



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**VITÓRIA DA SILVA BARBOSA**

**DIVERSIDADE ZOOPLANCTÔNICA EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO  
PARAIBANO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DOS PERÍODOS PRÉ E PÓS  
TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO**

**CAMPINA GRANDE  
2018**

**VITÓRIA DA SILVA BARBOSA**

**DIVERSIDADE ZOOPLANCTÔNICA EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO  
PARAIBANO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DOS PERÍODOS PRÉ E PÓS  
TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado Bacharel em Ciências Biológicas.

**Orientadora:** Profa. Msc. Sandra Maria Silva (UEPB).

**Co-Orientadora:** Profa. Dra. Juliana dos Santos Severiano (IFPB).

**CAMPINA GRANDE  
2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B238d Barbosa, Vitória da Silva.  
Diversidade zooplanctônica em reservatórios do semiárido paraibano [manuscrito] : Uma análise comparativa dos períodos pré e pós transposição do rio São Francisco / Vitoria da Silva Barbosa. - 2018.  
41 p.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde , 2018.  
"Orientação : Profa. Ma. Sandra Maria Silva , Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."  
"Coorientação: Profa. Dra. Juliana dos Santos Severiano , IFPB - Instituto Federal da Paraíba"  
1. Alterações abióticas. 2. Biomonitoramento. 3. Reservatórios tropicais. 4. Zooplâncton. I. Título  
21. ed. CDD 577.6

VITÓRIA DA SILVA BARBOSA

**DIVERSIDADE ZOOPLANCTÔNICA EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO  
PARAIBANO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DOS PERÍODOS PRÉ E PÓS  
TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Estadual da Paraíba, Campus I, na forma  
de artigo, como requisito obrigatório para a conclusão  
do curso de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Ecologia/Limnologia

Aprovada em: 3/12/2018

BANCA EXAMINADORA

*Sandra Maria Silva*

Prof. Msc. Sandra Maria Silva  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)  
Orientadora

*[Assinatura]*  
Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)  
Examinador

*Vanessa Virginia Barbosa*

Msc. Vanessa Virginia Barbosa  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)  
Examinador

A minha mãe e avó materna,  
pelo amor e incentivo, **DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

Desde pequena fui impulsionada pela minha curiosidade, pelos constantes questionamentos e até por um certo ceticismo. Apesar de amar biologia, quando estava no ensino médio me considerava uma pessoa “de humanas”, que não tinha muito jeito para biológicas... mal sabia eu onde iria parar rs. No final das contas, minha mente inquieta me guiou até a biologia, uma escolha não me arrependo nem por um segundo.

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pela capacidade de persistir diante das dificuldades e alcançar meus objetivos. Este mundo está cheio de maravilhas e sou grata pela capacidade de enxergar a beleza e a importância das mais diversas formas de vida.

Às pessoas incríveis que me rodeiam e me suportam diariamente, pois sem vocês a estrada que segui até o fim do curso de Ciências Biológicas e à finalização deste trabalho seria muito mais tortuosa e solitária, agradeço então:

A minha mãe Francisca, por todo o suporte, amor, compreensão e pelo incentivo de não desistir, mas persistir sempre. Pelo companheirismo inigualável e por me ensinar valores imprescindíveis, obrigada!

A minha avó materna, dona Inácia, e minhas tias Pedrinha, Leda, Teresa e Maroca (*in memoriam*), pelo suporte, incentivo e carinho.

Ao meu irmão Fernando, pelo companheirismo, risadas e até pelas brigas.

A Eduardo, pelo amor e compreensão, por ser meu amigo antes de ser mais que isso. Obrigado pelo companheirismo e até pelos puxões de orelha, por segurar minha mão (literalmente ou não rs) nos momentos difíceis, quando achava que ia verdadeiramente surtar.

Aos meus amigos pelo companheirismo, risadas e momentos únicos (e bizarros) que vivemos. Vocês são inigualáveis, capivaras! Obrigado por não desistirem de mim e por me deixar sentar com vocês no R.U. (BERRO).

Aos leaquianos do Laboratório de Ecologia Aquática, que me acolheram, auxiliaram e me permitiram participar deste incrível grupo de pesquisa em um ambiente de puro companheirismo. Foi necessária uma equipe maravilhosa, desde a coleta ao processamento dos dados, para que este trabalho pudesse ser realizado, à vocês meu muito obrigado!

Às minhas orientadoras, Sandra e Juliana, pela oportunidade de pesquisa, pela confiança e paciência, pelos elogios mas também pelas críticas construtivas que ajudaram a me tornar uma melhor pesquisadora. As contribuições valiosas de ambas seguirão comigo para além deste curso e deste trabalho de conclusão.

A Universidade Estadual da Paraíba e a CAPES, pela oportunidade de cursar Ciências Biológicas, pelas bolsas concedidas ao longo dos anos e pelo consequente crescimento pessoal

e profissional. Os projetos de PIBIC que participei foram essenciais para me engajar ainda mais profundamente no mundo maravilhoso da pesquisa.

Aos meus professores ao longo de toda a graduação, que alimentaram ao longo deste tempo a minha curiosidade e minha mente inquieta que sempre detestou o desconhecido, que despertaram meu encanto pelas mais diversas áreas da biologia, especialmente pela zoologia, fisiologia e limnologia.

“Veni, Vidi, Vici”

**Muito obrigada a todos!**

“Quem envia monstros para nos matar e,  
ao mesmo tempo, canta que nunca vamos morrer?”

**Zack Snyder – Sucker Punch**

“É melhor acender uma vela do que praguejar contra a escuridão”

**Adágio**



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>08</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>10</b>
2.1	Área de estudo.....	10
2.2	Amostragem.....	12
2.3	Análise laboratorial e processamento de dados.....	13
<b>2.3.1</b>	<b><i>Nutrientes.....</i></b>	<b>13</b>
<b>2.3.2</b>	<b><i>Zooplâncton.....</i></b>	<b>13</b>
<b>2.3.3</b>	<b><i>Clorofila-a.....</i></b>	<b>13</b>
2.4	Análises estatísticas.....	13
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>14</b>
3.1	Variáveis abióticas.....	14
3.2	Comunidade zooplanctônica.....	17
<b>3.2.1</b>	<b><i>Riqueza e composição.....</i></b>	<b>17</b>
<b>3.2.2</b>	<b><i>Densidade e abundância relativa.....</i></b>	<b>20</b>
<b>3.2.3</b>	<b><i>Diversidade e equabilidade.....</i></b>	<b>23</b>
<b>3.2.4</b>	<b><i>Análise de Correspondência Canônica.....</i></b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>32</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>38</b>

# DIVERSIDADE ZOOPLANCTÔNICA EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DOS PERÍODOS PRÉ E PÓS TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO

Vitória da Silva Barbosa<sup>1</sup>

## RESUMO

Diante da necessidade de maior segurança hídrica verificada no semiárido brasileiro, a transposição do rio São Francisco surge como alternativa atrativa. Todavia, transposições entre bacias constituem eventos de grande perturbação para a biota local, incluindo a comunidade zooplancônica, havendo possibilidade de alterações significativas em sua estrutura e diversidade. O presente estudo teve como objetivo monitorar e comparar a comunidade zooplancônica dos reservatórios receptores antes e após a transposição. O estudo foi realizado de Junho/2016 à Agosto/2018, constituindo seis coletas nos reservatórios Poções, Camalaú e Boqueirão. Amostras foram coletadas em três pontos distintos da subsuperfície da coluna d'água, destinadas à análise zooplancônica, nutrientes e clorofila-*a*. Foram verificadas mudanças nos parâmetros abióticos pós transposição, como a alteração das concentrações de clorofila-*a* e nutrientes, diminuição do pH e aumento de turbidez. Estas mudanças afetaram diretamente as contribuições de rotíferos, cladóceros e copépodes em termos de abundância relativa. A riqueza total para o pós transposição foi maior nos reservatório Boqueirão e Poções, e menor para o reservatório Camalaú. A densidade foi substancialmente alterada, com queda expressiva após a transposição, refletindo a perturbação local. Não houve mudanças expressivas de diversidade e equabilidade. O pH, oxigênio dissolvido, volume total armazenado e as concentrações de clorofila-*a* constituíram os fatores de maior influência sobre o zooplâncton após a transposição.

**Palavras-chave:** Alterações abióticas. Biomonitoramento. Reservatórios tropicais. Zooplâncton.

## 1 INTRODUÇÃO

A região semiárida do Brasil é uma das maiores e mais populosas do mundo onde há severas limitações hídricas provocadas por condições meteorológicas naturais (SÁ; SILVA, 2010; CUNHA et al., 2015). Neste contexto, os reservatórios são importantes corpos hídricos que possibilitam atividades indispensáveis como a piscicultura, irrigação, hidroeletricidade e, principalmente, a pronta disponibilidade de água às populações, aumentando o alcance adaptativo da espécie humana (TUNDISI, MATSUMURA-TUNDISI, TUNDISI, 2008; DE LIRA AZEVÊDO et al., 2017).

---

<sup>1</sup> Aluna de Graduação em Ciências Biológicas na Universidade Estadual da Paraíba – Campus I.  
Email: vitoria21barbosa@gmail.com

Todavia, as mesmas condições naturais de precipitações irregulares e altas taxas de evaporação que atuam sobre os demais corpos hídricos, como os rios, podem levar a amplas variações de volume total armazenado dos reservatórios (BRAGA et al., 2015). Aliado a isto, o aumento da demanda de água pelas populações agrava ainda mais os efeitos da seca (ALVALÁ et al., 2017), fazendo-se necessário implementar outras formas de contornar os problemas hídricos da região, como a transposição do rio São Francisco. Contudo, apesar da extrema importância para o pleno desenvolvimento das populações humanas e manutenção das atividades socioeconômicas, os efeitos ecossistêmicos da transposição ainda são desconhecidos.

O rio São Francisco é um dos principais rios do Brasil, onde sua região hidrográfica abrange aproximadamente 638.466 km<sup>2</sup>, nascendo em Minas Gerais e percorrendo os estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Goiás e Distrito Federal (ANA, 2018). Segundo o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (2014), a transposição do rio São Francisco tem o potencial de promover inúmeros benefícios além da disponibilidade hídrica, como diminuição do êxodo rural e geração de empregos.

