaram ambientes não impactados, exceto nos meses no fim do estudo para o reservatório Passagem das Traíras. Concluiu-se que os índices utilizados são bons indicadores de distúrbios e alterações na comunidade, contudo não são bons indicadores para o monitoramento do estado trófico dos reservatórios estudados, devido à ocorrência simultânea de outros fatores de seleção de espécies, como as concentrações de íons e a alta turbidez, as quais fazem parte das características dos reservatórios do semiárido.

Palavras-chave: Reservatório de água, eutrofização, bioindicadores, curvas ABC, razão Calanoida/Cyclopoida.

Abstract

Eutrophication in continental aquatic ecosystems and the following deterioration of water quality are some of the greatest problems to be solved in this century. Due to their own peculiarities reservoirs from semi-arid regions constitute a great challenge to water management because of their greater vulnerability to eutrophication process. Identification of biological community components that may be used as bioindicators is important to allow an early detection of adverse changes, and also to provide subsidies for management and conservation actions. The aim of the present study is to evaluate the potential of zooplankton community as bioindicator of the trophic state of two reservoirs belonging to the Piranhas-Açu basin, RN, Brazil: Boqueirão de Parelhas and Passagem das Traíras. Monthly samplings of both systems were carried out in both systems during the period of January to December. Measurements were performed for temperature, pH, dissolved oxygen and water electrical conductivity besides water samples collection for nutrients, suspended solids, chlorophyll-a and zooplankton analyses. Taxonomic composition of zooplankton, density and biomass were analysed. Trophic state index, ABC curves, W statistic and the Calanoida:Cyclopoida ratio were also obtained. The results evidenced that Boqueirão de Parelhas reservoir was a mesotrophic system, and Passagem das Traíras reservoir was eutrophic. In both reservoirs zooplankton community had low species richness, mostly constituted by tolerant species which have wide geographical distribution, as well the dominance of the rotifers *Brachionus havanaensis*, *B. calyciflorus* and *Keratella tropica*; of the calanoid copepods *Notodiaptomus cearensis* and *N. iheringi*; cyclopoid copepod *Thermocyclops decipiens*, and of the cladocerans *Ceriodaphnia cornuta* and *Diaphanosoma spinulosum*. Among the biological indices the ABC curves for the zooplankton community indicated a moderate disturbance in both reservoirs, the Calanoida:Cyclopoida ration indicated not impacted environments, except during the end of the study to the reservoir Passagem das Traíras. It was concluded that the indices used are good indicators of disturbance and alteration in the community, however they are not good indicators for monitoring the trophic state of the studied reservoirs due to the simultaneous occurrence of other factors selecting species, as the concentration of ions and high turbidity, which are part of the reservoir characteristics of semiarid.

Key-words: Water reservoir, eutrophication, bioindicators, ABC curves, Calanoida/Cyclopoida ratio.

1. INTRODUÇÃO

A composição das espécies e abundância da comunidade zooplanctônica podem ser influenciadas por fatores abióticos como a salinidade, temperatura, pH; e bióticos, como a limitação de alimento, predação e competição (Fredous & Muktadir, 2009). Tais fatores podem afetar essa comunidade em relação ao seu crescimento e distribuição, bem como a composição e densidade populacional (Balseiro et al., 1997). A predação por peixes (Brooks & Dodson, 1965), o tamanho do corpo d'água (Patalas, 1971) e seu estado trófico (Gannon & Stemberger, 1978) também influenciam consideravelmente a estrutura e composição das espécies de zooplâncton, tornando esses organismos bons indicadores das mudanças na qualidade da água (Geraldes & Boavida, 2007; Avila et al., 2009; Jeppesen et al., 2011).

Mudanças na qualidade da água em reservatórios e lagos podem ocorrer através do processo da eutrofização em virtude do aumento da disponibilidade de nutrientes (Cottingham & Carpenter, 1998). Embora o zooplâncton não dependa diretamente dos nutrientes para sobreviver, eles são afetados pela quantidade e qualidade dos produtores primários, bactérias e detritos (McCauley & Kalff, 1981). Esses organismos são seletivos sobre o tamanho e o tipo de fitoplâncton de que se alimentam (Campbell & Haase, 1981), onde a dominância de nanofitoplâncton é normalmente observada em ambientes oligotróficos e com grandes herbívoros, como grandes copépodos Calanoida e cladóceros predominando entre o zooplâncton, consumindo grandes filamentos de algas. Por outro lado, em sistemas eutróficos, bactérias e o microfitoplâncton, particularmente formado pelas algas coloniais, e pequenos organismos zooplanctônicos, pertencentes aos Rotífera, Cladocera e Copepoda Cyclopoida podem se tornar abundantes (Pejler, 1983; Bays & Crisman, 1983). Dessa forma, as mudanças na riqueza, estrutura, tamanho e produtividade da comunidade zooplanctônica podem ocorrer de acordo com as alterações no estado trófico dos reservatórios (Lathrop & Carpenter, 1992).

Alguns estudos mostram que a abundância e a biomassa do zooplâncton em ambientes eutrofizados aumentam (Heberman, 1998) devido à maior disponibilidade de alimento, evidenciada por meio do aumento nas concentrações de fósforo total e clorofila a (Bonecker et al., 2007). Por outro

lado, as espécies tolerantes predominam e a riqueza de espécies diminui devido às variações ambientais (Nogueira, 2001; Neves et al., 2013). O excessivo aumento das concentrações de nutrientes produz a substituição de formas palatáveis por impalatáveis na comunidade fitoplanctônica, alterando a estrutura e dinâmica dos consumidores (Wolfingbarger, 1999) como por exemplo favorecendo espécies tais como, *Brachionus calyciflorus*, tolerantes aos blooms de Cyanophyceae (Serafim et al., 2010) e a substituição do *Thermocyclops minutus* pela espécie congênerica *T. decipiens* ou ainda do copépodo Calanoida *Argyrodiaptomus furcatus* pela espécie *Notodiaptomus iheringi* e a dominância deste último em ambientes com o aumento do gradiente trófico (Landa et al., 2007; Rocha & Güntzel, 1999; Tundisi & Matsumura-Tundisi, 1992). Havendo a dominância de espécies tolerantes e o desaparecimento de espécies sensíveis, diminuindo a riqueza (Tanaka, 2012).

Respostas na estrutura da comunidade zooplanctônica às mudanças do estado trófico de reservatórios podem também ser obtidas por meio de variáveis como os índices bióticos, os quais levam em consideração as informações das espécies encontradas (Melo & Hepp, 2008). A razão Calanoida:Cyclopoida é um índice que tem sido usado com sucesso como indicador da alteração do grau de trofia de lagos e reservatórios (Tundisi et al., 1988; Brito, 2009). Este índice tem sido utilizado em reservatórios brasileiro para evidenciar a dominância dos copépodos Calanoida, usualmente os maiores filtradores herbívoros entre os microcrustáceos planctônicos que se alimentam preferencialmente do nanofitoplâncton, sobre os Cyclopoida em corpos de água oligo-mesotróficos, e a alteração de dominância para copépodos Cyclopoida à medida que os lagos e reservatórios se tornam mais eutrofizados, sendo estes onívoros de hábito alimentar raptorial, preferencialmente predadores intra-zooplanctônicos, mas com habilidade em consumirem algas microfitoplanctônicas (Matsumura-Tundisi & Tundisi, J. G. 2003; Sendacz, 1982; Freire & Pinto-Coelho, 1986; Lopes et al., 1997; Nogueira, 2008). Dessa forma, esta variável leva em consideração a sensibilidade dos táxons as variações físicas, químicas e biológicas em reservatórios (Castilho-Noll et al., 2012).

Outro índice são as curvas ABC e a estatística W que tem sido utilizado com sucesso por diversos pesquisadores para evidenciar as alterações que

ocorrem na composição taxonômica e na estrutura em tamanho de comunidades bentônicas marinhas em decorrência da poluição ou de outros tipos de impactos ambientais (Warwick, 1986; Clarke, 1990; Dehghan et al., 2012), em comunidades de peixes de ambientes marinhos e de água doce (Yemane et al., 2005; Dias & Tejerina-Garro, 2010) e mais recentemente na comunidade zooplanctônica de águas doces (Gazzonato-Neto, 2013; Negreiros, 2014).

A composição do zooplâncton tem sido recomendada como bioindicadores regionais de lagos eutrofizados (Pinto-Coelho et al., 2005; Burns & Galbraith, 2007) e em reservatórios da região semiárida do nordeste (Eskinazi-Santanna et al., 2013). Grande parte destes reservatórios estão eutrofizados (Lazzaro et al., 2003) e representam importantes fatores seletivos para a biota e espécies potencialmente colonizadoras, pois sofrem frequentes alterações do estado trófico, turbidez e salinidade sendo altamente vulneráveis às oscilações das condições climáticas. Também sofrem a ação do vento por serem relativamente rasos, apresentando balanço negativo entre a precipitação pluviométrica e a taxa de evaporação, além de tendência para elevadas concentrações de nutrientes, sólidos suspensos e sais, acelerando assim o processo da eutrofização (Sousa et al., 2008).

Diante deste contexto, as hipóteses do presente trabalho são: o aumento da eutrofização leva ao aumento da densidade e biomassa total do zooplâncton; o aumento do nível de trofia leva a uma composição de espécies diferenciada com ocorrência de espécies tolerantes à qualidade do alimento, às amplitudes das variações ambientais e tem como consequência a diminuição da riqueza de espécies com a eutrofização. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial da comunidade zooplanctônica como bioindicadora do grau de eutrofização, em dois reservatórios do semiárido brasileiro, por meio da análise de sua estrutura, relacionando-a às variações temporais nas características física, químicas e biológicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

Os reservatórios estudados foram Boqueirão de Parelhas (06°41'32,44"S; 36°37'21,79"W) e Passagem das Traíras (06°30'46,67"S; 36°56'14,2"W). Ambos localizam-se na bacia do Rio Seridó, região semiárida

do estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil (Figura 1). Os reservatórios são de usos múltiplos, mas utilizados principalmente para o abastecimento público, e em menor grau para irrigação de cultivos agrícolas, atividades de lazer e pesca de subsistência.

O clima é semiárido, quente e seco, do tipo BShw na classificação de Köppen (Kottek, 2006), com temperaturas anuais médias entre 25 e 35 °C, insolação anual de 2800 a 3200 horas e umidade relativa variando de 23 a 80% (Varela-Freire, 2002). A precipitação pluvial é baixa, com valor anual médio inferior a 500 mm com grande irregularidade espacial e temporal no regime de chuvas (IDEMA, 2012).

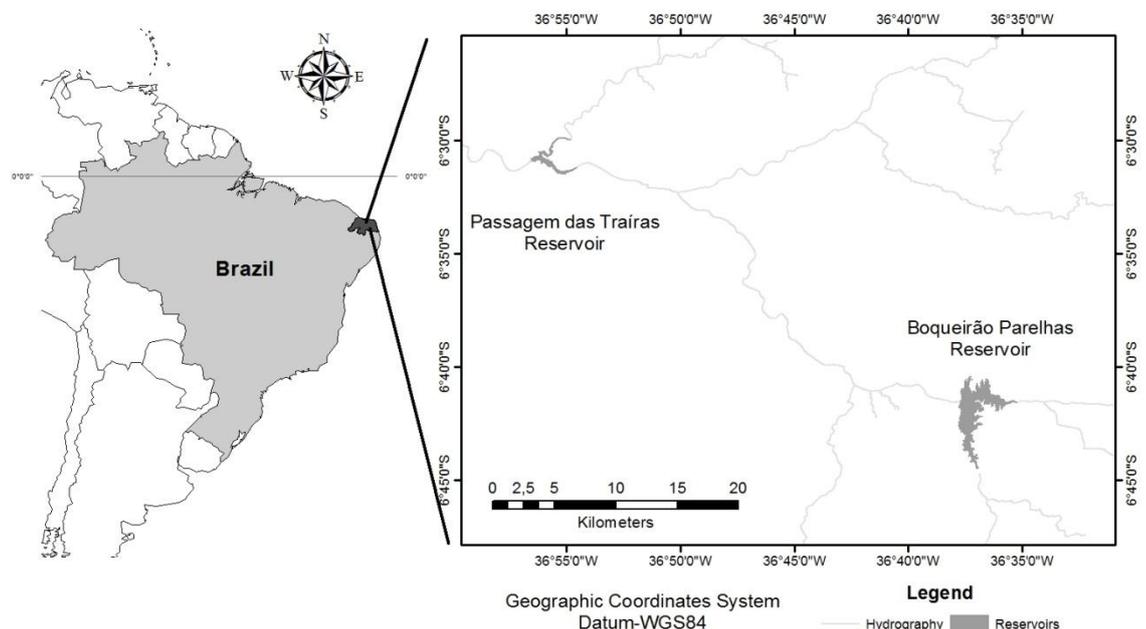


Figura 1- Localização da bacia hidrográfica do rio Seridó no estado do Rio Grande do Norte, Brasil e os reservatórios estudados: Boqueirão de Parelhas e Passagem das Traíras.