Mesmo com todos os benefícios, ainda há que se considerar os impactos negativos, como o risco de modificação da composição das comunidades biológicas nativas, redução de biodiversidade, risco de introdução de novas espécies e eutrofização dos reservatórios receptores (RIMA, 2004). Primordialmente, o monitoramento das águas dos reservatórios constitui-se uma atividade contínua devido à necessidade de manutenção de água de qualidade para abastecimento (COLTELLI et al., 2014), porém, no momento vivenciado, o monitoramento das águas também se volta para a eminente necessidade de observar e documentar mudanças pós transposição nos reservatórios receptores.

Para documentar estas mudanças, o biomonitoramento das comunidades planctônicas é imprescindível. O plâncton é composto por organismos que não possuem motilidade significativa na coluna d'água (LALLI; PARSONS, 1997) e dentre estes se encontra o zooplâncton, organismos essenciais para a manutenção do bom funcionamento ecossistêmico. A comunidade zooplânctônica constitui-se de organismos heterotróficos cujo posicionamento nas teias tróficas, como consumidores primários e secundários, permite sua participação ativa na transferência de matéria e energia (SOUSA et al., 2008). Estes organismos também participam diretamente da ciclagem de nutrientes (LUCENA; MELO; MEDEIROS, 2015), influenciam a comunidade fitoplanctônica através da predação e são importante fonte

nutricional para outros níveis tróficos aquáticos, como os peixes planctívoros (SAILLEY et al., 2015).

A comunidade zooplanctônica é ampla e diversa, sendo principalmente representada em ambientes dulcícolas por Crustacea, Protozoa e Rotifera. No subfilo Crustacea estão agrupados dois táxons de importantes microcrustáceos: Copepoda e Cladocera. Estes organismos sofrem a influência de variações de pH, salinidade, concentrações de nutrientes, poluição, luminosidade, temperatura, interação com a biota local, disponibilidade e qualidade alimentar (EDMONDSON, 1965; AHLGREN, et al., 1990; KIRK; GILBERT, 1992; TUNDISI, MATSUMURA-TUNDISI, 2008; SERAFIM-JÚNIOR et al., 2010; CHOI et al., 2014; KRUPA et al., 2017).

Ademais, a dominância e relação de proporção entre ordens, como os copépodes Calanoida e Cyclopoida, também pode ser utilizada para descrever os ambientes aquáticos (GAZONATO NETO et al., 2014; GARCÍA-CHICOTE, ARMENGOL, ROJO, 2017). Desta forma, o zooplâncton pode ser plenamente utilizado para o biomonitoramento das águas, como indicador do estado trófico dos sistemas hídricos e ainda em bioensaios (GAZONATO NETO et al. 2014; PAL; PATRA; CHAKRABORTY, 2015; COSTA et al. 2016; PERBICHE-NEVES et al. 2016).

No cenário atual, onde são necessários estudos para verificar como a transposição do rio São Francisco pode afetar os ecossistemas, o zooplâncton constitui um importante parâmetro biológico a ser avaliado. Estes organismos são comumente indicados para a observação e avaliação de quaisquer mudanças significativas nos corpos hídricos (GAZONATO NETO et al., 2014), uma vez que esta comunidade também é capaz de refletir mudanças em outros níveis tróficos (ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2013). A alta sensibilidade do zooplâncton às variáveis abióticas e bióticas resulta em uma rápida capacidade de resposta e, segundo Dantas-Silva e Dantas (2013), estas podem se traduzir em alteração na diversidade, composição e densidade.

Tendo em vista a importância do zooplâncton para os reservatórios e as alterações significativas que podem ocorrer mediante uma transposição, o objetivo deste trabalho foi monitorar a comunidade zooplanctônica de três reservatórios do semiárido paraibano, a partir da investigação dos períodos pré e pós transposição do rio São Francisco.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Área de estudo**

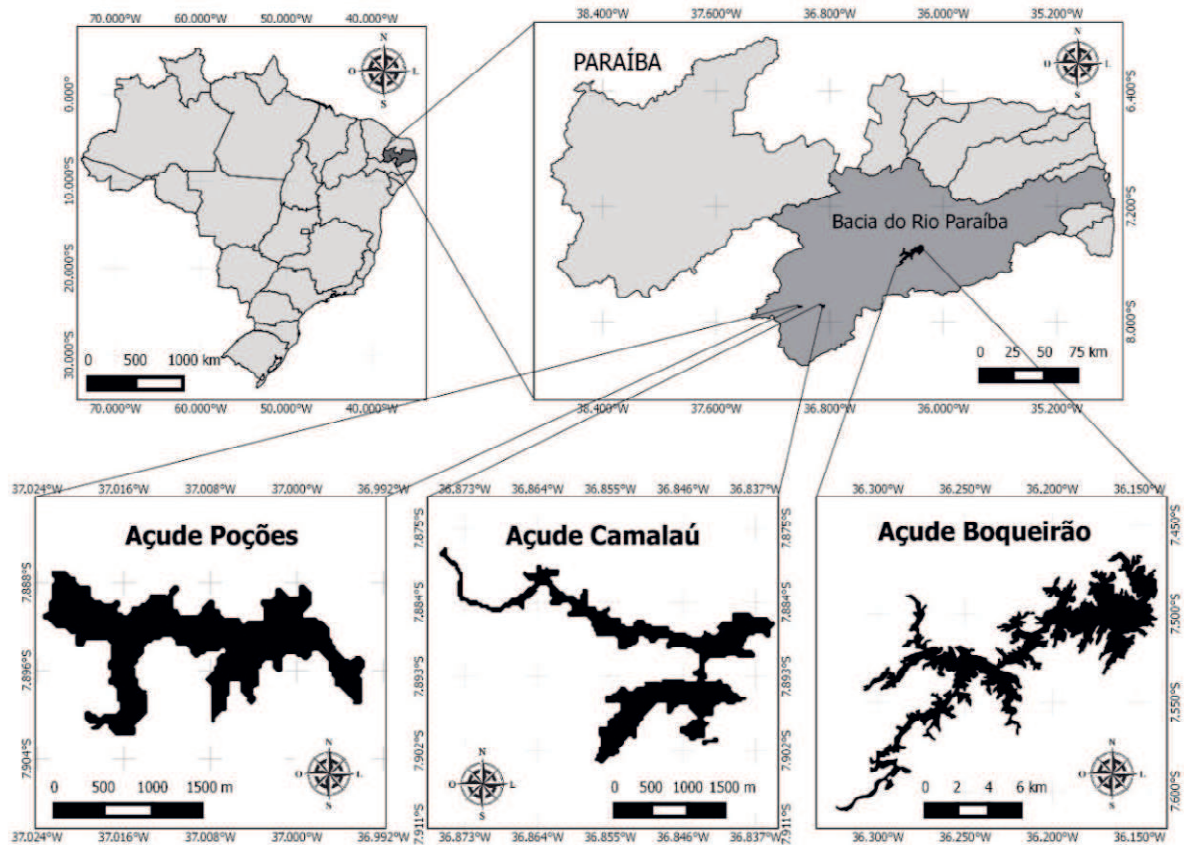
O estudo foi realizado em três reservatórios: Poções, Camalaú e Eptácio Pessoa (Boqueirão), receptores das águas do rio São Francisco, localizados no estado da Paraíba, integrantes da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, Brasil (Tabela 1; Figura 1). Estes reservatórios são utilizados para abastecimento das populações, piscicultura, recreação, irrigação e dessedentação animal.

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a região onde se encontra os reservatórios é do tipo semiárido quente (Bsh), com estação seca atingindo um período que compreende de 9 a 10 meses e precipitações em torno de 400mm ao ano (ALVARES et al., 2013).

Através do Eixo Leste, as águas do rio São Francisco adentraram primeiramente o reservatório Poções em março de 2017, seguindo para o reservatório Camalaú no mesmo mês e chegando no reservatório Boqueirão em abril de 2017. Em abril de 2018, houve interrupção temporária no bombeamento das águas da transposição, retornando em setembro de 2018.

**Tabela 1.** Levantamento geográfico e capacidade máxima dos reservatórios estudados (AESA, 2018).

<b>Reservatório</b>	<b>Município</b>	<b>Localização</b>	<b>Capacidade máxima (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Ano de construção</b>
Poções	Monteiro	7°53'38"S 37°0'30"W	29.861.562	2001
Camalaú	Camalaú	7°53'33.94" S 36°50'39.16" W	48.107.240	1990
Eptácio Pessoa (Boqueirão)	Boqueirão	7°30'01.2" S 36°10'40.5" W	411.686.287	1982



**Figura 1.** Localização geográfica dos reservatórios Poções, Camalaú e Boqueirão, estado da Paraíba, Brasil.

## 2.2 Amostragem

Foram realizadas seis coletas entre os anos de 2016 a 2018, compreendendo os períodos pré (Junho e Outubro de 2016, Fevereiro de 2017) e pós transposição (Junho e Outubro de 2017, Agosto de 2018). As amostras foram obtidas na subsuperfície da coluna d'água (zona eufótica) da região limnética, em três pontos por reservatório: próximo à entrada do rio (P1); ponto intermediário do reservatório (P2), entre a entrada do rio e o barramento; e próximo ao barramento (P3).

A obtenção das amostras para análise do zooplâncton foi realizada a partir filtragem de 50L de água em uma rede de plâncton de 68 $\mu$ m de abertura de malha, sendo armazenadas em garrafas de polietileno e conservadas com formol a 4% glicosado.

Foi utilizada a sonda multiparamétrica HORIBA/U-50 para obtenção *in situ* das seguintes variáveis abióticas: pH, temperatura (C°), condutividade elétrica (mS/cm), oxigênio dissolvido (mg/L) e turbidez (UNT).

Amostras destinadas a análise de nutrientes e clorofila-*a* foram obtidas diretamente dos reservatórios e armazenadas em garrafas de polietileno para posterior análise em laboratório.

Valores de volume total armazenado (%) e precipitações (mm) foram fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do estado da Paraíba (AESAs).

## **2.3 Análise laboratorial e processamento de dados**

### **2.3.1 Nutrientes**

As concentrações de amônia (NH<sub>4</sub>), nitrato (NO<sub>3</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub>), nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN), fósforo total (PT) e fósforo reativo solúvel (SRP) foram obtidos a partir das técnicas propostas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water* (APHA, 2012).

### **2.3.2 Zooplâncton**

A identificação e quantificação do zooplâncton foi realizada a partir da utilização de microscópio óptico Zeiss Axio Lab.A1 em câmara de Sedgewick-Rafter com capacidade de 1ml, utilizando-se bibliografia especializada (RUTTNER-KOLISKO, 1974; KOSTE, 1978; REID, 1985; ELMOOR-LOUREIRO, 1997; SANTOS-SILVA, 2000).

A identificação se restringiu aos táxons Cladocera, Copepoda e Rotifera. Foi realizada a análise de três réplicas aleatórias por amostra, posterior a homogeneização da mesma. Para amostras com alta quantidade de partículas foi realizada diluição das réplicas com máximo de 1mL de amostra para 10mL de água destilada.

A riqueza, abundância relativa (%) e densidade (organismos/m<sup>3</sup>) zooplânctônica foram determinadas a partir das equações propostas pela norma técnica L5.304 da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2012).

O Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H') e o Índice de Equabilidade de Pielou (J') foram mensurados para verificar se há variação expressiva de diversidade e equabilidade entre os períodos estudados (SHANNON; WEAVER, 1949; PIELOU, 1966).

### **2.3.3 Clorofila-a**

Para mensurar as contribuições da comunidade fitoplânctônica, as concentrações de clorofila-a foram extraídas com etanol 96% e determinadas espectrofotometricamente (LORENZEN, 1967; JESPERSEN; CHRISTOFFERSEN, 1987).

## **2.4 Análises estatísticas**

Foi utilizada a Análise de Componente Principal (PCA) para identificar a relação entre as variáveis físicas, químicas, precipitação e clorofila-*a* nos meses amostrados.

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) foi utilizada para identificar as variáveis abióticas que tiveram influência significativa sobre o zooplâncton. O critério para seleção da CCA foi baseado no comprimento dos eixos da Análise de Correspondência Destendenciada (ACD) que corrobora a realização dessa análise quando o comprimento do eixo 1 for maior que 3 (TER BRAAK; PRENTICE, 1998).

Foi realizada uma Anova fatorial para testar a significância do modelo CCA, sendo a matriz com as variáveis abióticas padronizada pelo *Standard Deviation*. Para identificar as variáveis abióticas que tiveram contribuições independentes e significativas para a variação das espécies zooplânctônicas, foi realizada seleção de variáveis por *stepwise*, empregando testes de permutação e, em seguida, seleção por Fator de Inflação da Variância (VIF), a partir da inclusão das variáveis com VIF <20.

Na matriz de dados do zooplâncton, a densidade igual ou superior a 10% foi o critério de inclusão de espécies, sendo os dados log transformados ( $\log[x+1]$ ).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa *RStudio* para *Windows*.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Variáveis abióticas

As variáveis abióticas de todos os reservatórios estudados estão expostas nas Tabelas 2, 3 e 4 (Apêndice A, B e C).

No reservatório Poções, verifica-se que o eixo 1 da PCA explicou 58,70% da variabilidade dos dados e ordenou os meses em função do maior volume total armazenado e maiores concentrações de oxigênio dissolvido, compreendendo outubro e junho de 2016 e 2017 (Figura 2 A). A partir deste eixo, fevereiro/2017 e agosto/2018 estiveram relacionados aos mais altos valores de todos os demais parâmetros estudados. O eixo 2 explicou 20,32%, separando os meses de modo a agrupa-los em períodos pré ou pós transposição.

O pré transposição foi principalmente relacionado ao oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, fósforo total, fósforo reativo solúvel, clorofila-*a* e precipitação. Inversamente, os meses do período pós foram ordenados de acordo com a condutividade elétrica, temperatura, turbidez e nitrato.

Para o reservatório Camalaú, o eixo 1 explicou 52,86% e ordenou os meses fevereiro, outubro/2017 e agosto/2018 relacionando-os à temperatura, condutividade elétrica, pH,

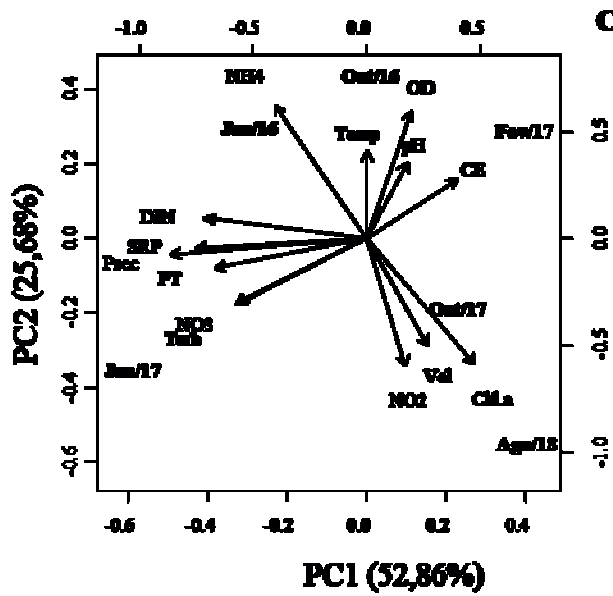
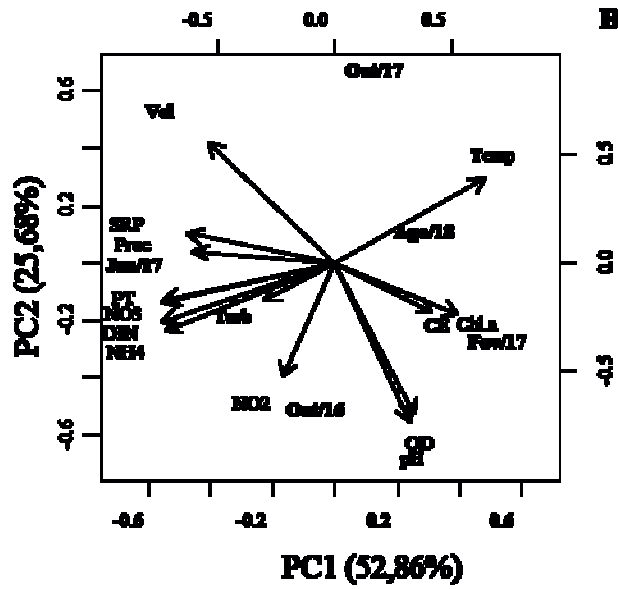
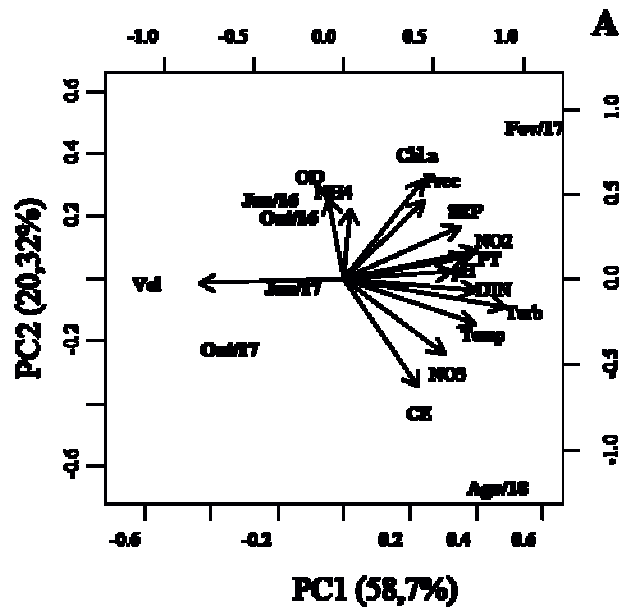


oxigênio dissolvido e clorofila-a (Figura 2 B). Contrariamente, outubro/2016 e junho/2017 foram relacionados aos demais parâmetros analisados. Neste ambiente, o eixo 2 explicou 25,68% e constituiu o eixo direcionador, separando os meses de acordo com seus períodos específicos.

O pré transposição foi relacionado as concentrações de clorofila-a, fósforo total, amônia, nitrito, nitrato, nitrogênio inorgânico dissolvido, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH e turbidez. O período pós foi relacionado ao volume total armazenado, precipitação, temperatura e concentrações de fósforo reativo solúvel.

No reservatório Boqueirão, o eixo 1 da PCA (52,86%) ordenou os meses junho/2016 e 2017 de acordo com a precipitação, nitrogênio inorgânico dissolvido, nitrato, amônia, fósforo reativo solúvel, fósforo total e turbidez (Figura 2 C). Outubro/2016, fevereiro, outubro/2017 e agosto/2018 foram relacionados aos demais parâmetros estudados. O eixo 2 (25,68%) foi o responsável por separar os meses de acordo com seus períodos.

Os meses pré transposição estiveram relacionados as altas concentrações de amônia, oxigênio dissolvido, maior temperatura, pH e condutividade elétrica. Os meses do período seguinte foram relacionados as concentrações de clorofila-a, nitrito, nitrato, fósforo total, fósforo reativo solúvel, precipitação e volume total armazenado e turbidez.