Os solos da bacia de drenagem são do tipo Luvisolos crômicos, rasos, fases pedregosas, pobres em nutrientes, altamente suscetíveis à erosão durante os períodos chuvosos e com bom nível de drenagem (Bezerra & Silva, 2007; Guerra & Cunha, 2004; Lal, 1985). A cobertura vegetal é constituída pelo bioma caatinga, representado pela formação de caatinga hiperxerófila antropicamente degradada na região de entorno dos reservatórios.

As características morfométricas dos reservatórios Boqueirão de Parelhas e Passagem das Traíras encontram-se na Tabela 1.

Tabela 2- Características morfométricas dos reservatórios Boqueirão de Parelhas e Passagem das Traíras. $Z_{\text{máx}}$ =Profundidade máxima; Z_{med} =profundidade média na cota máxima; AD=bacia de drenagem; V= capacidade máxima de acumulação de água; A=área do reservatório (Fonte: SEMARH/RN) e AD:A = razão entre a área de drenagem e a área do reservatório calculada segundo Thorton& Rast (1993).

Características dos reservatórios	Boqueirão de Parelhas	Passagem das Traíras
Ano de construção	1988	1994
Rio barrado	rio Seridó	rio Seridó
Z máx (m)	14	11
Z med (m)	6,6	5,5
AD (Km ²)	1.519,00	7.600,0
V (10 ⁶ m ³)	84,79	49,70
A (10 ⁶ m ²)	12,6	10,42
AD:A	119,89	729,37

Fonte: SEMARH/RN

2.2 Amostragem

As coletas foram realizadas mensalmente no período de janeiro a dezembro de 2012, em dois pontos situados no eixo longitudinal dos reservatórios: um próximo à barragem (P1), onde ocorre a captação de água para abastecimento e outro próximo à entrada do principal afluente, o rio Seridó (P2).

Em cada ponto amostral as variáveis pH, temperatura, condutividade e oxigênio dissolvido foram medidas *in situ* com sonda multiparamétrica HIDROLAB modelo DS5, em intervalos de 1,0 metro de profundidade da superfície ao fundo. A transparência da água foi medida com o auxílio do disco de Secchi.

Amostras de água para análises químicas foram coletadas com garrafa Van Dorn (5L), a cada dois metros de profundidade e misturadas para retirada de sub-amostras para posterior análise de nutrientes (fósforo total, nitrato, amônio), sólidos suspensos totais e clorofila *a*.

Amostras de zooplâncton foram coletadas com uma rede de plâncton de 68 μm de abertura de malha, por meio de dois arrastos verticais em toda a coluna d'água. O volume de água filtrado foi calculado de acordo com a área da abertura da rede (30 cm) e a profundidade do arrasto, assumindo-se

100% de eficiência de filtragem para da rede. O plâncton concentrado foi fixado em solução de formol a 4%.

2.3 Análises químicas e biológicas

As concentrações de nutrientes (fósforo total, amônia e nitrato) foram medidas através de método colorimétrico e fotométrico (Valderrama, 1981). Para análise de sólidos suspensos totais, as amostras foram filtradas em filtros de fibra de vidro Whatman 934-AH (47 mm de Ø e 1,5 µm de porosidade), previamente secos e pesados. As concentrações dos sólidos suspensos totais fixos e voláteis foram determinadas pelo método gravimétrico após a secagem a 103-105° (APHA,1998).

A concentração de clorofila *a* foi determinada após a filtração das amostras de água com filtros de fibra de vidro, (Whatman 934-AH) extração com etanol 95% e leituras de absorvância em espectrofotômetro (Shimadzu UV spectrophotometer, UV-1800) (Jespersen & Christoffersen, 1988).

A identificação taxonômica do zooplâncton foi feita através de literatura especializada (Koste,1978; Brandorff, 1972; Matsumura-Tundisi, 1984; Reid, 1985; Elmoor-Loureiro, 1997; Segers, 2002; Silva, 2003; Sinev et. al.,2004) até o menor nível taxonômico possível de espécie ou gênero.

Para a análise quantitativa do zooplâncton, de cada amostra foram retiradas três a quatro subamostras de 1,0 mL e realizada a contagem numérica de cada táxon sob microscópio óptico (BEL photonics, 100x) em câmara de Sedgewick-Rafter. Foram contadas 3 ou mais réplicas, até que o coeficiente de variação fosse inferior a 20%.

2.4 Análises dos dados

Os dados relativos às precipitações mensais para o ano de 2012 e os valores referentes à média histórica para a região do Seridó foram obtidos junto à Empresa de Pesquisa Agropecuária do estado do Rio Grande do Norte (EMPARN). Foram considerados meses chuvosos os que apresentaram precipitações iguais ou acima da média histórica da precipitação regional e períodos secos, aqueles meses com precipitação igual ou abaixo da média histórica.

O estado trófico dos reservatórios foi avaliado adotando-se os valores de 60 µg.L⁻¹ de fósforo total e de 12 µg.L⁻¹ de clorofila *a* na média anual como

limiares para a classificação dos lagos e reservatórios de regiões semi-áridas como sistemas eutróficos (Thorton & Rast, 1993).

A biomassa do zooplâncton foi calculada com base nas estimativas do peso seco de cada espécie utilizando-se diferentes métodos de acordo com os grupos taxonômicos. Para Copepoda, Cladocera e Ostracoda os indivíduos foram medidos sob microscópio (Motic® 106M) em aumento de 100x. Com base nas dimensões lineares médias dos indivíduos de cada espécie o peso seco foi calculado por meio das equações logarítmicas para relações peso-comprimento dos microcrustáceos das Ordens Cladocera e Copepoda (Bottrell et al., 1976). Para os microcrustáceos da Ordem Ostracoda foi utilizada a mesma equação utilizada para os Cladocera dada a similaridade na forma.

A biomassa dos rotíferos (peso fresco) foi obtida por meio do cálculo dos seus biovolumes utilizando as equações disponíveis para as formas geométricas mais próximas e o peso fresco foi posteriormente convertido em peso seco utilizando-se um fator de conversão de 10% (Dumont et al., 1975; Bottrell et al., 1976; Ruttner-Kolisko, 1977; Malley et al., 1989; Sun & Liu, 2003).

Para avaliar o grau de perturbações na comunidade zooplanctônica em decorrência do grau de eutrofização ou de outras perturbações naturais, foram utilizados os seguintes índices biológicos como bioindicadores: A razão entre a densidade numérica total das populações de copépodos da Ordem Calanoida e aquela das populações da Ordem Cyclopoida (razão Calanoida:Cyclopoida). De acordo com este índice, proporções com valores menores que 1 estão geralmente associadas com sistemas eutróficos, enquanto que valores maiores que 1 correspondem a sistemas oligotróficos ou mesotróficos; b) a métrica das curvas ABC e o índice W (Warwick, 1986; Magurran, 2004) que comparam a abundância numérica e a biomassa acumuladas de todas as populações presentes em um dado instante em uma comunidade, as quais podem ser indicadoras de perturbações ambientais. O índice W é obtido por meio da expressão $W = \sum (B_i - A_i) / [50(S-1)]$, na qual B_i é o valor de biomassa de cada sequência de espécies (i) na curva ABC, A_i é o valor da abundância numérica de cada sequência de espécies (i) na curva ABC e S é o número de espécies. A representação gráfica e o índice numérico permitem expressar quantitativamente o grau de perturbação destes ambientes (Figura 2). O valor de W pode variar de -1 a 1. Valores positivos indicam um ambiente não

perturbado, valores negativos sugerem comunidades perturbadas e valores próximos de zero indicam distúrbios moderados.

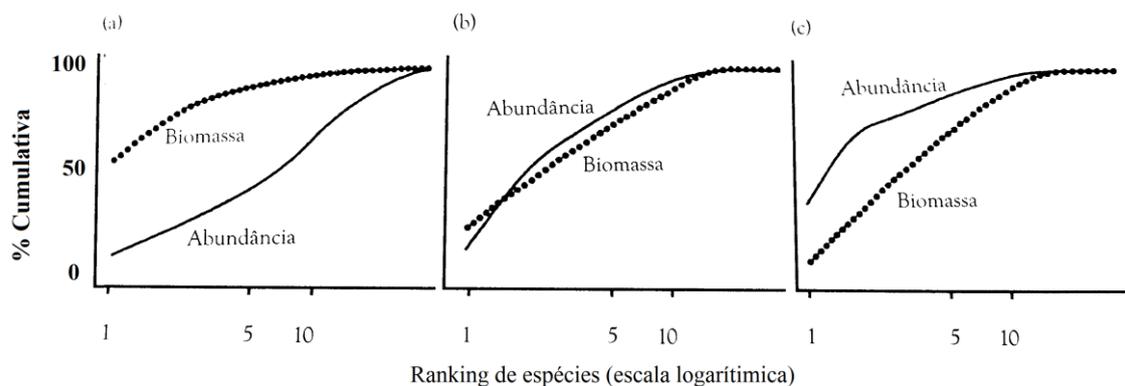


Figura 2- Curvas ABC mostrando as curvas de k-dominância esperadas comparando biomassa e número de indivíduos ou abundância em condição (a) "não impactado", (b) moderadamente impactado" e (c) "fortemente impactado". (Fonte: Magurran, 2011).

Para avaliar diferenças significativas entre a média da densidade e biomassa total da comunidade zooplanctônica, fósforo total e clorofila *a* entre os reservatórios foi avaliado por meio do teste-t (Statistica 5.0: StatSoft,USA).

3. RESULTADOS

3.1 Cenário meteorológico e Limnológico

O ano 2012 caracterizou-se por chuvas escassas e irregulares. A estação chuvosa teve curta duração, de apenas três meses consecutivos e chuvas atípicas em junho para a região do reservatório em Boqueirão de Parelhas (Figura 2). Para a região do reservatório de Passagem das Traíras o período chuvoso foi mais estendido compreendendo os meses de janeiro a junho de 2012 (Figura 2). A precipitação do mês de fevereiro alcançou valores acima da média histórica, contudo em ambos os reservatórios, a precipitação total anual foi abaixo do valor médio histórico configurando um ano de seca, mas com menores precipitações para a região do reservatório de Passagem das Traíras. Dessa forma foram observados dois períodos: (I) chuvoso atípico para os meses de janeiro a junho e (II) seca prolongada para os meses de julho a dezembro (Figura 2).

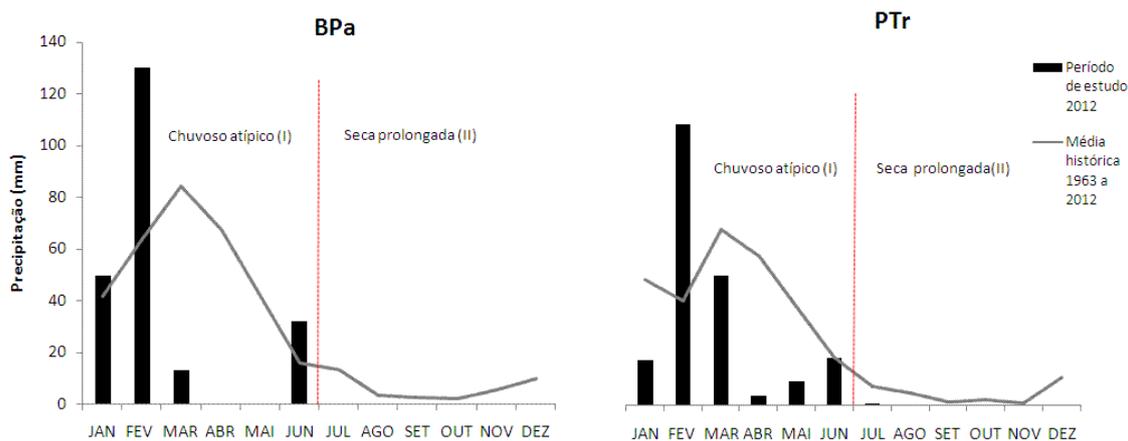


Figura 3- Valores acumulados mensais de precipitação pluviométrica (barras) e curva média histórica para os últimos 49 anos (linhas), medidas na estação meteorológica do município de Parelhas, próximo ao reservatório Boqueirão de Parelhas na estação meteorológica do município São José do Seridó, próximo ao reservatório Passagem das Traíras. BPa=Boqueirão de Parelhas; PTr=Passagem das Traíras.