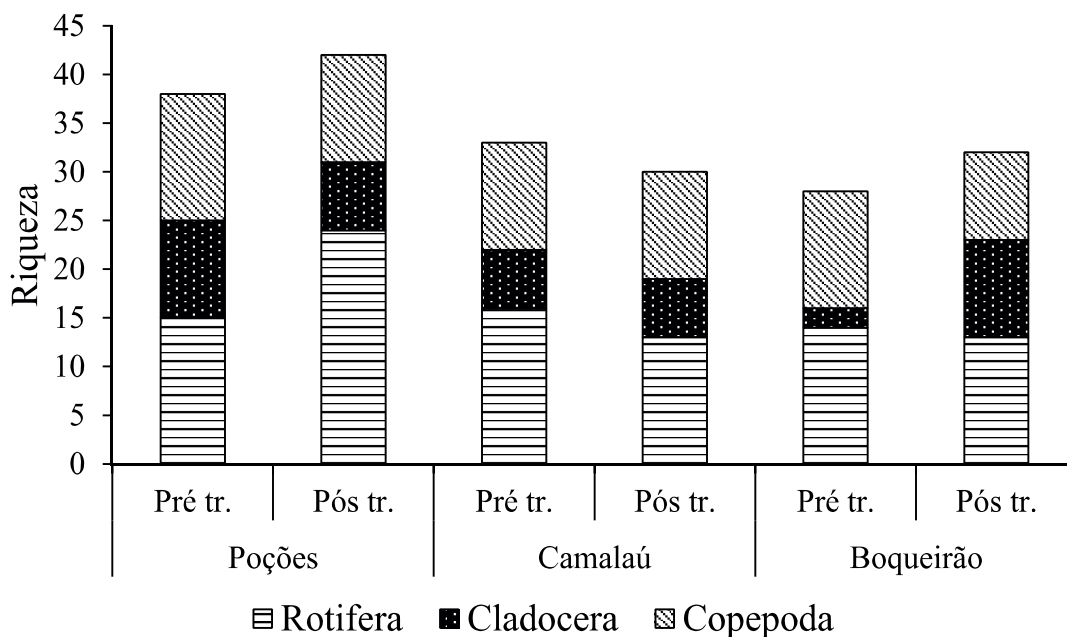
**Figura 2.** Análise de Componente Principal (PCA) para os reservatórios Poções (A), Camalaú (B) e Boqueirão (C), nos períodos pré e pós transposição do rio São Francisco. Há exclusão do mês junho/2016 para o reservatório Camalaú. NH<sub>4</sub> = amônia; NO<sub>2</sub> = nitrito; NO<sub>3</sub> = nitrato; DIN = nitrogênio inorgânico dissolvido; SRP = fósforo reativo solúvel; PT = fósforo total; OD = oxigênio dissolvido; pH = potencial hidrogeniônico; Turb = turbidez; CE = condutividade elétrica; Temp = temperatura; Chl-a = clorofila-a; Prec = precipitação; Vol = volume armazenado.

## 3.2 Comunidade zooplanctônica

### 3.2.1 Riqueza e composição

Durante todo o estudo foram identificados 45 táxons nos reservatórios Boqueirão e Camalaú, e 58 táxons no reservatório Poções (Tabela 5). A maior riqueza foi atribuída aos rotíferos para todos os reservatórios em todos os períodos estudados (Figura 3).

Nos reservatórios Boqueirão e Poções, a maior riqueza foi registrada no período pós transposição, com 32 e 42 táxons, respectivamente. Para estes reservatórios, no período pré transposição foram identificados 28 e 38 táxons. Para o reservatório Camalaú, o período de maior riqueza foi o pré transposição, sendo registrados 33 táxons, e 30 táxons no período seguinte.



**Figura 3.** Riqueza zooplanctônica nos reservatórios Poções, Camalaú e Boqueirão, nos períodos pré e pós transposição do rio São Francisco.

**Tabela 5.** Composição da comunidade zooplanctônica nos reservatórios Boqueirão, Camalaú e Poções, nos períodos pré e pós transposição do rio São Francisco.

Espécies	Boqueirão		Camalaú		Poções	
	Pré-tr.	Pós-tr.	Pré-tr.	Pós-tr.	Pré-tr.	Pós-tr.
<b>CLADOCERA</b>						
<b>Neonato</b>		X	X		X	X
<b>Bosminidae</b>						
<i>Bosmina</i> sp. (Müller, 1785)			X	X		
<i>B. hagmanni</i> (Stingelin, 1904)			X	X		
<i>B. longirostris</i> (Müller, 1785)			X	X		X
<i>Bosminopsis deitersi</i> (Richard, 1895)						X
<b>Chydoridae</b>						
<i>Chydorus</i> sp. (Leach, 1843)	X					
<b>Daphniidae</b>						
<i>Ceriodaphnia</i> sp. (Dana, 1853)		X	X	X	X	
<i>C. cornuta</i> (Sars, 1885)		X	X	X	X	
<i>C. cornuta cornuta</i> (Sars, 1885)		X	X		X	
<i>C. richardi</i> (Sars, 1901)		X	X			
<i>Daphnia dubia</i> (Herrick, 1883)		X				
<b>Macrothricidae</b>						
<i>Macrothrix</i> sp. (Baird, 1843)					X	
<b>Moinidae</b>						
<i>Moina</i> sp. (Baird, 1850)	X	X	X	X	X	X
<i>M. micrura</i> (Kurz, 1874)		X			X	X
<b>Sididae</b>						
<i>Diaphanosoma</i> sp. (Fischer, 1854)		X			X	X
<i>D. spinulosum</i> (Herbst, 1975)		X			X	X
<i>D. birgei</i> (Korinek, 1981)					X	
<b>COPEPODA</b>						
<b>Nauplio</b>	X	X	X	X	X	X
<b>Copepodito</b>						
<i>Mesocyclops</i> sp. (Sars, 1914)	X		X	X	X	X
<i>Microcyclops</i> sp. (Claus, 1893)	X	X	X	X		X
<i>Notodiaptomus</i> sp. (Kiefer, 1936)	X	X	X	X	X	X
<i>Thermocyclops</i> sp. (Kiefer, 1927)	X	X	X	X	X	X
<b>Cyclopidae</b>						
<i>Mesocyclops</i> sp.	X	X	X			X
<i>M. longisetus</i> (Thiébaud, 1912)	X				X	X
<i>Microcyclops</i> sp.	X	X	X	X	X	X

**Tabela 5.** Continuação

<i>Thermocyclops</i> sp.	X	X	X	X	X	X
<i>T. minutus</i> (Lowndes, 1934)				X	X	
<b>Diaptomidae</b>						
<i>Argyrodiaptomus azevedoi</i> (Wright, 1935)	X					
<i>Notodiaptomus</i> sp.	X	X	X	X	X	X
<i>N. cearensis</i> (Wright, 1936)			X		X	
<i>N. conifer</i> (Sars, 1901)					X	
<i>N. iheringi</i> (Wright, 1935)	X	X	X	X	X	
<i>N. nordestinus</i> (Wright, 1935)				X	X	X
<b>ROTIFERA</b>						
<b>Asplanchnidae</b>						
<i>Asplanchna</i> sp. 1 (Gosse, 1850)	X			X		X
<i>Asplanchna</i> sp. 2						X
<i>Asplanchnopus</i> sp. (Guerne, 1888)					X	
<b>Brachionidae</b>						
<i>Brachionus</i> sp. 1 (Pallas, 1766)	X		X		X	X
<i>Brachionus</i> sp. 2		X	X	X		X
<i>B. angularis</i> (Gosse, 1851)				X		X
<i>B. calyciflorus</i> (Pallas, 1766)		X	X		X	
<i>B. caudatus</i> (Barrois & Daday, 1894)						X
<i>B. diversicornis</i> (Daday, 1883)		X				
<i>B. dolabratus</i> (Haring, 1914)		X	X			X
<i>B. falcatus</i> (Zacharias, 1898)		X	X	X	X	X
<i>B. forficula</i> (Wierzejski, 1891)	X					
<i>B. havanaensis</i> (Rousselet, 1911)	X		X		X	
<i>B. patulus</i> (Müller, 1786)				X		X
<i>B. plicatilis</i> (Müller, 1786)	X				X	
<i>B. quadridentatus</i> (Hermann, 1783)					X	
<i>B. urceolaris</i> (Müller, 1773)	X		X		X	
<i>Keratella americana</i> (Carlin, 1943)		X		X		X
<i>K. cochlearis</i> (Gosse, 1851)		X		X	X	X
<i>K. quadrata</i> (Müller, 1786)		X	X			X
<i>K. tropica</i> (Apstein, 1907)	X	X	X	X		X
<i>K. valga</i> (Ehrenberg, 1834)	X	X	X	X	X	X
<b>Hexarthridae</b>						
<i>Hexarthra</i> sp. (Schmarda, 1854)	X	X	X	X	X	X
<b>Lecanidae</b>						
<i>Lecane</i> sp. (Nitzsch, 1827)						X

**Tabela 5.** Conclusão.

<i>L. bulla</i> (Gosse, 1851)	X		X		X	X
<i>L. luna</i> (Müller, 1776)						X
<i>L. papuana</i> (Murray, 1913)						X
<b>Synchaetidae</b>						
<i>Polyarthra</i> sp. (Ehrenberg, 1834)	X	X		X		X
<i>P. vulgaris</i> (Carlin, 1943)						X
<i>Synchaeta</i> sp. (Ehrenberg, 1832)	X					
<b>Trichocercidae</b>						
<i>Trichocerca</i> sp. (Lamarck, 1801)				X		
<b>Trochosphaeridae</b>						
<i>Filinia camasecla</i> (Myers, 1938)				X		X
<i>F. longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)				X	X	X
<i>F. opoliensis</i> (Zacharias, 1898)	X	X	X		X	
<i>F. terminalis</i> (Plate, 1886)	X		X	X	X	X

### 3.2.2 Densidade e abundância relativa

No reservatório Poções, o período pré transposição foi caracterizado pela alta abundância de copépodes ( $\bar{x}53,25\%$ ) e rotíferos ( $\bar{x}32,07\%$ ), com contribuição considerável dos cladóceros ( $\bar{x}14,67\%$ ) (Figura 5 A). No período seguinte, verifica-se maior contribuição dos rotíferos ( $\bar{x}48,65\%$ ), sendo a diferença mais expressiva a redução da contribuição dos cladóceros em junho e outubro/2017 (2,95% e 0,36, respectivamente), seguido pelo aumento em agosto/2018 (33,07%).

Verifica-se uma queda gradativa da densidade, onde o pré transposição pontuou  $\bar{x}387 \times 10^3 \text{ org/m}^3$  e os meses pós transposição obtiveram  $\bar{x}114 \times 10^3 \text{ org/m}^3$ , alcançando  $49 \times 10^3 \text{ org/m}^3$  em agosto/2018.