Os resultados obtidos evidenciaram que nos reservatórios Boqueirão de Parelhas e Passagem das Traíras, ao longo do ano de 2012 a temperatura da água permaneceu elevada, com ocorrência de estratificação térmica e química na coluna d'água, principalmente no final do evento de seca prolongada (Figura 3).

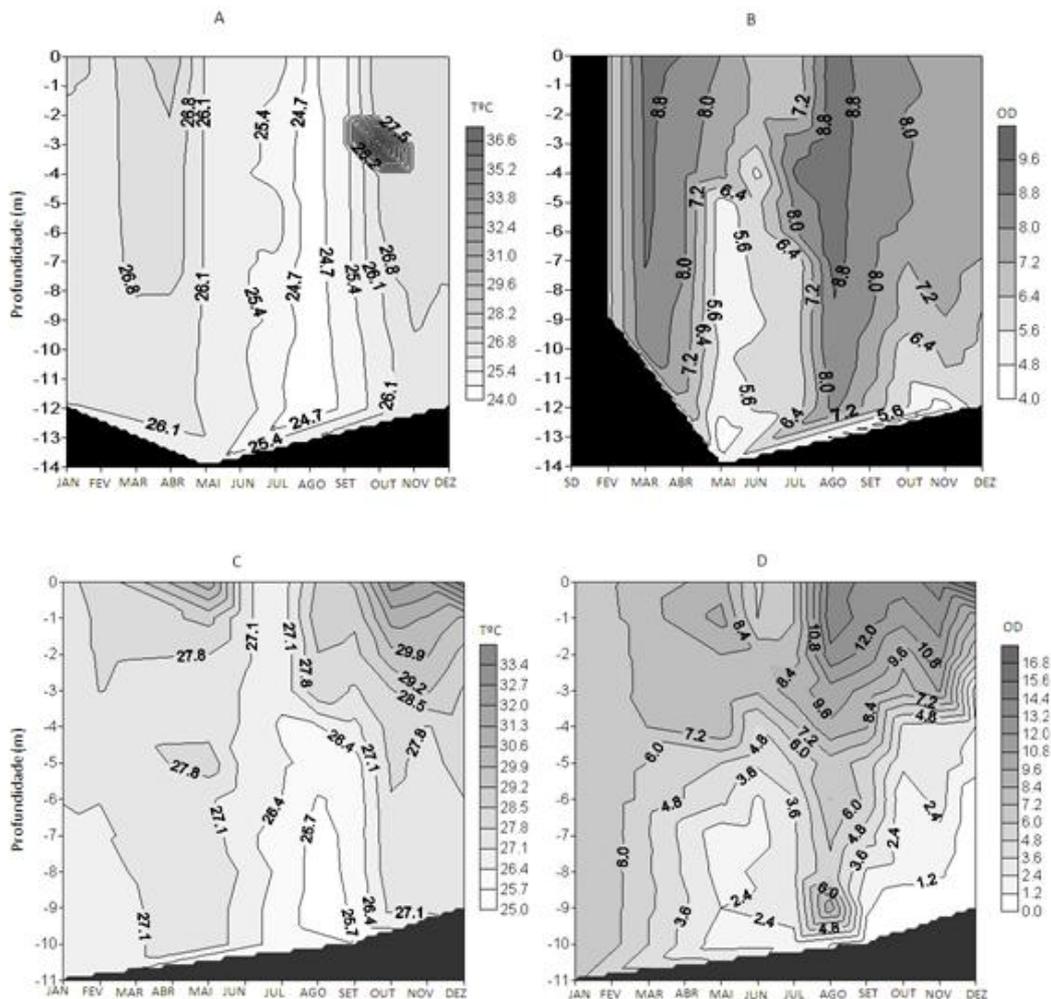


Figura 4- Distribuição vertical da temperatura e da concentração de oxigênio dissolvido no ponto 1, próximo à barragem dos reservatórios, no ano de 2012. A) Boqueirão de Parelhas – perfil temperatura; B) Boqueirão de Parelhas- perfil oxigênio dissolvido; C) Passagem das Traíras- perfil temperatura; D) Passagem das Traíras- perfil oxigênio dissolvido. SD= sem dados.

Os valores de condutividade elétrica da água foram maiores no período de seca prolongada, sendo os valores médios de condutividade mais elevados no reservatório Boqueirão de Parelhas do que em Passagem das Traíras (Tabela 2). A transparência da água (Secchi) foi quase vinte vezes maior em Boqueirão de Parelhas.

As concentrações de fósforo total, nitrogênio inorgânico (nitrato + amônio), sólidos suspensos totais e clorofila *a* foram relativamente elevadas nos reservatórios estudados (Tabela 2). As concentrações de PT foram inferiores a $60,0 \mu\text{g L}^{-1}$ e as concentrações de clorofila *a* estiveram em média

próximas a $12,0\mu\text{g L}^{-1}$ no reservatório Boqueirão. Enquanto que em Passagem das Traíras essas concentrações foram mais elevadas (Tabela 2).

Com base no conjunto de variáveis físicas e químicas e nos valores de fósforo e de clorofila *a*, o reservatório Boqueirão de Parelhas foi classificado como mesotrófico, e o reservatório Passagem das Traíras classificado como eutrófico.

Tabela 2 Valores máximos, mínimos, médios e desvios padrão das variáveis limnológicas dos reservatórios do Boqueirão e Passagem das Traíras. P1=ponto amostral 1, e P2= ponto amostral 2. Zmáx= profundidade máxima; CHL= clorofila *a*; PT= fósforo total; NO₃=nitrato;NH₃=amônia; SST= sólidos suspensos totais; SSV= sólidos suspensos voláteis; SSF=sólidos suspensos fixos, SEC= transparência Secchi; CE= condutividade elétrica;OD=oxigênio dissolvido.

Variáveis	Boqueirão de Parelhas		Passagem das Traíras	
	P1	P2	P1	P2
	M DP (min-máx)	M DP (min-máx)	M DP (min-máx)	M DP (min-máx)
Zmáx (m)	13,0 ± 1,1 (10,5-15,0)	5,3 ± 0,8 (4,2-6,4)	10,3 ± 1,0 (8,2-11,9)	2,3 ± 1,1 (0,6-4,4)
OD (mg.L ⁻¹)	7,3 ± 1,2 (4,3- 9,2)	7,7 ± 1,7 (5,9-9,7)	6 ± 4 (1,9-14)	---
SEC (m)	1,9 ± 0,7 (1,2-3,5)	1,5 ± 0,5 (1,0-2,5)	0,3 ± 0,0 (0,2-0,4)	0,3 ± 0,1 (0,1-0,4)
PH	8,7 ± 0,2 (8,3 - 8,8)	8,7 ± 0,2 (8,3-8,9)	8,9 ± 0,4 (8,1-9,3)	8,9 ± 3,9 (8,2-9,1)
CE (μS.cm ⁻¹)	1274,1 ± 113,8 (1131-1420)	1294,1 ± 128,7 (1140-1498)	851,6 ± 154,2 (660-1034)	853,6 ± 150,1 (670-1053)
PT (μg.L ⁻¹)	27,0 ± 13,4 (12,6-47,2)	31,9 ± 17,2 (7,3-52,2)	116,8 ± 44,6 (4-47,2)	121,3 ± 82,6 (33,5-292)
SST (mg.L ⁻¹)	7,2 ± 6,7 (3,1-27,6)	5,9 ± 3,8 (2,8-17,1)	23,8 ± 6,5 (13-32,4)	25,1 ± 7,0 (17-39,2)
SSV (mg.L ⁻¹)	4,6 ± 1,9 (2,5-9,1)	4,1 ± 1,8 (2,2-8,2)	21,5 ± 6,1 (16-31,2)	19,5 ± 3,9 (17,2-25,2)
SSF (mg.L ⁻¹)	2,6 ± 6,2 (0,2-2,5)	1,9 ± 4,1 (0,2-14,8)	2,2 ± 1,7 (0,4-4,8)	5,6 ± 3,9 (1,6-13,6)
NO ₃ (mg.L ⁻¹)	1,5 ± 1,8 (0,2-4,7)	2,0 ± 2,9 (0,1-10)	1,0 ± 0,3 (0,6-1,4)	1,1 ± 0,4 (0,5-1,5)
NH ₃ (mg.L ⁻¹)	0,5 ± 0,3 (0,2-1,1)	0,6 ± 0,3 (0,4-1,5)	1,7 ± 2,6 (0,1-9,1)	1,9 ± 2,8 (0,1-9,0)
CHL (μg.L ⁻¹)	11,5 ± 7,4 (3,7-25,6)	13,5 ± 9,6 (4,5-35)	154,1 ± 26,2 (110,7-203,3)	138,8 ± 33 (68,5- 204,7)

A aplicação do teste-t revelou haver diferenças significativas em relação às médias das concentrações de clorofila *a* e fósforo total entre os reservatórios ($p < 0,0001$; $p < 0,001$, respectivamente). As concentrações de sólidos suspensos totais foram mais elevadas no reservatório Passagem das Traíras com predominância de material de origem orgânica (SSV), onde no ponto 1 chegou a representar 94 % do material suspenso total.

3.2. Comunidade zooplanctônica

3.2.1 Composição Taxonômica

A comunidade zooplanctônica do reservatório Boqueirão Parelhas foi constituída por 18 espécies, sendo 8 de Rotifera, 4 de Copepoda, 5 de Cladocera e uma de Ostracoda (Tabela 3). As espécies mais frequentes na comunidade considerando-se todo o período foram: *Notodiatomus cearensis*, *N. iheringi*, *Thermocyclops decipiens*, *Argyrodiaptomus azevedoi*, Ostracoda, *Daphnia gessneri*, *B. havanaensis*, *B. calyciflorus*, *Filinia* sp, *Keratella tropica* e

Hexarthra sp., em ordem decrescente de frequência de ocorrência. Para o reservatório de Passagem das Traíras a riqueza de espécies foi maior, tendo sido registradas 21 espécies. Neste reservatório as espécies mais frequentes foram: Rotifera *Brachionus havanaensis*, *B. calyciflorus*, Calanoida *Notodiaptomus cearensis*, *Notodiaptomus iheringi*, *Diaphanosoma spinulosum*, *Filinia* sp, *Keratella tropica*, *Moina micrura* e *B. falcatus*.

Tabela 3-Composição taxonômica, Frequência de ocorrência e densidade (número de indivíduos por litro) da comunidade zooplânctônica dos reservatórios Boqueirão de Parelhas e Passagem das Traíras amostrada durante o ano de 2012. As frequências de ocorrência (FO) são apresentadas em porcentagem (%) e entre parênteses a densidade média de indivíduos por litro (ind.L⁻¹).

Espécies/fases	Boqueirão de Parelhas		Passagem das Traíras	
	FO	ind.L ⁻¹	FO	ind.L ⁻¹
Rotifera				
<i>Filinia</i> sp	54,1	(1,59)	95,8	(3,53)
<i>Brachionus havanaensis</i>	58,3	(0,43)	100,0	(23,8)
<i>Brachionus calyciflorus</i>	58,3	(5,51)	100,0	(48,3)
<i>Brachionus falcatus</i>	12,5	(0,02)	75,0	(0,44)
<i>Keratella americana</i>	20,8	(0,25)	4,1	(0,16)
<i>Keratella tropica</i>	50,0	(0,04)	83,3	(3,5)
<i>Hexarthra</i> sp.	37,5	(8,53)	37,5	(1,11)
<i>Lecane</i> sp.	29,1	(0,02)	-	-
<i>Asplanchna</i> sp.	-	-	20,8	(1,5)
<i>Gastropus stylifer</i>	-	-	8,3	(0,51)
Cladocera				
<i>Daphnia gessneri</i>	70,0	(0,45)	-	-
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	4,1	(0,23)	25,0	(11,4)
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	4,1	(0,04)	100,0	(9,8)
<i>Alonella clathratula</i>	8,3	(0,05)	-	-
<i>Alonella dentifera</i>	29,1	(0,04)	4,1	(0,11)
<i>Moina micrura</i>	-	-	83,3	(3,38)
Copepoda				
<i>Notodiaptomus cearensis</i>	100,0	(6,7)	100,0	(20,1)
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	100,0	(3,9)	95,8	(3,46)
<i>Argyrodiaptomus azevedoi</i>	66,6	(0,09)	16,66	(0,13)
Copepodito Calanoida	100,0	(9,0)	100,0	(30,6)
Copepodito de Cyclopoida	16,6	(0,06)	100,0	(15,2)
Náuplio de Calanoida	100,0	(1,39)	100,0	(11,1)
Náuplio de Cyclopoida	100,0	(2,19)	100,0	(25,2)
<i>Thermocyclops decipiens</i>	83,3	(0,3)	100,0	(4,18)
<i>Mesocyclops longisetus</i>	-	-	12,5	(4,06)
<i>Mesocyclops aspericornis</i>	-	-	20,8	(5,67)
Outro taxon				
<i>Ostracoda</i>	79,1	(0,25)	100,0	(21,9)

3.2.2 Densidade e biomassa

Os valores de densidade e biomassa total do zooplâncton são apresentados na Figura 4. A densidade dos organismos zooplanctônicos no reservatório Boqueirão de Parelhas variou temporalmente, com diferença observável entre os dois períodos (chuvoso atípico e seca prolongada), registrando-se maiores densidades na seca prolongada. Os picos de densidade foram observados no ponto 1 para os meses de setembro e dezembro, em decorrência da maior abundância dos Copepoda Calanoida que representaram 83,3% e 90% do zooplâncton total, respectivamente, enquanto que em novembro as densidades maiores em ambos pontos foram devidas à maior abundância de Rotífera, os quais representaram cerca de 50% da densidade total. No geral o grupo Copepoda Calanoida foi maior em abundância e biomassa, tanto no ponto próximo à barragem, como naquele próximo à entrada do principal rio afluente (Figura 4).