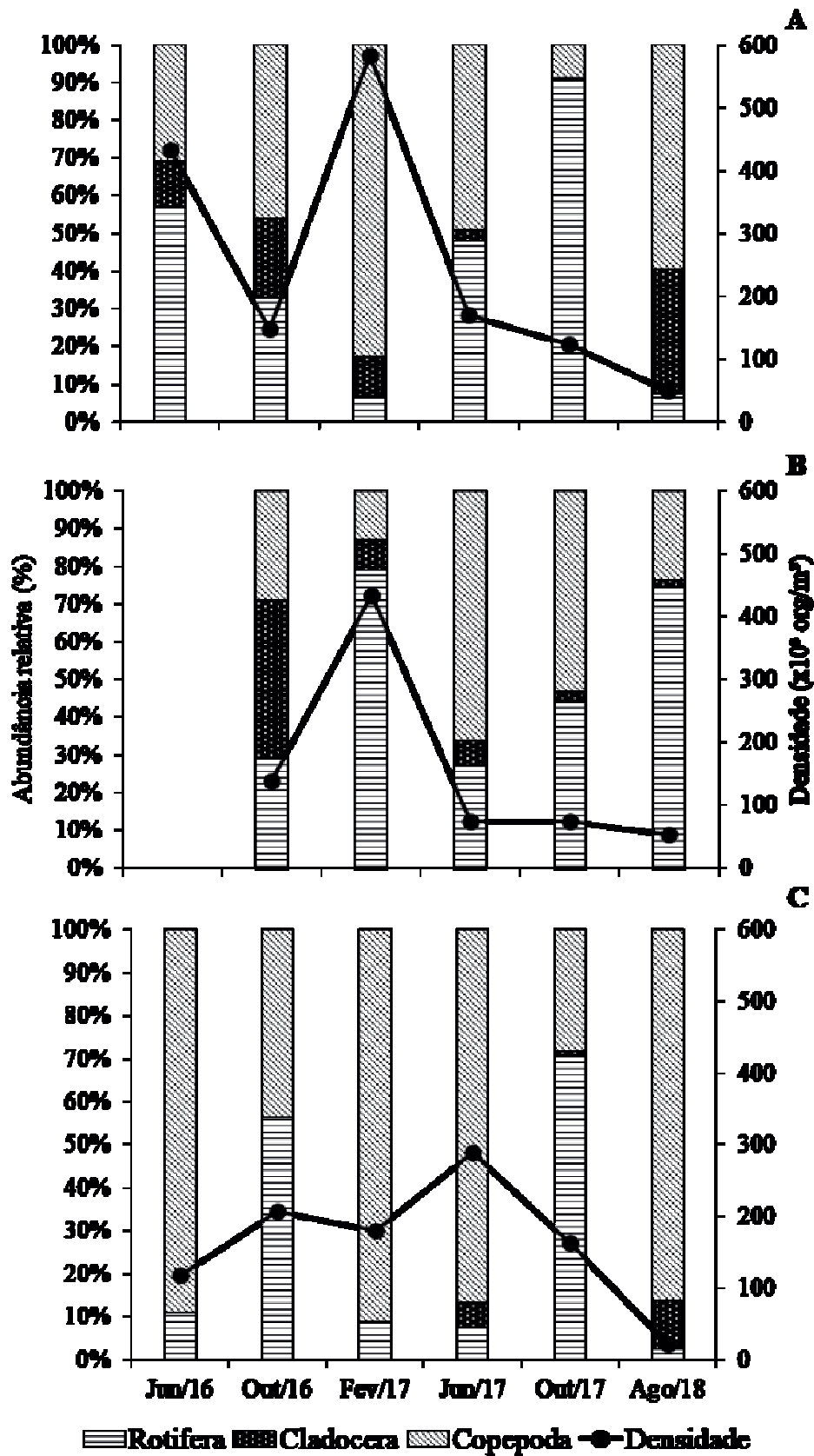
Para o reservatório Camalaú, ambos os períodos estudados foram caracterizados pela alta abundância relativa de rotíferos ( $\bar{x}54,05\%$  pré;  $\bar{x}48,61\%$  pós) (Figura 5 B). A diferença mais expressiva consiste na contribuição dos cladóceros, que diminuiu progressivamente ao longo dos meses pós transposição ( $\bar{x}24,84\%$  pré;  $\bar{x}3,64\%$  pós).

A densidade pré transposição obteve uma média de  $286 \times 10^3 \text{ org/m}^3$ , com maior contribuição para fevereiro/2017 ( $434 \times 10^3 \text{ org/m}^3$ ). No período seguinte, a densidade decresce, com média  $67 \times 10^3 \text{ org/m}^3$ , pontuando seu menor valor em agosto/2018 ( $53 \times 10^3 \text{ org/m}^3$ ).

Paralelamente, no reservatório Boqueirão a representatividade dos grupos em termos de abundância relativa variou minimamente (Figura 5 C). Para ambos os períodos, os copépodes seguem como grupo predominante ( $\bar{x}74,73\%$  pré;  $\bar{x}67,10\%$  pós), sendo a mudança mais

expressiva correspondente ao aumento da abundância de cladóceros nos pós transposição ( $\bar{x}$ 0,10% pré;  $\bar{x}$ 6,03% pós), especialmente em agosto/2018, onde este grupo alcançou a sua maior contribuição para este ambiente, com 11,42%.

Neste reservatório, observa-se novamente uma queda progressiva da densidade no período pós transposição. A densidade média sofreu redução de  $168 \times 10^3$  org/m<sup>3</sup> no pré transposição, para  $157 \times 10^3$  org/m<sup>3</sup> no pós. A maior diferença consiste na queda da densidade em agosto/2018, com  $22 \times 10^3$  org/m<sup>3</sup>, menor valor registrado para todo o estudo, considerando todos os períodos e reservatórios.



**Figura 5.** Densidade ( $\times 10^3$  org/m<sup>3</sup>) e abundância relativa (%) de Rotifera, Cladocera e Copepoda nos reservatórios Poções (A), Camalaú (B) e Boqueirão (C) nos períodos pré e pós transposição do rio São Francisco. Há exclusão do mês junho/2016 para o reservatório Camalaú.



**Tabela 6.** Médias para densidade ( $\times 10^3$  org/m<sup>3</sup>) e abundância relativa (%) de Rotifera, Cladocera e Copepoda nos reservatórios Poções (A), Camalaú (B) e Boqueirão (C) nos períodos pré e pós transposição do rio São Francisco.

	Poções		Camalaú		Boqueirão	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Rotifera ( $\bar{x}$ )	32,07%	48,65%	54,05%	48,61%	25,17%	26,87%
Cladocera ( $\bar{x}$ )	14,67%	12,13%	24,84%	3,64%	0,10%	6,03%
Copepoda ( $\bar{x}$ )	53,25%	39,22%	21,01%	47,75%	74,73%	67,10%
Densidade ( $\bar{x}$ )	387	114	286	67	168	157

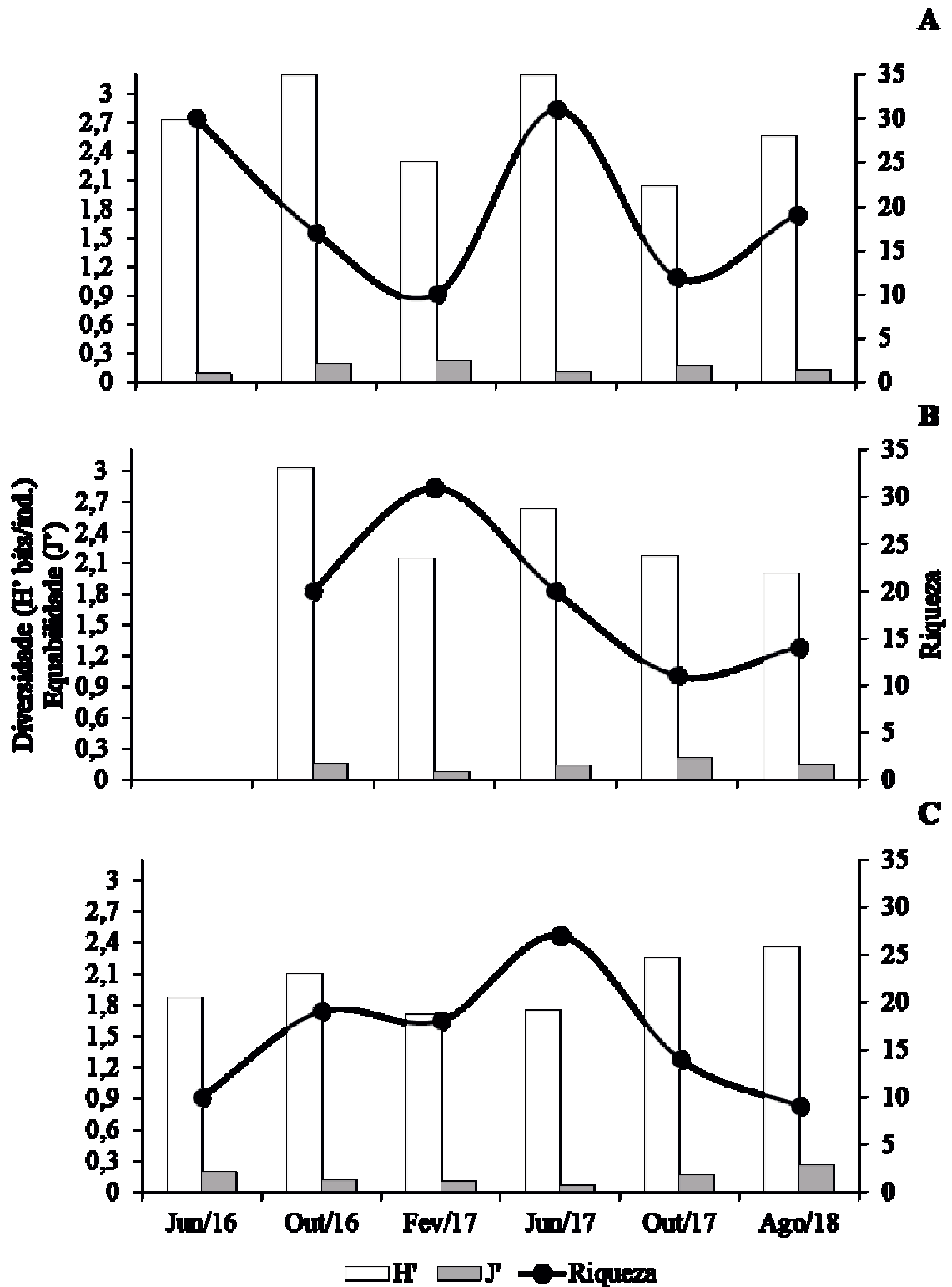
### 3.2.3 Diversidade e equabilidade

Foi verificada baixa diversidade e distribuição pouco uniforme dos organismos para todos os reservatórios, onde foram constatadas poucas diferenças entre os períodos estudados (Figura 4).