Para o reservatório de Passagem das Traíras, houve maior variabilidade na densidade zooplanctônica durante o ano, com os picos de densidade em abril no ponto 1 (37% de Rotífera) e em setembro no ponto 2 (46% de Calanoida). O grupo com maior densidade em ambos os pontos de amostragem foram os rotífero e em termos de biomassa os copépodos Calanoida foi maior.

O teste-t evidenciou diferenças significativas em relação as médias de densidade e biomassa total do zooplâncton entre os reservatórios ($p < 0,005$), com maiores densidades e biomassa no reservatório de Passagem das Traíras.

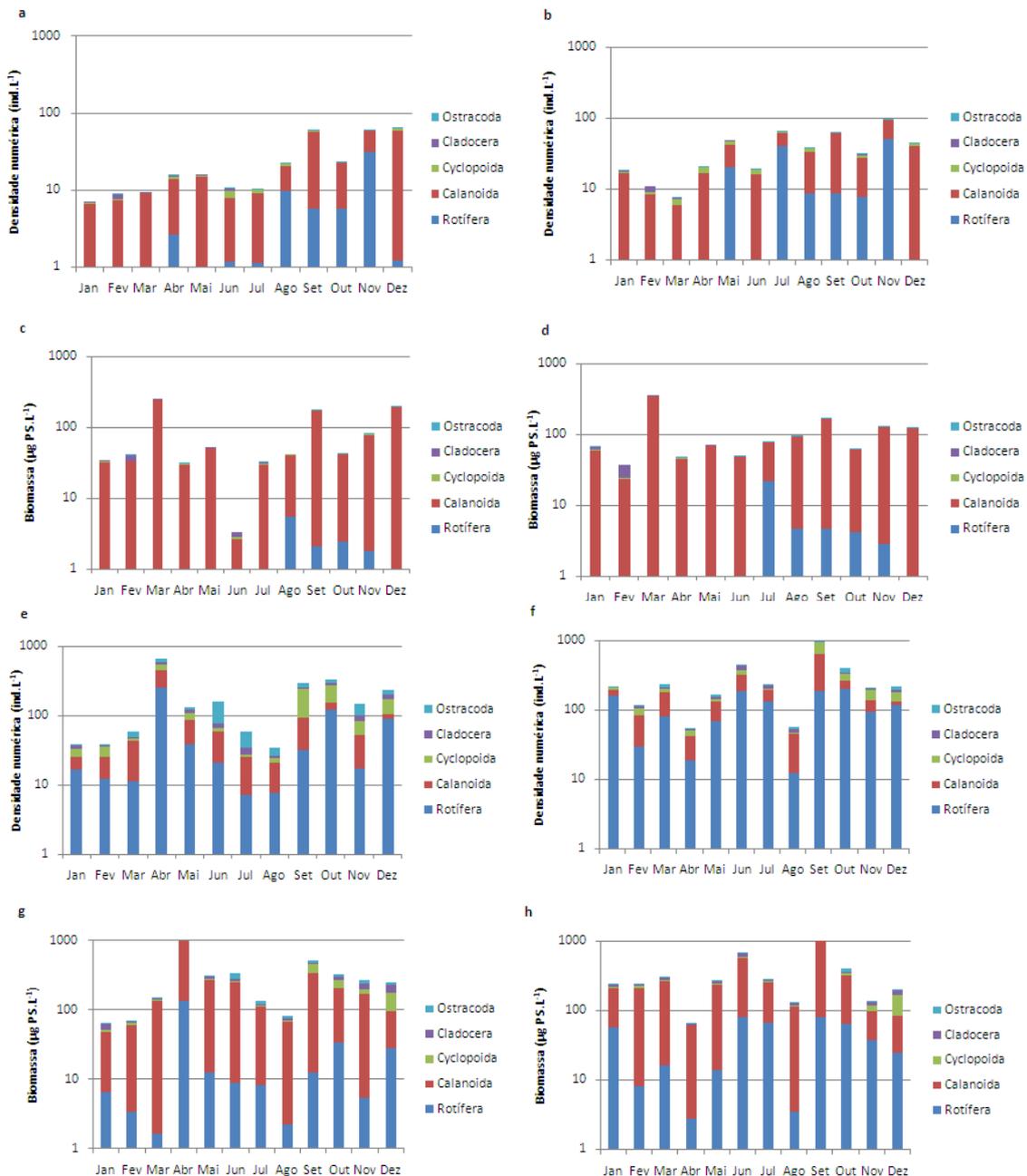


Figura 5- Valores logaritimizados de densidade numérica total (ind.L⁻¹) e biomassa total (µg PS.L⁻¹) dos principais grupos componentes da comunidade zooplânctônica. a- b valores de densidade reservatório de Boqueirão pontos 1 e 2; c-d valores de biomassa da comunidade zooplânctônica do reservatório de Boqueirão ponto 1 e 2; e-f valores de densidade do zooplâncton do reservatório de Passagem das Traíras ponto1 e 2; g-h valores de biomassa do zooplâncton do reservatório de Passagem das Traíras.

3.3 Índices da comunidade zooplânctônica como bioindicadores

3.3.1 Razão Calanoida: Cyclopoida

Os valores obtidos para a razão Calanoida:Cyclopoida variaram amplamente entre os reservatórios e também dentro de um mesmo reservatório. Os maiores valores foram obtidos para o reservatório Boqueirão de Parelhas onde a razão variou entre 3,82 a 192,0 indicando forte dominância

dos copépodos Calanoida. No reservatório Passagem das Traíras também houve dominância dos Calanoida durante os primeiros oito meses do ano, com valores da razão Calanoida:Cyclopoida variando entre 0,29 e 17,15. A dominância dos copépodos da ordem Cyclopoida ocorreu apenas nos últimos 4 meses no ponto 1 e nos últimos três meses no ponto 2 (Tabela 4).

Tabela 4- Valores da Razão Calanoida/ Cyclopoida obtidos mensalmente para a comunidade zooplanctônica dos reservatórios Boqueirão de Parelhas (BOQ) e Passagem das Traíras (TRAI), bacia do rio Seridó, região semi-árida do Rio Grande do Norte, durante o ano de 2012.

Meses /Razão CA/CY	BOQ		TRAI	
	P1	P2	P1	P2
janeiro	192,0	52,4	1,1	2,0
fevereiro	145,5	12,2	1,2	2,2
março	34,0	4,6	6,9	4,5
abril	8,1	4,3	2,1	2,2
maio	11,8	3,5	1,9	4,8
junho	3,8	4,6	5,9	2,9
julho	10,0	3,7	10,0	17,1
agosto	5,6	4,7	3,5	13,0
setembro	12,7	17,4	0,4	1,5
outubro	15,7	6,1	0,2	0,7
novembro	9,9	9,9	1,1	0,8
dezembro	15,8	8,9	0,2	0,2

3.3.2 Relações Números-Biomassa - Curvas ABC e Índice W

No reservatório Boqueirão de Parelhas as curvas de abundância numérica se inter cruzaram ou se situaram levemente abaixo das curvas de biomassa, com valores da estatística W próximos a zero ou ligeiramente negativos (Figura 5; Anexo 1).

Condição similar foi observada no reservatório Passagem das Traíras, que apresentou curvas de biomassa situadas um pouco mais acima das curvas de abundância numérica e valores da estatística W positivos, exceto para o mês de fevereiro quando o valor de W foi negativo (-0,087) e a curva de abundância numérica situou-se acima da curva de biomassa (Figura 6).

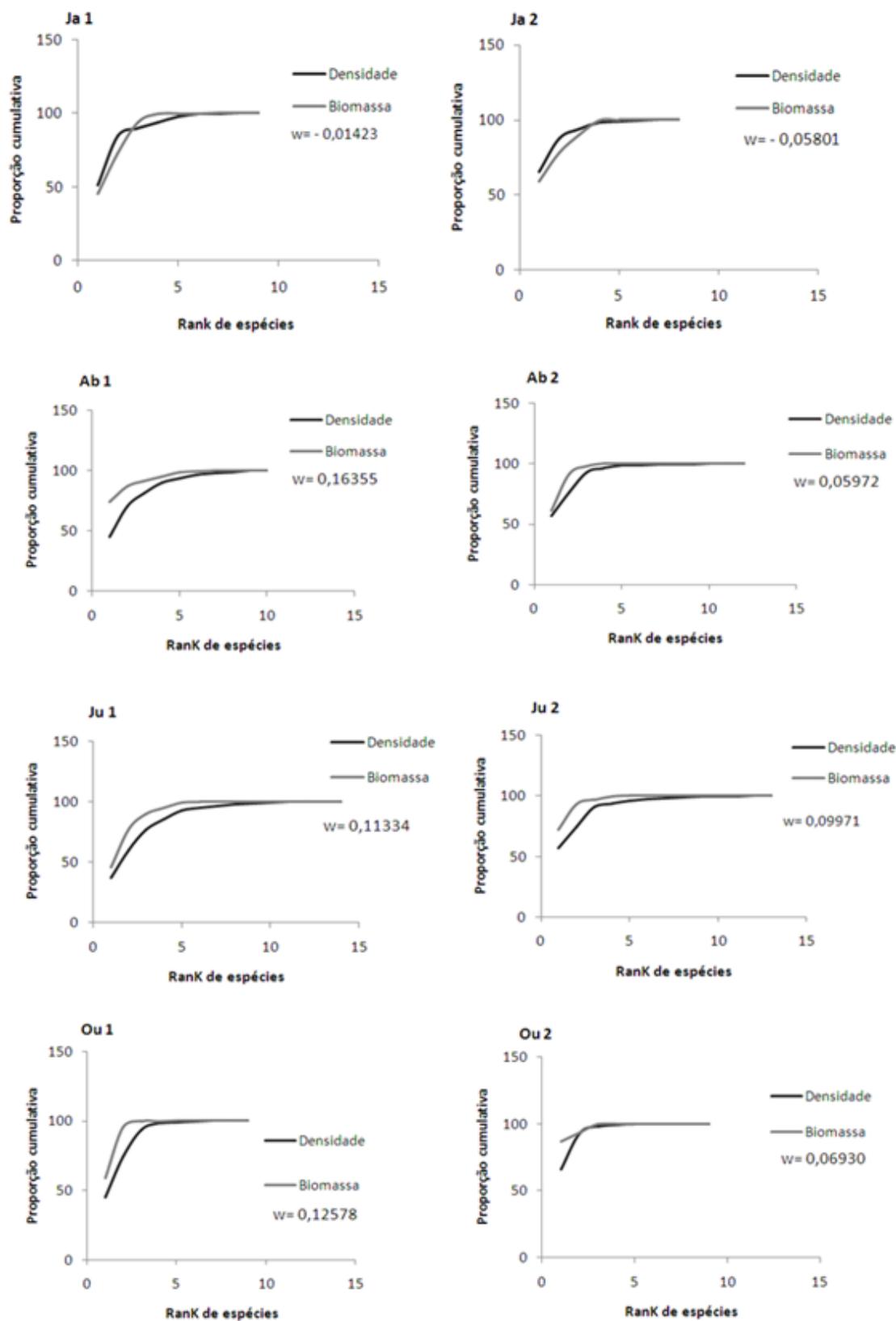


Figura 6- Curvas ABC comparando a biomassa acumulada e a abundância numérica de todos os táxons do zooplâncton e seus respectivos valores do índice W para a comunidade zooplancônica no reservatório Boqueirão de Parelhas em 2012. 1 = ponto amostral 1; 2= ponto amostral 2; Ja = janeiro; Ab = abril; Ju = junho; Ou = outubro.

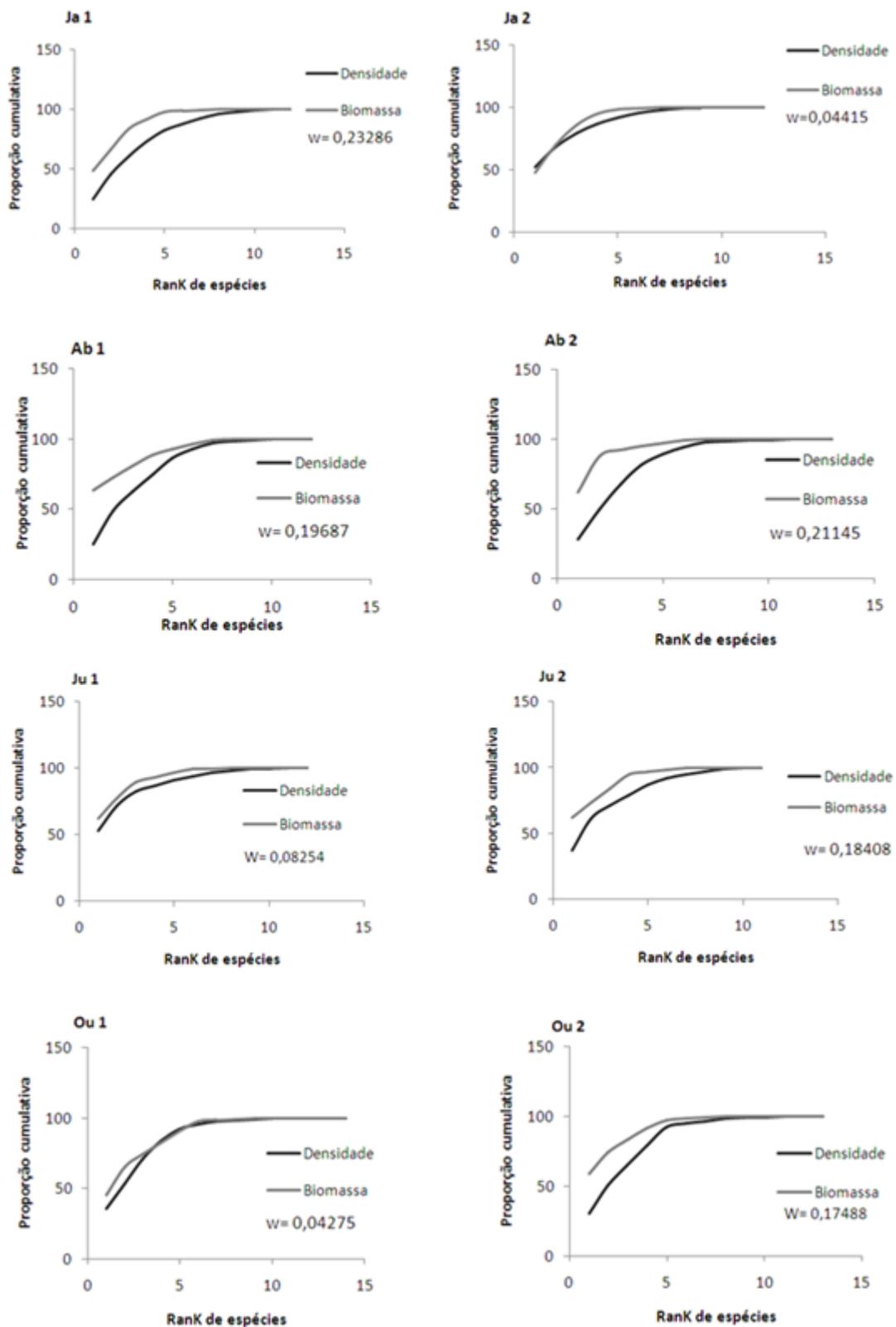


Figura 7- Curvas ABC comparando a biomassa acumulada e a abundância numérica de todos os táxons do zooplâncton e seus respectivos valores do índice W para a comunidade zooplancônica no reservatório Passagem das Traíras em 2012. 1 = ponto amostral 1; 2= ponto amostral 2; Ja = janeiro; Ab = abril; Ju = junho; Ou = outubro.

4. DISCUSSÃO

O clima na região semi-árida do Seridó, Rio Grande do Norte, resultou no ano de 2012 em um acentuado déficit de precipitação pluvial em relação ao valor da média histórica para a região e com conseqüências para a qualidade da água dos reservatórios estudados. Houve marcada redução no nível da água dos reservatórios (SEMAHR, 2012) e conseqüentes alterações em suas características limnológicas.

Devido a baixa precipitação as principais características físicas e químicas da coluna d'água nos pontos amostrais de cada reservatório apresentaram um padrão homogêneo em cada sistema, não havendo diferenças nas concentrações de clorofila *a* e fósforo total, levando os mesmos a se comportarem como lagos. Os reservatórios das regiões semiáridas em geral funcionam como bacias de evaporação e de concentração de sais pelo fato de se comportarem mais como lagos do que propriamente reservatórios, e não possuem aporte contínuo afluente visto que seus rios formadores são na maior parte temporários, com fluxo interrompido em anos de secas prolongadas (Barbosa et al., 2012) como aconteceu no ano de estudo (2012). Esses reservatórios também possuem longo tempo de residência da água, e por esta razão tendem a concentrar nutrientes nos reservatórios (Costa et al., 2009).

Assim, os reservatórios Boqueirão de Parelhas e Passagem das Traíras no ano de 2012 foram caracterizados por altas temperaturas e concentração de nutrientes, condutividade elétrica e clorofila *a*. Com base nos valores encontrados de PT e de clorofila *a*, o reservatório Boqueirão de Parelhas foi classificado como mesotrófico, e o reservatório Passagem das Traíras classificado como eutrófico, seguindo os critérios de classificação de estado trófico mais adequadas para a região semiárida, onde as concentrações acima de $60 \mu\text{g.L}^{-1}$ de fósforo total e $12 \mu\text{g.L}^{-1}$ de clorofila *a* são indicadoras de um estado eutrófico (Thorton & Rast, 1993).

4.1 A Comunidade Zooplânctônica como Bioindicadora

A eutrofização em reservatórios provoca grandes mudanças na estrutura das comunidades do zooplâncton em resposta ao estado trófico e aos fatores abióticos (Brito et al., 2011), pois esses organismos são sensíveis as condições ambientais e respondem rapidamente as mudanças ambientais

(Gannon & Stemberger, 1978). Muitas espécies desaparecem como consequência de algas tóxicas ou entupimento do aparelho filtrador para alimentação durante a proliferação de algas, especialmente as cianobactérias, que podem ter ambos os efeitos (Matsumura-Tundisi et al., 1986). No entanto, no presente estudo a comunidade zooplancônica dos dois reservatórios estudados apresentaram composição taxonômica semelhante, apesar dos diferentes graus de trofia dos reservatórios, compartilhando cerca de 70% do total de espécies. Estas comunidades têm como principais características a predominância de espécies tolerantes as variações ambientais e de ampla distribuição geográfica (Attayde & Bozelli, 1998; Branco et al., 2002; Rodrigues & Matsumura-Tundisi, 2000).

Os Rotífera *Brachionus havanaensis*, *Brachionus calyciflorus* e *Keratella tropica* foram as mais frequentes em ambos os reservatórios e mais abundantes no reservatório Passagem das Traíras. Estas três espécies já foram consideradas indicadoras de ambientes eutrofizados e sujeitos a distúrbios em reservatórios da região semiárida (Leitão et al., 2006). Em especial a espécie *Brachionus calyciflorus* é tolerante as condições prevalentes em ambientes extremamente eutrofizados (Sládecek, 1983) e a elevada condutividades (Berzins & Pjeselen, 1989). Além disso, esta é uma espécie cosmopolita e já há bastante tempo vem sendo utilizada como indicadora de eutrofização em diversas partes do mundo como: nos Estados Unidos (Makarewicz, et al., 1985), na Republica Tcheca (Sládecek et al., 1983), na Nova Zelândia (Duggan et al., 2001) e no Brasil (Leitão et al., 2006; Eskinazi Sant'anna et al. 2013).

Nossos resultados também evidenciaram elevada frequência e abundância numérica de três espécies de Copepoda Calanoida *Notodiaptomus cearensis*, *Notodiaptomus iheringi* e *Argyrodiaptomus azevedoi* em ambos os reservatórios. Estudos mostram que existe uma tendência da redução de copépodos calanoidas em ambientes eutrofizados de regiões tropicais (Rocha et al., 1997). Porém, nossos resultados mostraram outro padrão para comunidade zooplancônica em relação a este grupo, assim como alguns resultados de Tundisi & Matsumura- Tundisi, 1990 e Sousa et al., 2008, com a ocorrência e abundância de copépodos Calanoida em sistemas mesotróficos a eutróficos. Este fato indica que dentro de cada grupo zooplancônico há

espécies que estão sempre associadas aos corpos de água eutrofizados, a não ser que outros fatores limitem esses grupos. Assim, as três espécies de copépodos Calanoida mais abundantes e frequentes nos reservatórios estudados são espécies endêmicas da região Neotropical (Leitão et al., 2006), com possibilidade de serem espécies evolutivamente selecionadas sob a variabilidade climática peculiar da região semiárida, o que explicaria a persistência de suas populações.

A ocorrência dos mesmos táxons dos Copepoda Cyclopoida nos reservatórios estudados, que se encontram em diferentes estados tróficos também foi registrada em relação às espécies *Thermocyclops decipiens*, *Mesocyclops meridianus* e *Mesocyclops aspericornis*. As espécies desses gêneros são encontradas ocorrendo juntas em reservatórios (Matsumura-Tundisi et al., 1981; Tundisi & Matsumura-Tundisi, 1994; Silva, 1998), similarmente ao que mostram nossos resultados para o reservatório de Passagem das Traíras, sugerindo que essas espécies sejam favorecidas pelos seus hábitos alimentares, pois as espécies de *Thermocyclops* são geralmente consideradas herbívoras e carnívoras facultativas, enquanto que as de *Mesocyclops* são carnívoras e detritívoras (Fernando et al., 1990). Também encontramos nos nossos resultados o *T. decipiens* ocorrendo em ambos os reservatórios. Essa espécie é usualmente dominante entre os copépodos planctônicos ocorrendo em corpos de água desde mesotróficos até eutróficos (Reid, 1989) e considerada por muitos autores como uma espécie indicadora de ambientes sob distúrbio e rico em nutrientes (Newman-Leitão et al., 1989; Rietzler & Espindola, 1998; Sampaio et al., 2002). O enriquecimento de nutrientes nos corpos d'água causa mudanças na composição das espécies do fitoplâncton, em virtude das mudanças nas condições físicas e químicas, bem como a presença de bactérias e detritos, determinando a qualidade e a quantidade do alimento disponível para o zooplâncton favorecendo espécies como o copépodo Cyclopoida *T. decipiens* (Landa et al., 2007).

Quanto aos Cladocera, diferentemente de Rotífera e Copepoda, as espécies mais frequentes e abundantes não tiveram coincidência total entre os dois reservatórios estudados. As espécies em comum registradas em ambos os reservatórios, *Ceriodaphnia cornuta* e a *Daphnia gessneri*. Ambas são espécies fisiologicamente e morfologicamente adaptadas para viverem em

amplo gradiente de trofia, ocorrendo de sistemas oligotróficos a eutróficos, não sendo por isso bons bioindicadores (Sampaio et al., 2002). Por outro lado, as espécies dos gêneros *Diaphanosoma* e a *Moina* são geralmente favorecidos pela alta turbidez orgânica dos corpos de água eutróficos ou hipereutróficos sob constantes florescimentos algais (Cuker & Hudson, 1992; Maia-Barbosa & Bozelli, 2006; Pagano, 2008). Similarmente ao que mostram nossos resultados para a espécie *Moina micrura* no reservatório Passagem das Traíras. No entanto, outros fatores também podem alterar a estrutura das comunidades, como a presença de cianobactérias filamentosas, as quais podem entupir o aparato de filtração das *Daphnia* e *Diaphanosoman* (Lampert, 1987) e a predação seletiva de peixes (Brooks & Dodson, 1965).