No reservatório Poções, a maior diversidade (3,19 bits/ind) foi verificada em outubro/2016 e junho/2017, onde este último também obteve a maior riqueza (31 táxons) (Figura 4 A). A maior equabilidade é observada em fevereiro/2017 (0,23), simultânea a menor riqueza (10 táxons). Para este ambiente, o pré transposição obteve as maiores médias de diversidade ( $\bar{x}$ 2,73 bits/ind) e equabilidade ( $\bar{x}$ 0,17), sendo a maior riqueza média observada no pós transposição ( $\bar{x}$ 21).

Para o reservatório Camalaú, a maior diversidade (3,02 bits/ind) e equabilidade (0,20) são verificadas em outubro/2016 e 2017, respectivamente, enquanto a maior riqueza (31 táxons) é percebida em fevereiro/2017 (Figura 4 B). A maior diversidade ( $\bar{x}$ 2,59 bits/ind) e riqueza ( $\bar{x}$ 26 táxons) média foram verificadas no período pré transposição, enquanto a maior equabilidade ( $\bar{x}$ 0,16) média é constatada no período pós.

No reservatório Boqueirão, a maior diversidade (2,35 bits/ind) e equabilidade (0,26) são registradas em agosto/2018, concomitante à menor riqueza registrada (9 táxons) (Figura 4 C). Em junho/2017 são verificadas a menor equabilidade (0,06) e a maior riqueza (27 táxons) para todo o estudo. Neste ambiente, o período pós transposição obteve a maior diversidade ( $\bar{x}$ 2,12 bits/ind), equabilidade ( $\bar{x}$ 0,16) e riqueza média ( $\bar{x}$ 17 táxons), porém, é observada queda progressiva de riqueza ao longo dos meses.



**Figura 4.** Índice de Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$  bits/ind.), Equabilidade de Pielou ( $J'$ ) e riqueza registrada para os reservatórios Poções (A), Camalaú (B) e Boqueirão (C) nos períodos pré e pós transposição do rio São Francisco. Há exclusão do mês junho/2016 para o reservatório Camalaú.

**Tabela 5.** Médias para Índice de Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), Equabilidade de Pielou ( $J'$ ) e riqueza registrada para os reservatórios Poções (A), Camalaú (B) e Boqueirão (C) nos períodos pré e pós transposição do rio São Francisco

	Poções		Camalaú		Boqueirão	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
□ $H'(\bar{x})$	2,73	2,6	2,59	2,26	1,89	2,12
■ $J'(\bar{x})$	0,17	0,13	0,11	0,16	0,13	0,16
● Riqueza ( $\bar{x}$ )	19	21	26	15	16	17

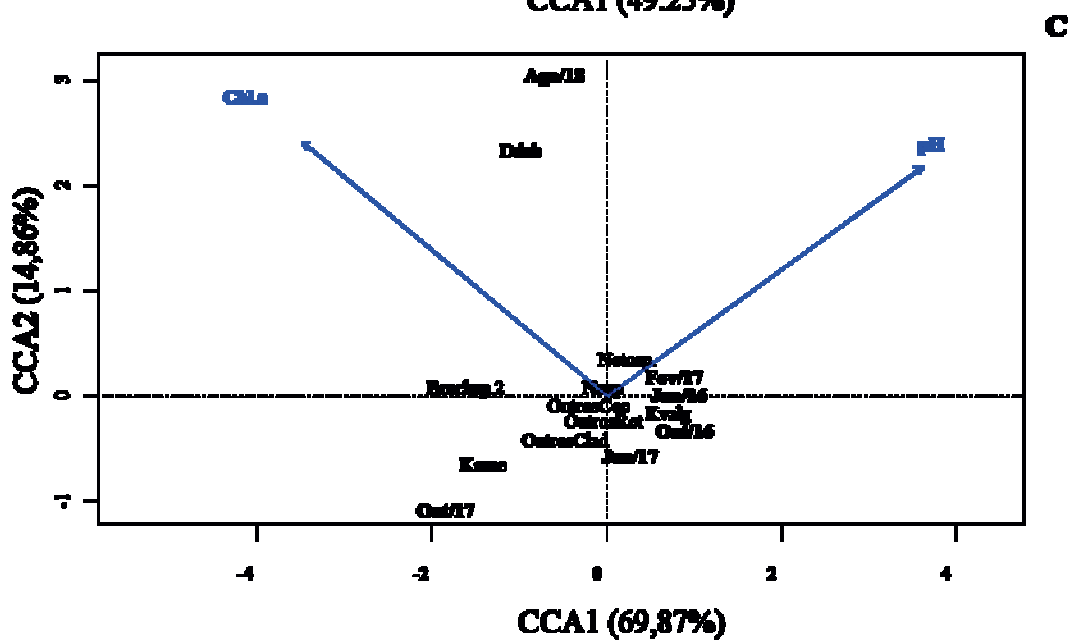
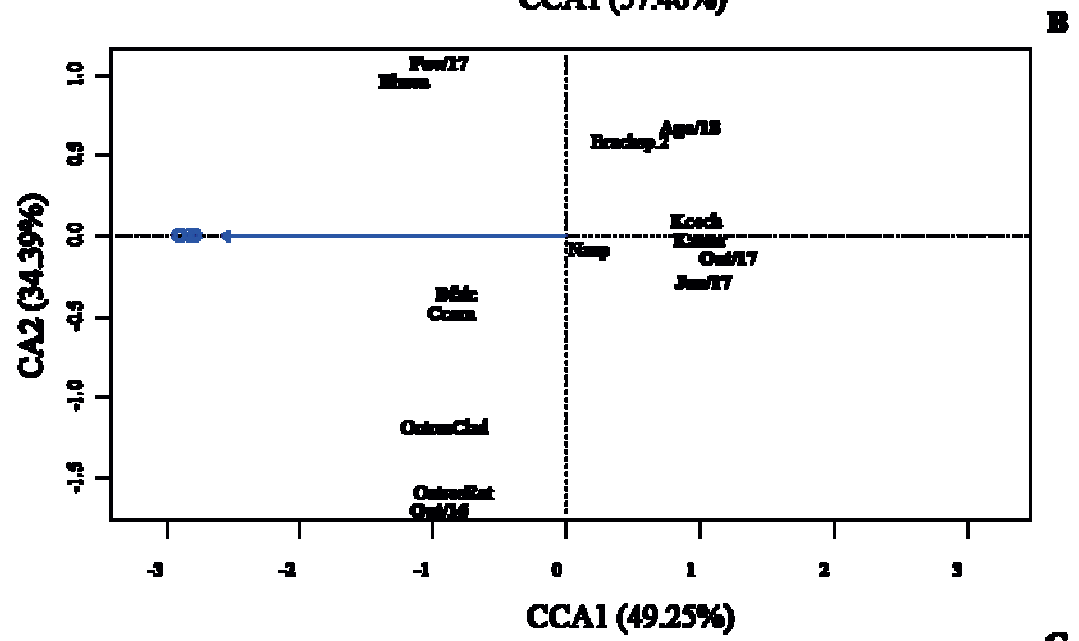
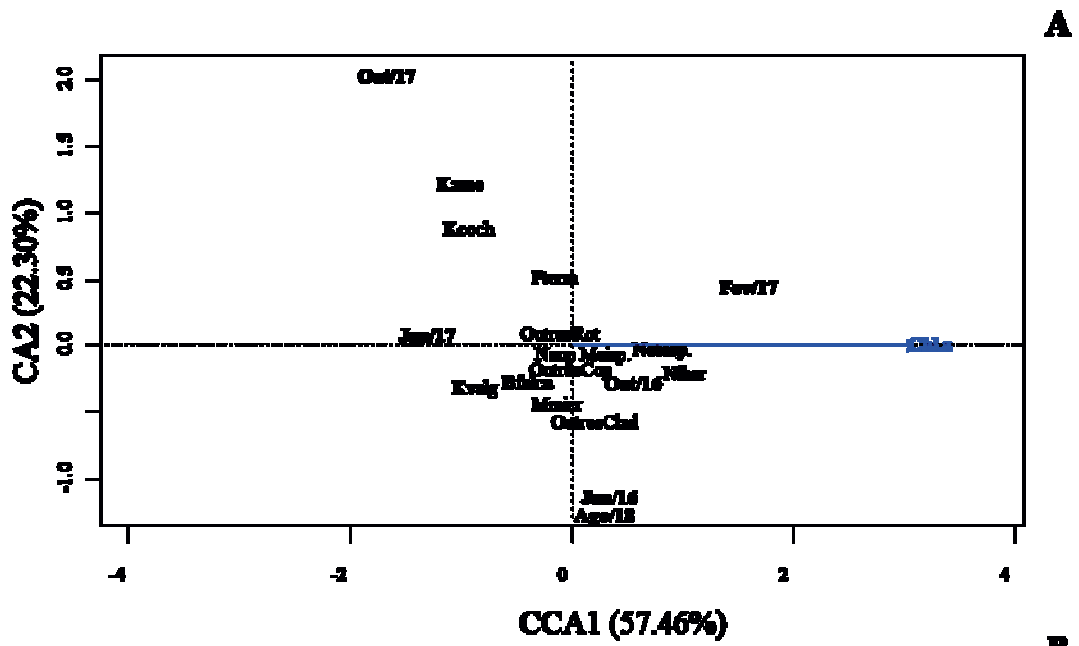
### 3.2.4 Análise de Correspondência Canônica (CCA)

A partir do diagrama de dispersão gerado pela CCA, verifica-se uma separação entre os meses correspondentes aos períodos pré e pós transposição para todos os ambientes estudados, indicando diferenças bióticas e abióticas entre os períodos (Figura 6).

No reservatório Poções, os eixos 1 e 2 pontuaram 57,46% e 22,30%, respectivamente (Figura 6 A). Para este ambiente, os meses do pré transposição estiveram relacionados as altas concentrações de clorofila-a, com alta contribuição de copépodes e cladóceros. Agosto/2018 também esteve relacionado as altas concentrações de clorofila-a. Os demais meses que constituem o período pós transposição estiveram inversamente relacionados com as concentrações de clorofila-a, com altas contribuições de rotíferos.

Para o reservatório Camalaú, os eixos 1 e 2 explicaram 49,25% e 34,39%, respectivamente (Figura 6 B). Os meses pré transposição foram relacionados a altas concentrações de oxigênio dissolvido, aos rotíferos e cladóceros. Em contrapartida, os meses pós transposição estiveram associados à baixa do oxigênio dissolvido e alta representatividade de rotíferos, especialmente do gênero *Keratella*, e fases juvenis de copépodes, os náuplios.

O maior valor para o eixo 1 foi registrado no reservatório Boqueirão, com 69,87%, e 14,86% para o eixo 2. (Figura 6 C). O pH apresentou correlação positiva com o eixo 1, sendo relacionado positivamente aos meses pré transposição e Junho/2017, bem como às espécies *Keratella valga* e *Notodiptomus sp.* A clorofila-a apresentou correlação negativa com o eixo 1, sendo relacionado aos demais meses pós transposição, aos rotíferos da família Brachionidae e cladóceros, principalmente *Daphnia dubia*.



**Figura 6.** Análise de Correspondência Canônica (CCA) para os reservatórios Poções (A), Camalaú (B) e Boqueirão (C) nos períodos pré e pós transposição do rio São Francisco. Brachsp.2 = *Brachionus* sp. 2; Bfalca = *B. falcatus*; Bhava = *B. havanaensis*; Ccorn = *Ceriodaphnia cornuta*; Ddub = *Daphnia dubia*; Fterm = *Filinia terminalis*; Kame = *Keratella americana*; Kcoch = *K. cochlearis*; Kvalg = *K. valga*; Moisp. = *Moina* sp.; Mmicr = *Moina micrura*; Naup = nauplios; Notosp. = *Notodiaptomus* sp.; Niher = *N. iheringi*; OutrosClad = outros cladóceros; OutrosCop = outros copépodes; OutrosRot = outros rotíferos.

#### 4 DISCUSSÃO

Durante este estudo foram observadas mudanças na comunidade zooplanctônica a partir da separação dos períodos pré e pós transposição do rio São Francisco, como a diminuição expressiva da densidade, variação de riqueza e abundância relativa, bem como a identificação de um gênero exclusivo do período pós transposição.

Muitas transposições entre bacias podem ser observadas por todo o mundo com o objetivo de garantir a segurança hídrica das populações, com diversos modelos para previsão de impactos e avaliações pós transposição que demonstram mudanças, principalmente em termos de aumento da concentração de nutrientes (FORNARELLI; ANTENUCCI, 2011; GOHARI et al., 2013; MA et al., 2015; ZENG, QIN; LI, 2015; SOLIS; PAWLIK-SKOWRONSKA; KALINOWSKA, 2016; MACHADO et al; 2017). Entretanto, pouco é discutido acerca das alterações biológicas que podem ser enfrentadas.

Dentre as alterações abióticas mais expressivas no pós transposição, verifica-se em junho/2017 a diminuição do pH e das concentrações de clorofila-*a*, bem como aumento da turbidez e das concentrações de compostos nitrogenados e fosfatados. A separação dos meses pré e pós transposição através da PCA demonstra que houve mudanças expressivas entre estes períodos, com alto potencial de afetar diretamente a comunidade zooplanctônica.

O aumento da turbidez, nitrogênio e fósforo pode ser atribuído à entrada de matéria alóctone e ao revolvimento do sedimento. Todavia, para o reservatório Poções, houve queda destes parâmetros em junho/2017, contrário a tendência dos demais reservatórios. Em fevereiro/2017, este ambiente atingiu o menor volume total armazenado durante todo o estudo, concentrando partículas, nutrientes e as comunidades biológicas locais. Assim, a partir da entrada das águas do São Francisco, há diminuição significativa destas variáveis.

Em junho/2017 houve redução das concentrações de clorofila-*a* nos reservatórios Poções e Camalaú, exceto na zona de entrada de rio do reservatório Boqueirão. Neste ambiente,

ao longo dos meses pós transposição, as concentrações de clorofila-*a* aumentaram expressivamente, além do observado para os meses pré transposição.

Todos os reservatórios estudados exibiram reduzida densidade zooplanctônica nos meses pós transposição, refletindo rapidamente o impacto das novas condições limnológicas, principalmente associadas às mudanças de pH, concentrações de clorofila-*a* e da ressuspensão de sedimentos.

No reservatório Boqueirão, o aumento da riqueza, especialmente de cladóceros, ocorreu principalmente logo após a transposição em junho/2017. Este evento pode ser atribuído ao carreamento de organismos pelas águas da transposição e a eclosão de ovos de diapausa presentes no reservatório (ELMOOR-LOUREIRO, 1997). Concomitante a isto, a redução progressiva da densidade zooplanctônica ao longo dos meses pós transposição pode ser principalmente relacionada ao aumento na concentração da clorofila-*a*, a qual é um indicativo do aumento da biomassa fitoplanctônica.

Florações de cianobactérias foram previamente observadas em outros períodos no reservatório Boqueirão (ARAÚJO-JÚNIOR, 2009; MONTEIRO, 2016) e são caracterizadas pelo intenso crescimento das cianobactérias, organismos de baixa qualidade nutricional para o zooplâncton, com difícil ingestão e digestão devido a formação de grandes colônias ou filamentos (BRETT; MÜLLER-NAVARRA, 1997; GHADOUANI; PINEL-ALLOUL; PREPAS, 2003). Adicionalmente, o zooplâncton também pode ser afetado pela produção de cianotoxinas e depleção das concentrações de oxigênio dissolvido (PAERL; HUISMAN, 2009).

Todavia, muitos rotíferos, com ênfase no gênero *Brachionus*, possuem alta capacidade de colonização e adaptação, que os garante a habilidade de permanecer em ambientes desfavoráveis, como condições de hipóxia (PARANHOS et al., 2013). De modo contrário ao esperado e preconizado na literatura, agosto/2018 correspondeu ao mês de menor contribuição de rotíferos e aumento dos cladóceros, onde ocorreu a identificação de *Daphnia dubia* pela primeira vez em todo o estudo.

Segundo Dias (2012), outras espécies deste gênero já foram previamente identificadas no reservatório Boqueirão entre 2010 e 2011. As espécies do gênero *Daphnia* são filtradoras herbívoras generalistas de grande porte, comumente relacionadas negativamente às cianobactérias (PORTER; ORCUTT; GERRITSEN, 1983; SARNELLE; GUSTAFSSON; HANSSON, 2010). A presença e densidade expressiva de *D. dubia*, concomitante à baixa densidade de rotíferos e copépodes adultos, bem como a elevada concentração da biomassa fitoplanctônica (clorofila-*a*), constitui um evento absolutamente atípico.

O reservatório Camalaú, contrário aos demais ambientes estudados, exibiu diminuição da riqueza de rotíferos no período pós transposição. Apesar disto, a contribuição deste grupo em termos de abundância relativa aumentou ao longo dos meses pós transposição, simultâneo à menores densidades. Usualmente, devido à natureza rápida de seu ciclo de vida, os rotíferos são capazes de dominar os ambientes aquáticos, como verificado em fevereiro/2017 (MELO JÚNIOR et al., 2007). Todavia, apesar da presença de rotíferos da família Brachionidae, exímios colonizadores, as baixas densidades podem estar correlacionadas as menores concentrações de oxigênio dissolvido e menor pH no pós transposição, tendo em vista que, segundo Segers (2008), o gênero *Brachionus* em especial, geralmente preferem ambientes com pH alcalino.

No reservatório Poções, a entrada de água através da transposição aumentou o volume total armazenado, contribuindo majoritariamente para a diminuição das demais variáveis. Com a melhora das condições abióticas, principalmente após o volume total armazenado atingir valor crítico em fevereiro/2017, há aumento da riqueza no período pós transposição, especialmente dos rotíferos. A contribuição deste grupo pode ser atribuída, principalmente, ao transporte de indivíduos adultos e ovos de resistência pela transposição, concomitante a provável eclosão de ovos já presentes no reservatório, que pode ocorrer após melhora das condições abióticas após eventos extremos (RICCI; CAPRIOLLI, 2005).

Neste ambiente, a CCA evidenciou correlação positiva nos meses pré transposição entre clorofila-*a* e os copépodes calanoida *Notodiaptomus* e *N. iheringi*, especialmente em fevereiro/2017. Por serem organismos k-estrategistas e necessitarem de ambientes mais estáveis, idealmente de trofia oligo à mesotrófica, esta correlação é incomum mas possível, tendo em vista a distribuição de muitos copépodes *Notodiaptomus* pelos reservatórios de variadas trofias, devido sua capacidade de se alimentar através de pequenas colônias ou filamentos de cianobactérias (NOGUEIRA, 2001; PANOSSO et al. 2003; ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2013). Desta forma, a correlação clorofila-*a*/Calanoida pode ser justificada principalmente devido à influência do volume armazenado do reservatório, que concentrou as comunidades locais.

De modo geral, a alta contribuição dos rotíferos em termos de riqueza e densidade, para todos os reservatórios e em ambos os períodos estudados se deve ao fato destes organismos serem r-estrategistas e dotados de características oportunistas, com muitas espécies cosmopolitas, adaptadas as mais variadas amplitudes de turbidez, pH e temperatura, capazes de selecionar ativamente suas presas, podendo evitar a ingestão de cianobactérias (SEGERS; DE SMET, 2014; GER et al., 2016).

Por sua vez, a alta contribuição de copépodes em termos de abundância relativa pode ser atribuída, principalmente, as fases juvenis de náuplio e copepodito. A partir dos diferentes estágios de desenvolvimento, os copépodes se distribuem de forma distinta na coluna d'água, de modo a evitar competição. Durante o dia, náuplios e copepoditos são majoritariamente encontrados na superfície, explicando a alta contribuição destes ao longo de todo o estudo (PINESE; PINESE; DEL CLARO, 2015).