Dessa forma, devido à quase total presença, frequência de ocorrência e abundância das espécies em ambos reservatórios pode-se inferir que estas não responderam como bioindicadoras para as mudanças na qualidade da água, devido à similaridade na composição da comunidade zooplânctônica. A prevalência de condições ambientais típicas da região semiárida, agravadas pela falta de chuvas em decorrência do intenso e prolongado fenômeno de El Niño nos anos de 2010-2012 e prolongamento no período 2012-2013 apesar do moderado fenômeno La Niña provavelmente, e outros fatores climáticos regionais (Gutierrez et al., 2014).

A ocorrência e elevada abundância da maioria das espécies reportadas nos reservatórios estudados foi também anteriormente registrada nestes e em outros reservatórios da região semiárida do Rio Grande do Norte, evidenciando existirem associações ou assembléias de espécies bem estabelecidas e características dos corpos de água em nível regional (Sousa et al., 2008; Eskinazzi et al., 2013), o que faz com que as espécies estejam presentes, mesmo em corpos de água com estados tróficos diferentes. Há no entanto, exceções, como algumas espécies de copépodos e cladóceros exclusivas do reservatório de Passagem das Traíras, talvez indicando algum tipo de mudança na qualidade da água.

Embora a composição das espécies não tenha respondido ao estado trófico dos reservatórios estudados, a comparação da abundância e biomassa total do zooplâncton, bem como dos grupos taxonômicos em cada reservatório, evidenciam que estas corresponderam ao grau de trofia. Geralmente a

abundância e biomassa total do zooplâncton é menor em ambientes oligotróficos ou mesotróficos quando comparado com sistemas eutróficos que apresentam maiores abundância e biomassa (Blancher, 1984; Hanson & Peter, 1984; Heberman, 1996; Bonecker et al., 2007). Assim, nossos resultados mostraram menor densidade e biomassa no reservatório Boqueirão de Parelhas (mesotrófico) e maior densidade e biomassa no reservatório de Passagem das Traíras (eutrófico). Porém, outros padrões na estrutura da comunidade zooplanctônica ainda podem ocorrer nos reservatórios tropicais por influência da qualidade e quantidade do alimento e a resistência a herbivoria em ambientes eutrofizados (Pinto-Coelho, 1998).

Diversos trabalhos mostram que os Rotífera têm sido um grupo reconhecido como dominante na comunidade zooplanctônica de lagos e reservatórios eutróficos e hiper-eutróficos de muitos países como o Brasil (Jeppesen et al., 2011; Perbiche-Neves, 2013) e que sua densidade e biomassa aumentam de acordo com o estado trófico (Haberman et al., 2007). Entretanto, em reservatórios tropicais os rotíferos são mais abundantes, mas devido ao seu pequeno tamanho contribuem menos em biomassa (Sendacz et al., 2006). Concordando com os resultados do estudo, onde os rotíferos foram mais abundantes durante o ano de 2012 em Passagem das Traíras e em menor escala em Boqueirão de Parelhas, mas de maneira geral a participação deste grupo para a biomassa total da comunidade zooplanctônica foi muito pequena, sendo esta completamente dominada pelos Copepoda.

As maiores densidade e biomassa total do zooplâncton no período de seca prolongada, principalmente dos grupos Rotífera e Copepoda Calanoida, podem estar relacionadas com o estado trófico no reservatório Boqueirão de Parelhas, pois além das concentrações de nutrientes, o estado trófico é um fator importante na estrutura da composição das espécies (Greenwald & Hurlbert, 1993; Green, 1993). Os reservatórios do semiárido sofrem constantes alterações do estado trófico ao longo do ano, havendo variações na biomassa algal, influenciando diretamente a comunidade zooplanctônica (Eskinazzi et al., 2007), favorecendo os rotíferos o que se reflete em sua maior abundância devido à oferta do alimento (Serafim et al., 2010) e os copepodos Calanoida em termos de ambas, densidade e biomassa, por uma combinação de fatores, a elevada disponibilidade de alimento, o elevado tempo de residência da água

do reservatório e a alta condutividade elétrica (Beklioglu et al., 2007; Castilho-Noll et al., 2012).

Dessa forma, a abundância dos rotíferos indicou as mudanças na qualidade da água dos reservatórios estudados, porém fatores como a turbidez, salinidade e o próprio grau de trofia, podem ter influenciado de maneira diferente a densidade e a biomassa dos grupos Rotífera e Copepoda.

4.2 Razão Calanoida:Cyclopoida

A razão Calanoida:Ciclopoida foi condizente com o grau de trofia dos reservatórios estudados. No reservatório Boqueirão de Parelhas apesar de sua condição mesotrófica, a densidade de copépodos Calanoida é extremamente elevada, gerando valores da razão Calanoida:Cyclopoida que são uma ou duas ordens de magnitude acima dos valores normalmente encontrados. No reservatório de Passagem das Traíras notoriamente eutrofizado os valores para essa razão foram superiores a 1,0 a maior parte do tempo, só atingindo os valores esperados (menores que 1,0) no último trimestre do ano de 2012, sob condições extremas de trofia. Assim, uma nova escala de valores para a razão Calanoida:Cyclopoida necessita ser formulada, assim que a comunidade zooplanctônica de um maior número de reservatórios do semi-árido nordestino.

Diversos autores têm mostrado a utilidade do zooplâncton como indicador das mudanças na dinâmica e estado trófico de diferentes tipos de corpos de água em resposta às mudanças na carga de nutrientes e no clima (Jeppesen, 2000, 2005, 2009,. Sondergaard et al. de 2005). Apesar dessas evidências é também amplamente reconhecido que podem existir diferenças em relação às respostas entre as comunidades e que os indicadores adequados para cada região podem variar. Assim, Jeppesen et al. (2011) sugerem que inicialmente os estudos devem ser desenvolvidos em escala regional, pois dependendo das características do ambiente as respostas dos diferentes componentes das comunidades podem ser diferentes e um indicador que é importante num dado sistema pode não responder em outro, por exemplo devido a diferenças quanto à intensidade dos controles “top-down” ou “bottom-up”, ou a características físicas e químicas particulares de cada sistema.

Houve, portanto, grande variabilidade e tendência à diminuição dos valores da razão Calanoida:Cyclopoida na comunidade zooplanctônica de

ambos os reservatórios, os quais estiveram sob o distúrbio do evento de seca severa durante o ano de 2012. É importante observar que os reservatórios do semiárido nordestino tem um padrão estrutural de comunidade zooplanctônica diferenciado, com dominância de copépodos Calanoida tolerantes à elevada concentração iônica (Sousa et al., 2008; Eskinazi-SAnt´anna, 2013) e capazes de explorar como recurso alimentar as cianobactérias (Panosso et al., 2003) diferentemente de espécies de Calanoida, que ocorrem em outras localidades, como demonstrado por Pinto-Coelho, 1998.

Assim, é possível que uma outra escala de valores de referência possa ser estabelecida após mais estudos similares e por períodos de tempo mais longos tenham sido feitos com a comunidade zooplanctônica nos reservatórios do semiárido do Nordeste brasileiro.

4.3 Curvas ABC e estatística W

Os resultados das curvas ABC e os valores correspondentes da estatística W para a comunidade zooplanctônica sugerem que ambos os reservatórios variam ao longo do período do estudo de ambientes impactados, a moderadamente impactados e não impactados. No reservatório Boqueirão de Parelhas, o formato das curvas ABC e os menores valores da estatística W, incluindo valores negativos, sugerem que a comunidade zooplanctônica neste reservatório sofreu maior alteração do que a comunidade zooplanctônica do reservatório Passagem das Traíras, onde apenas para uma amostragem e em um único ponto foi obtido valor negativo para a estatística W. Sugerindo ser este reservatório um pouco menos impactado do que o reservatório Boqueirão de Parelhas.

Essas observações não corroboram o nível trófico dos reservatórios estudados, visto que pelos indicadores do grau de trofia foi evidenciado que o reservatório Passagem das Traíras tem um grau de trofia maior do que o reservatório Boqueirão de Parelhas. A razão para isso reside no fato de que as curvas ABC e a estatística W apenas refletem alterações ocorridas na estrutura das comunidades, não sendo apropriadas para discriminar o tipo de estresse ou impacto ambiental que determinou a alteração. Os corpos de água da região semiárida são peculiares, impondo outros tipos de estresse à biota aquática. Estes reservatórios sofrem simultaneamente variações temporais do estado trófico e salinidade, sendo controlados pelo balanço hidrológico de precipitação

e evaporação (Tundisi et al., 2006; Beklioglu et al., 2007) os quais influenciam a composição da comunidade zooplanctônica (Bruçet et al., 2009).

Porém, em termos de estrutura da comunidade podemos sugerir que não houve substituição das espécies estrategistas k pelas estrategistas r (base teórica das curvas), onde na comunidade zooplanctônica em ambos os reservatórios houve predominância em biomassa por parte de espécies de ciclos mais longos como os Copepoda Calanoida, representando o modelo que era esperado apenas no reservatório Boqueirão de Parelhas devido ao seu menor grau de trofia. As espécies estrategistas-K são organismos que possuem um ciclo biológico mais longo e complexo, sendo favorecidos pelo maior tempo de retenção da água e requerem uma maior estabilidade física do ambiente (Sartori et al., 2009). Em relação a abundância das espécies estratégia r (espécies menores) como os rotíferos, estes quase predominaram em alguns meses no reservatório de Boqueirão Parelhas, fazendo com que as curvas de abundância e biomassa se aproximassem ou cruzassem. A mesma configuração de curvas muito próximas ocorreram também em alguns pontos no reservatório de Passagem das Traíras, pois foi evidenciado uma alta abundância dos rotíferos. No entanto, esperava-se que a curva de abundância ficasse acima da curva de biomassa o que corresponderia a uma alteração na composição da comunidade, com maior abundância de espécies de estratégia r. Contudo, no reservatório de Passagem de Traíras os rotíferos não foram dominantes em biomassa. Os rotíferos dominam em termos de densidade na maioria dos reservatórios do Brasil (Rocha et al., 1995). Fatores como ciclo de vida curto, mecanismo de alimentação e metabolismo elevado fazem com que os rotíferos tenham vantagens competitivas em relação a outros grupos do zooplâncton e reajam mais rapidamente às mudanças na qualidade da água (Allan, 1976; Dumont, 1975).

Portanto, é provável que esses índices aplicados à comunidade zooplanctônica não sejam bons indicadores de eutrofização em reservatórios da região semiárida, devido aos efeitos dos fatores regionais que atuam como força de seleção de espécies na comunidade, fazendo com que não ocorram diferenças em função do grau de trofia entre as espécies de estratégia r e k. Ou é possível que a comunidade zooplanctônica já esteja respondendo ao primeiro estágio do processo de eutrofização, onde a biomassa é a primeira

característica das comunidades a ser alterada, mas alterações na estrutura da comunidade, previstas ocorrerem no terceiro e último estágio da eutrofização ainda não tenham sido alcançadas (Hellawell, 1978)

Há, portanto, necessidade de se ampliarem os estudos da comunidade zooplanctônica, tanto na escala temporal quanto na espacial, de forma a criar uma tipologia regional e estabelecer faixas de valores de referência próprios para a classificação do estado trófico dos reservatórios do semiárido nordestino. É possível que desta forma o potencial da comunidade zooplanctônica como bioindicadora possa ser aproveitado, se fatores climáticos e hidrológicos regionais não sobrepujarem o estado trófico dos reservatórios no semiárido.

5. CONCLUSÕES

- Com base nas variáveis de concentração de fósforo total e concentração de clorofila *a*, tradicionalmente utilizadas para avaliação de estado trófico em lagos e reservatórios, o reservatório Boqueirão de Parelhas no ano de 2012 teve condição mesotrófica enquanto o reservatório Passagem das Traíras teve condição eutrófica a hipertrófica;

- Maiores densidade e biomassa total do zooplâncton foi encontrada no reservatório Passagem das Traíras, em decorrência dos seu maior grau de trofia;

- A premissa de diminuição da riqueza de espécies e da substituição de espécies mais sensíveis por espécies mais tolerantes não foi verificada. A riqueza de espécies foi ligeiramente maior no reservatório Passagem das Traíras, e a composição de espécies foi similar em ambos os reservatórios, com espécies consideradas tolerantes à eutrofização em ambos;

- A razão Calanoida:cyclopoida segue a tendência esperada em função do estado trófico dos reservatórios estudados, sendo maior no reservatório menos eutrofizado, mas os valores de referência originalmente estabelecidos não se aplicam, necessitando ser revistos para a região semiárida;

- As curvas ABC e a estatística W que combinam as informações sobre a densidade numérica e a biomassa das populações dentro da comunidade não foram bons indicadores do estado trófico dos reservatórios estudados e provavelmente não podem ser aplicadas aos reservatórios de regiões

semiáridas devido ao efeito de seleção convergente exercido pela variável condutividade elétrica da água e dominância de cianobactérias no fitoplâncton.

6. REFERÊNCIAS

- Allan, J. D., 1976, Life history patterns in zooplankton. *Am. Nat.*, 110: 165-176.
- Apha. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. Washington: APHA, AWWA and W.E.F. Washington, D.C.
- Attayde, J.L. & Bozelli, R.L. 1998. Assessing the indicator properties of zooplankton assemblages to disturbance gradients by canonical correspondence analysis. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* vol.55.
- Avila, TR., Pedrozo, CS. & Bersano, JGF. 2009. Temporal variation of the zooplankton from Tramandaí Beach, RS, southern Brazil, with emphasis on Copepoda. *Iheringia, Série Zoologia*, vol. 99, nº1.
- Balseiro, E. G.; Modenutti B. E.; Queimaliflos C. P. 1997. Nutrient recycling and shifts in N:P ratio by different zooplankton structures in a South Andes lake. *Journal of Plankton Research* V.19 nº7 p.805-817.
- Barbosa, J.E.L. 2002. Dinâmica do fitoplâncton e condicionantes limnológicos nas escalas de tempo (nictemeral/sazonal) e de espaço (horizontal/vertical) no Açude Taperoá II: trópico semi-árido nordestino. Tese de doutorado. São Carlos: Universidade Federal da São Carlos.
- Barbosa et al., 2012. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensia*. vol. 24, no. 1, p. 103-118.
- Bays, J. S. & Crisman, T. L. 1983. Zooplankton and trophic state relationships in florida lakes. *can. j. fish. aquat. sci.*, vol. 140, 1813-1819.
- Beklioglu, M.; Romo, S.; Kagalou, T.; Quintana X. & Bécares E. 2007. State of the art in the functioning of shallow Mediterranean lakes: workshop conclusions. *Hydrobiologia* 584: 317-326.
- Bezerra, J.G.O.J & Silva, N.M. 2007 Caracterização Geoambiental da microrregião do seridó oriental do Rio Grande do Norte. *Holos*, ano 23, Vol 2.
- Berzins, B & Pejler, B. 1989. Rotifer occurrence and trophic degree. *Hydrobiologia* 182:171-180.
- Blancher, E.C. 1984. Zooplankton-trophic state relationships in some north and central florida Lakes. *Hydrobiologia*. 109 (3): 251-203.
- Bonecker, C.C. et al. 2007. Zooplankton biomass in tropical reservoir in southern Brazil. *Hydrobiologia*. 579:115-123.
- Bottrell, H.H. et al., 1976. A review of some problems in zooplankton studies. *Norw. J Zool.*, 24: 419-456.

- Bouvy, M.; Pagano, M. & Trousselier, M. 2001. Effects of a cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) on bacteria and zooplankton communities in Ingazeira reservoir (northeast Brazil). *Aquatic Microbial Ecology*, 25: 215-227.
- Branco, C.W.C.; Rocha M.I.A.; Pinto, G.F.S.; Gômara, G.A.; De Felippo R. 2002. Limnological features of Funil Reservoir (R.J) and indicator properties of rotifers and cladocerans of the zooplankton community. *Lakes & Reservoir: Research and Management* 7:87-92.
- Brandorff, G. O. 1972. Ein Beitrag zur Calanidenfauna (Crustacea Copepoda) des Amazonasbietes, mit eimen Überblick üdie Diaptomiden (Crustacea Copepoda) Südamerikas. Diplomarbeit, Max Planck Institute.
- Brito, S. L.; Maia-Barbosa, P. M. 2009. Differences in body size of *Thermocyclops minutus* (Lowndes, 1934) in two tropical lakes. *Acta Limnol. Bras.*, v.21, no. 4, p. 409-414.
- Brooks, J. L. & Dodson, S. I. 1965, Predation, body size, and composition of plankton. *Science*, 150: 28-35.
- Brucet, S. et al., 2009. Species richness of crustacean zooplankton and trophic structure of brackish lagoons in contrasting climate zones: north temperate Denmark and Mediterranean Catalonia (Spain). *Ecography* 32: 692-702.
- Burns, C. W. & Galbraith, L. M. 2007. Relating plankton microbial food web structure in lentic freshwater ecosystems to water quality and land use. *J. Plankton Res.*, 29, 127-139.
- Campbell, J. M. & Haase, B. L. 1981, Availability of suitable phytoplanktonic food for zooplankton in an icecovered lake. *Hydrobiologia*, 79: 113-119.
- Clarke, K. R. 1990. Comparisons of dominance curves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 138:143-157.
- Castilho-Noll, M. S. M. et al. 2012. Copepods (Crustacea, Maxillopoda) from shallow reservoirs. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 24, no. 2, p. 149-159
- Costa et al., 2006. Occurrence of toxin-producing cyanobacterial blooms in a Brazilian semiarid reservoir. Brazil. *J. Biol.*, 66 (1B): 211-219.
- Costa, I.A.S. et al., 2009. Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semiárido do Rio Grande do Norte. *Oecologia Brasiliensis*, 13 (2), 382-401.
- Cottingham, KL. & Carpenter, SR. 1998. Population, community, and ecosystem variates as ecological indicators: phytoplankton responses to whole-lake enrichment. *Ecological Applications*, vol. 8, nº 2, p. 508-530. [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0508:PCAEVA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0508:PCAEVA]2.0.CO;2)

- Cuker, B.E. & Hudson, L.Jr.1992. Type of suspended clay influences zooplankton response to phosphorus loading. *Limnol. Oceanogr.* 37, 566-576.
- Dehghan-Madish,S.; Nabavi, S.M.B.; Ghoflesh-Marammazi, J.; Jahani, N. & Koochaknejad, E.N. 2012. Application of Abundance Biomass Curve in Ecological Health Assessment of Khure-Mussa (Northwest of the Persian Gulf.*Journal of the Persian Gulf (Marine Science)*, 3 (7): 1-10.
- Dias, A. M. & Tejerina-Garro, F. L. 2010. Changes in the Structure of fish assemblages in streams along an undisturbed – impacted gradient, upper Paraná River basin, Central Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 8(3): 587-598.
- Duggan, C.; Green, J.D. & Schiel, R.J. 2001.Distribution of rotifers in North Island, New Zealand, and their potential use as bioindicators of lake trophic state.*Hydrobiologia* 446/447: 155–164.
- Dumont, H.J.; Van de V. I.; Dumont, S. 1975.The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters.*Oecologia*,Berlim, p. 75-97.
- Elmoor-Loureiro, L. M. A.1997. Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil. Brasília:Universa.
- Eskinazi-sant´anna, E.M.; Menezes, R.C.; Costa, I. S. ;Attayde, J. L; Araujo, M.; Panosso, R. 2013. Zooplankton assemblages in eutrophic reservoirs of the Brazilian semi-arid.*Braz. J. Biol.* 73 (1) 37-52.
- Esquinazi –Santanna et al., 2007. Composição da comunidade zooplanctônica em reservatórios eutróficos do Semi-árido do Rio Grande do Norte. *Oecol.Bras.*,11(3):410-421.
- Ferdous, Z. & A.K.M. Muktadir. 2009. A review: potentiality of zooplankton as bioindicator. *Am. J. Appl. Sci.*, 10: 1815-1819.
- Fernando, C. H., Tudorancea, C. & Mengestou, S.1990. Invertebrate zooplankton predator composition and diversity in tropical lentic waters. *Hydrobiologia*, 198: 13-31.
- Freire, M.F.; Pinto-Coelho.1986. Composição e distribuição horizontal do zooplâncton no reservatório de Vargem das Flores, Betim/contagem, Minas Gerais. *Ciência e Cultura*, vol. 38 (5), p. 919-926.
- Gannon, J.E. & Stemberger, R.1978. Zooplankton (specially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. *Trans. Am. Microsc. Soc.*vol 97. P. 16-35.
- Gazzonato Neto, A. J. 2013. Estudo Limnológico dos Reservatórios Jaguari e Jacareí com Ênfase na Comunidade Zooplanctônica. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP. 111 p.
- Geraldes, A. M. & Boavida, M^a J.2007. Zooplankton assemblages in two reservoirs: one subjected to accentuated water level fluctuations, the other with more stable water levels. *Aquatic Ecology*.v 41, p. 273–284.

- Green, J. 1993. Diversity and dominance in planktonic rotifers. *Hydrobiologia*. 255/256: 345-352.
- Greenwald, G.M. & Hurlbert, S.H.1993. Microcosm analysis of salinity effects on coastal lagoon plankton assemblages. *Hydrobiologia*, 267: 307-335.
- Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B.2004. *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.66 p.68-70 p.102 p.92
- Haberman, J.; Laugaste R.; Nõges, T..2007. The role of cladocerans reflecting the trophic status of two large and shallow Estonian lakes. *Hydrobiologia*. 584: 157-166.
- Hanson, J.M. & Peters, R.H.1984. Empirical prediction of zooplankton and profundal macrobenthos biomass in lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 439-455.
- Heberman, J.1996. Contemporary state of the zooplankton in Lake Peipsi. *Hidrobiologia* 338: 113-123.
- Heberman, J., 1998. Zooplankton of Lake Võrtsjarv. *Limnological* 28: 49-65
- Hellawell, J. M. 1978. *Biological surveillance of rivers*. Stevanage: Water Research Centre.
- IDEMA, Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. <http://www.idema.rn.gov.br/>
- Jeppesen, E., J. P.;Jensen, M. ;Sondergaard;T. Lauridsen, 2005. Response of fish and plankton to nutrient loading reduction in 8 shallow Danish lakes with special emphasis on seasonal dynamics. *Freshwater Biology* 50:1616-1627.
- Jeppesen, E. J. P.;Jensen, M.;Sondergaard, T. L.; Lauridsen ;Landkildehus, F.2000. Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphorus gradient. *Freshwater Biology* 45:201-218.
- Jeppesen, E.,et al., 2009.Climate change effects on runoff, catchment phosphorus loading and lake ecological state, and potential adaptations. *Journal of Environmental Quality* 38: 1030-1041.
- Jeppesen, Erik et al. 2011.Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD).*Hydrobiologia*. 676:279–297.
- Jespersen, A.M. & K. Christoffersen, 1988. Measurements of chlorophyll-a from phytoplankton using ethanol as extraction solvent. *Archiv für Hydrobiologie*. 109: 445-454.
- Koste, W.,1978. *Rotatoria*. Berlin: Gebruder Borntraeger. 234 pp.
- Kottek, M.;Grieser, J.; Beck, C.; Rudolf,B.; Rubel, F. 2006. World Map of the

Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 15, No. 3, 259-263

Lal, R. 1985. Soil erosion and sediment transport research in tropical Africa. *Hydrological Sciences Journal*, 30:2, 239-256.

Landa, G. G.; Barbosa, F. A. R.; Rietzler, A. C.; Barbosa, P. M. M. 2007. *Thermocyclops decipiens* (Kiefer, 1929) (Copepoda, Cyclopoida) as Indicator of Water Quality in the State of Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Vol.50, n. 4 : pp. 695-705

Lathrop R. C. & Carpenter S. R. 1992. Zooplankton and their relationship to phytoplankton. In: *Food Web Management: A Case Study of Lake Mendota* (ed. J. F. Kitchell) pp. 127–50. Springer-Verlag, New York.

Lazarro, X.; Bouvy, M.; Ribeiro-Filho, R.; Oliveira, V.; Sales, L.; Vasconcelos, A.; Mata, M. 2003. Do fish regulate phytoplankton in shallow eutrophic northeast Brazilian reservoirs? *Freshwater biology*. 48: 649-668.

Leitão, A. C.; Freire, R. H. F.; Rocha, O.; Santaella, S. T, 2006. Zooplankton community composition and abundance of two Brazilian semiarid reservoirs *Acta Limnol. Brasiliensia*, 18(4):451-468.

Lopes, R.M; Lansac-Tôha, F.A.; Vale, R.; Serafim-Junior, M. 1997. Comunidade zooplanctônica do reservatório Segredo. In: Agostinho, A.A.; Gomes, L.C (Eds). *Reservatório de Segredo: base ecológicas para o manejo*. Maringá: Eduem, PP. 39-60.

Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Oxford, Blackwell Science, 255 p.

Maia-Barbosa, P.M. & Bozelli, R. L. 2006. Community structure and temporal dynamics of cladocerans in the Amazonian lake (lake Batata, PA, Brazil) impacted by bauxite tailings. *Acta Limnol. Brasiliensia*. 18, 67-75.

Makarewicz, J.C.; Lewis, T. & Bertram, P. 1985. Phytoplankton and Zooplankton Composition, Abundance, Distribution and Trophic Interactions: Offshore Region of Lakes Erie, Lake Huron and Lake Ontario Interpretive Report, vol.1, USEPA, 253p.

Malley, D.F.; Lawrence, S.G.; Maciver, M.A.; Findlay, W.J. 1989. Range of variation in estimates of dry weight for planktonic Crustacea and Rotifera from temperate North American Lakes. *Can. Tech. Report. Fish. Aquat. Sci.* n° 1666.

Matsumura-Tundisi, T.; Hino, K.; Claro, S. M. 1981. Limnological studies at 23 reservoirs in southern part of Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 21: 1040-1047.

Matsumura-Tundisi T.; Luzia A. P. ; Tundisi J. G. 2000. Estado Trófico dos Reservatórios em Cascata do Médio e Baixo Tietê (SP) e Manejo para o Controle da Eutrofização. In: *Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos*. Vol 9: Gerenciamento da Qualidade da água de Represas (eds M. Straskraba & J. G. Tundisi) pp. 141– 60. ILEC/IIE, São Carlos.

Matsumura-Tundisi, T. & J.G. Tundisi. 2003. Calanoida (Copepoda) species composition changes in the reservoirs of São Paulo State (Brazil in the last twenty years). *Hydrobiologia*, 504: 215-222.

Matsumura-Tundisi, T. 1984. Occurrence of species of the genus *Daphnia* in Brazil. *Hydrobiologia*, 112: 161-165.

Matsumura-Tundisi, T.;Hino, K.; Rocha, O.1986. Características limnológicas da lagoa do Taquaral (Campinas, SP) – um ambiente hipereutrófico. *Ciência e Cultura*, 38(3): 420-425.

McCauley E. & Kalff J. 1981 Empirical relationships between phytoplankton and zooplankton biomass in lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38, 458–63.

Melo, A.S.; Hepp, L.U. 2008. Ferramentas estatísticas para análise de dados provenientes de biomonitoramento. *Oecol. Bras.* 12 (3): 463-486.

Negreiros, N.F 2014. Limnologia de Lagos de Várzea do Rio Madeira com ênfase na diversidade e Produção Secundária da Comunidade Zooplancônica. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.240p.

Newmann-Leitão, S. & Nogueira-Paranhos, J.D. 1989. Zooplâncton do Rio São Francisco - região nordeste do Brasil. *Trab. Oceanogr.* 20: 173-196.

Nogueira M.G.2001. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of enviromental compartmentalization in Jurumim reservoir (Paranapanema river), SP, Brazil. *Hidrobiologia* 455:1-18.

Nogueira, M.G.; P.C. Reis-Oliveira & Y.T. Britto. 2008. Zooplankton assemblages (Copepoda and Cladocera) in a cascade of reservoirs of a large tropical river (SE Brazil). *Limnetica*, 27(1): 151-170.

Pagano, M. 2008. Feeding of tropical cladocerans (*Moina micrura* e *Diaphanosoma excisum*) and rotifer (*Brachionus calyciflorus*) on natural phytoplankton: effect of phytoplankton size structure. *Journal of Plankton Research*, 30 (4): 401- 414.

Patalas, K.1971. Crustacean plankton communities in forty-five lakes in the Experimental Lakes Area,northwestern Ontario. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 28: 231-244.

Panosso, R.; Carlsson, P.; Kozlowski-Suzuki, B. et al. 2003. Effect of grazing by a neotropical copepod, *Notodiaptomus*, on a natural cyanobacterial assemblage on toxic and non- toxic cyanobacterialstrains. *J. Plankton Res.*, 25, 1169–1175.

Pauli, H.R. 1989. A new method to estimate individual dry weights of rotifers.*Hydrobiologia*,186 (197): 355-361.

Pejler, B.1983. Zooplanktic indicators of trophy and their food. *Hydrobiologia*, 101: 111-114.

Perbiche-Neves, G.; Fileto, C.; Laço-Portinho, J.; Troguer, A.; Serafim-Junior, M. 2013. Relations among planktonic rotifers, cyclopoid copepods, and water qualityin two Brazilian reservoirs. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 41 (1): 138-149.

Pinto-Coelho, R. M. 1998. O impacto da Refinaria Gabriel Passos na estruturação da comunidade zooplancônica no reservatório de Ibirité, Betim, Minas Gerais. *Bios.*, 6: 11-19.

Pinto-Coelho, R.M.; Bezerra, N.J.F.; Morais, J.R.C.A. 2005. Effects of eutrophication on size and biomass of crustacean zooplankton in a tropical reservoir. *Braz. J. Biol.* 65 (2). 325-338.

Reid, J.W. & Saunders, J.F. 1986. The distribution of *Mesocyclops aspericornis* (Daday) in South America. *J. Crustac. Biol.* 6: 820-824.

Reid, J.W. 1985. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Biol. Zool.*, 9: 17-143.

Reid, J.W. 1989. The distribution of species of the genus *Thermocyclops* (Copepoda, Cyclopoida) in the Western Hemisphere, with description of *T. parvus*, new species. *Hydrobiologia*, 175: 149-174.

Rietzler, A .C. & Espíndola, E.L.G. 1998. Microcystis as a food source for copepods in a subtropical eutrophic reservoir. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 26: 2001-2005.

Rocha, O.; Sendacz, S.; Matsumura-Tundisi, T., 1995. Composition, biomass and productivity of zooplankton in natural lakes and reservoirs of Brazil. In TUNDISI, J.G., BICUDO, CEM. and MATSUMURA-TUNDISI, T. (Eds.). *Limnology in Brazil*. São Paulo: Brazilian Academy of Sciences and Brazilian Limnological Society.

Rocha, O. & A. Güntzel. 1999. Crustáceos Branchiópodos. In: Joly, C. A. & C. E. M. Bicudo (orgs.). *Biodiversidade do Estado de São Paulo: Síntese do conhecimento ao final do século XX*, 4: Invertebrados de água doce. pp. 109-120. São Paulo : FAPESP.

Rocha, O.; Matsumura-Tundisi, T.; Sampaio, E.C. 1997. Phytoplankton and zooplankton community structure and production related to trophic state in some Brazilian lakes and reservoir. *Ver. Int. Ver. Limnol.*, 26, 599-604.

Rodrigues, M.P. & Matsumura-Tundisi T. 2000. Variation of density, species composition and dominance of rotifers at a shallow tropical reservoir (Broa Reservoir, SP, Brazil) in a short scale time. *Rev Bras Biol* 60 (1):1-9.

Ruttner-Kolisko, A. 1977. Suggestions for biomass calculations of plankton rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 8: 71-76.

Sampaio, E.V.; Rocha, O.; Matsumura-Tundisi, T. & Tundisi, J.G. 2002. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. *Braz. J. Biol.*, 62: 525-545.

Sartori, L.P. 2009. Zooplankton fluctuations in Jurumirim Reservoir (São Paulo): a three-year study. *Braz. J. Biol.*, vol. 69(1), 1-18.

- Segers, H. 2002. The nomenclature of the Rotifera: annotated checklist of valide family-and genus-group names. *J. Nat. Hist.*, 36: 631-640
- Sendacz, S., Caleffi, S., Santos-Soares, J. 2006. Zooplankton biomass of reservoirs in different trophic conditions in the state of São Paulo, Brasil. *Braz. J. Biol.* 66 (1B): 337-350.
- SEMARH, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. <http://www.semarh.rn.gov.br/comitesdebacias.asp>.
- Sendacz, S. & Kubo, E. 1982. Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatórios do Estado de São Paulo. *Bol. Inst. Pesca*, 9: 51-189.
- Serafim-Júnior, M. et al. 2010. Variação espaço-temporal de Rotifera em um reservatório eutrofizado no sul do Brasil. *Iheringia, Sér. Zool.*, Porto Alegre, 100(3):233-241
- Silva, W.M. 2003. Diversidade dos Cyclopoida (Copepoda, Crustacea) de água doce do estado de São Paulo: taxonomia, ecologia e genética. 2003. 154 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Sinev, A.; Kotov, A. & Van-Damme, K. 2004. Morphology of a Neotropical cladoceran *Alona dentifera* (Sars, 1901), and its position within the Chydoridae Stebbing, 1902 (Branchiopoda: Anomopoda). *Arthropoda Selecta*. 13 (3): 99-107.
- Silva, W. M., 1998, Caracterização do reservatório de Nova Ponte (MG) nos meses de julho (seca) e fevereiro (chuvoso) com ênfase na composição e distribuição do zooplâncton. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 101p.
- Sládeček, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100: 169-201.
- Sondergaard, M.; Jeppesen, E.; Jensen, J.P. & Amsinck, S.L. 2005. Water Framework Directive: ecological classification of Danish lakes. *Journal of applied Ecology* 42:616-629.
- Sousa, W. ; Attayde, J.L. ; Rocha, E.S; Eskinazi-Sant'anna, E. M. 2008. 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*, 30 (6): 699-708.
- Sun, J. & Liu, D. 2003. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 25 (11):1131-1346.
- Tanaka, Y. 2012. Trait response in communities to environmental change: effect of interspecific competition and trait covariance structure. *Theor Ecol* 5:83–98
- Thornton, J.A. & W. Rast. 1993. A test of hypotheses relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid man-made lakes. In: M. Straskraba, J.G. Tundisi & A. TUNDISI, J. G.

Tundisi, J. G. 1988. Limnologia e manejo de represas. Série Monografias em Limnologia. Escola de Engenharia de São Carlos- Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, São Paulo: Academy of Sciences, v. 11, p 1-46.

Tundisi, J. G. & Matsumura-Tundisi, T. 1990. Limnology and eutrophication of Barra Bonita reservoir, S. Paulo State, Southern Brazil. Arch. Hydrobiol, 33, 661-676.

Tundisi, J.G. & T. Matsumura-Tundisi.1992. Eutrophication of lakes and reservoirs: a comparative analysis, case studies, perspectives. In: Algae and environment: a general approach. São Paulo : Sociedade Brasileira de Ficologia.

Tundisi, J. G. & Matsumura-Tundisi, T., 1994, Plankton diversity in a warm monomitic lake (Dom Helvécio, Minas Gerais) and a polymitic reservoir (Barra Bonita): a comparative analysis of the intermediate disturbance hypothesis. An. Acad. Bras. Ci., 66: 15-28.

Tundisi, J. G.; Matsumura-Tundisi, T.; ABE D. S.; Rocha, O. & Starling, F. 2006. Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. Pp 203-204. In: A.C. Rebouças, B. Braga, B & J. G.

Tundisi (org). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. Escrituras Editora, São Paulo. 465p.

Valderrama, J.C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. Mar. Chem., 10,109-122.

Varela-Freire, A. A.2002. A Caatinga Hiperxerófila Seridó, a sua caracterização e estratégias para a sua conservação. Academia de Ciências do Estado de São Paulo and U.S.Fish & Wildlife Service, Publ. No. 110, São Paulo, 39 p.

Warwick .M.1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. Marine Biology, 92:557-562.

Wolfgangbarger, W. C. 1999. Influences of biotic and abiotic factors on seasonal succession of zooplankton in Hugo reservoir, Oklahoma, U.S.A. Hydrobiologia 400:13-31.

Yemane, D.; Field, J. G. & Leslie, R. W.2005.Exploring the effects of fishing on fishing assemblages using abundance biomass comparison (ABC) curves. ICES Journal of Marine Sciences, 62:374-379.

7. Anexo

Anexo 1

Anexo1 Valores da estatística W segundo o índice de Wachik (1986) dos pontos amostrais do reservatório Boqueirão Parelhas e Passagem das Traíras. Onde P1, ponto 1; P2, ponto 2.

ESTATISTICA-W	BOQUEIRÃO		TRAÍRAS	
	P1	P2	P1	P2
JAN	-0,01423	-0,05801	0,23286	0,04415
FEV	-0,00088	0,14438	-0,08718	0,21073
MAR	0,00669	0,17717	0,24575	0,28289
ABR	0,16355	0,05972	0,19687	0,21145
MAI	0,04232	0,10236	0,20026	0,28209
JUN	0,11334	0,09971	0,08254	0,18408
JUL	0,0834	-0,03351	0,13049	0,04598
AGO	0,05117	0,15003	0,29785	0,21625
SET	0,08642	0,14201	0,13819	0,15588
OUT	0,12578	0,0693	0,04275	0,17488
NOV	0,12358	0,15014	0,15627	0,08506
DEZ	0,48647	0,04864	0,06607	0,15092