Para todos os reservatórios estudados, o período pré transposição foi caracterizado pela alta densidade de copépodes calanoida adultos, sendo superados pelos ciclopóides no período seguinte, exceto no reservatório Camalaú, onde sua contribuição diminuiu significativamente. Segundo Gazonato Neto et al. (2014), ambientes com condições eutróficas apresentam menor número de indivíduos Calanoida e maior número de Cyclopoida, sugerindo condições distintas entre os períodos.

## **5 CONCLUSÃO**

Foi verificado que a transposição do rio São Francisco causou alterações abióticas nos reservatórios receptores, especialmente o aumento da turbidez, queda do pH e alterações nas concentrações de compostos nitrogenados e fosfatados, com aumento para os reservatórios Camalaú e Boqueirão, e redução para o reservatório Poções. Para o zooplâncton, foram observadas mudanças na contribuição de copépodes Cyclopoida e Calanoida, bem como redução expressiva da densidade em todos os reservatórios no período pós transposição, todavia, não foram observadas mudanças expressivas de diversidade ou equabilidade.



## ZOOPLANKTONIC DIVERSITY IN RESERVOIRS OF THE PARAIBANO SEMIARID: A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PERIODS BEFORE AND AFTER THE TRANSPOSITION OF THE SÃO FRANCISCO RIVER

### ABSTRACT

Given the need for greater water security verified in the Brazilian semiarid, the transposition of the São Francisco river appears as an attractive alternative. However, transpositions between basins are major disruption events for the local biota, including the zooplankton community, where there is a possibility of significant changes in its structure and diversity. The present study aimed to monitor and compare the zooplankton community of the recipient reservoirs before and after transposition. The study was carried out from June/2016 to August/2018, constituting six collections in Poções, Camalaú and Boqueirão reservoirs. Samples were collected at three different points in the subsurface of the water column, for zooplankton analysis, nutrients and chlorophyll *a*. Changes in post-transposition abiotic parameters were observed, such as changes in chlorophyll *a* and nutrient concentrations, pH decrease and turbidity increase. These changes directly affected the contributions of rotifers, cladocerans and copepods in terms of relative abundance. The total richness for post-transposition was higher in the Boqueirão and Poções reservoirs, and lower in the Camalaú reservoir. The density was substantially altered, with significant drop after transposition, reflecting the local disturbance. The pH, dissolved oxygen, total stored volume and concentrations of chlorophyll-*a* were the most influential factors on zooplankton after transposition.

**Keywords:** Abiotic changes. Biomonitoring. Tropical reservoirs. Zooplankton.

---

<sup>1</sup> Graduation student in Biological Sciences at the State University of Paraíba – Campus I.  
Email: vitoria21barbosa@gmail.com

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS – AESA. **Últimos Volumes Informados dos Açudes**. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/ultimos-volumes/>>. Acesso em: 23 de Maio de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Sala de Situação: São Francisco**. Disponível em: < <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/sala-de-situacao/sao-francisco/sao-francisco-saiba-mais>>. Acesso em: 09 de Junho de 2018.

AHLGREN, G.; LUNDSTEDT, L.; BRETT, M.; FORSBERG, C. Lipid composition and food quality of some freshwater phytoplankton for cladoceran zooplankters. **Journal of Plankton Research**, v. 12, n. 4, p. 809-818, 1990.

ALVALÁ, R. C. S.; CUNHA, A. P. M. A.; BRITO, S. S. B.; SELUCHI, M. E.; MAREGO, J. A.; MORAES, O. L. L.; CARVALHO, M. A. Drought monitoring in the Brazilian Semiarid region. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, p. 15. 2017.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 22ª edição. **American Public Health Association**, p. 1220, 2012.

ARAÚJO-JÚNIOR, R. J. D. Evolução temporal dos níveis tróficos do açude Epitácio Pessoa, semi-árido paraibano. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, p. 71, 2009.

BRAGA, G. G.; BECKER, V.; OLIVEIRA, J. N. P.; JUNIOR, J. R. M.; BEZERRA, A. F. M.; TORRES, L. M.; GALVÃO, A. M. F.; MATTOS, A. Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 15-23, 2015.

BRETT, M.; MÜLLER-NAVARRA, D. The role of highly unsaturated fatty acids in aquatic foodwebs processes. **Freshwater Biology**, v. 38, n. 3, p. 483-499, 1997.

CHOI, J. Y.; JEONG, K. S.; KIM, S. K.; LA, G. H.; CHANG, K. H.; JOO, G. J. Role of macrophytes as microhabitats for zooplankton community in lentic freshwater ecosystems of South Korea. **Ecological Informatics**, v. 24, p. 177-185, 2014.

COLTELLI, P.; BARSANTI, L.; EVANGELISTA, V.; FRASSANITO, A. M.; GUALTIERI, P. Water monitoring: automated and real time identification and classification of algae using digital microscopy. **Environmental Science: Processes & Impacts**, v. 16, n. 11, p. 2656-2665, 2014.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Norma técnica. Zooplâncton de água doce: métodos qualitativo e quantitativo. **L5.304**. 2ª edição, 2012.

COSTA, B. N. S.; PINHEIRO, S. C. C.; LIMA, M. O.; AMADO, L. L. Microzooplankton as an indicator of environmental quality at an industrial complex in the Brazilian Amazon. **Ecological Indicators**, v. 66, p. 220-229, 2016.

CUNHA, A. P. M.; ALVALÁ, R. C.; NOBRE, C. A.; CARVALHO, M. A. Monitoring vegetative drought dynamics in the Brazilian semiarid region. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 214, p. 494-505, 2015.

DANTAS-SILVA, L. T.; DANTAS, Ê. W. Zooplâncton (Rotifera, Cladocera e Copepoda) e a eutrofização em reservatórios do nordeste brasileiro. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 2, p. 53-58, 2013.

DE LIRA AZEVÊDO, E.; ALVES, R. R. N.; DIAS, T. L. P.; MOLOZZI, J. How do people gain access to water resources in the Brazilian semiarid (Caatinga) in times of climate change? **Environmental Monitoring Assessment**, v. 189, n. 8, p. 375, 2017.

DIAS, F. O. Efeitos do estado trófico sobre as comunidades planctônicas de reservatórios da bacia do rio Paraíba – Semiárido – Brasil. p. **Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba – Campina Grande**, p. 64, 2012.

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

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M.; MENEZES, R.; COSTA, I. S.; ARAÚJO, M.; PANOSSO, R.; ATTAYDE, J. L. Zooplankton assemblages in eutrophic reservoirs of the Brazilian semi-arid. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 1, 2013.

FORNARELLI, R.; ANTENUCCI, J. P. The impact of transfers on water quality and the disturbance regime in a reservoir. **Water Research**, v. 45, n. 18, p. 5873-5885, 2011.

GARCÍA-CHICOTE, J.; ARMENGOL, X.; ROJO, C. Zooplankton abundance: a neglected key element in the evaluation of reservoir water quality. **Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters**, 2017.

GAZONATO NETO, A. J.; SILVA, L. C.; SAGGIO, A. A.; ROCHA, O. Zooplankton communities as eutrophication bioindicators in tropical reservoirs. **Biota Neotropica**, v. 14, n. 4, 2014.

GER, K. A.; URRUTIA-CORDERO, P.; FROST, P. C.; HANSSON, L-A.; SARNELLE, O.; WILSON, A. E.; LÜRLING, M. The interaction between cyanobacteria and zooplankton in a more eutrophic world. **Harmful Algae**, v. 54, p. 128-144, 2016.

GHADOUANI, A.; PINEL-ALLOUL, B.; PREPAS, E. E. Effects of experimentally induced cyanobacterial blooms on crustacean zooplankton communities. **Freshwater Biology**, v. 48, p. 363-381, 2003.

GOHARI, A.; ESLAMIAN, S.; MIRCHI, A.; ABEDI-KOUPAEI, J.; BAVANI, A. M.; MADANI, K. Water transfer as a solution to water shortage: a fix that can backfire. **Journal of Hydrology**, v. 491, p. 23-39, 2013.

JESPERSEN, A. M.; CHRISTOFFERSEN, K. Measurements of chlorophyll-a from phytoplankton using ethanol as extraction solvent. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 109, p. 445-454, 1987.

KIRK, K. L.; GILBERT, J. J. Variation in herbivore response to chemical defenses: zooplankton foraging on toxic cyanobacteria. **Ecology**, v. 73, n. 6, p. 2208-2217, 1992.

KOSTE, W. Rotatoria: Die Rädertiere Mitteleuropas Ein Bestimmungswerk begründet von Max Voigt. Überordnung Monogonta. 2. Berlin, **Gebrüder Borntraeger**, p. 637, 1978.

KRUPA, E. G.; BARINOVA, S. S.; ISBEKOV, K. B.; ASSYLBEKOVA, S. Z. The usage of zooplankton distribution maps for assessment of ecological status of the Shardara reservoir (Southern Kazakhstan). **Ecohydrology & Hydrobiology**, v. 16, p. 52-65, 2017.

LALLI, C. M.; PARSONS, T. R. *Biological Oceanography: An Introduction*. 2ª edição. **Elsevier Butterworth-Heinemann**, p. 320, 1997.

LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and pheo-pigments: spectrophotometric equations. **Limnology and oceanography**, v. 12, n. 2, p. 343-346, 1967.

LUCENA, L. C. A.; MELO, T. X. D.; MEDEIROS, E. S. F. Zooplankton community of Parnaíba River, Northeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 118-129, 2015.

MA, X. et al. Impacto f Yangtze river water transfer on the water quality of the Lixia river watershed, China. **PloS one**, v. 10, n. 4, p. e0119720, 2015.

MACHADO, F. H.; GONTIJO, E. S. J.; BEGHELLI, F. G. S.; FENGLER, F. H.; MEDEIROS, G. A.; FILHO, A. P.; MORAES, J. F. L.; LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. I. Environmental impacts of inter-basin water transfer on water quality in the Jundiaí-Mirim river, South-East Brazil. **International Journal of Environmental Impacts**, v. 1, n. 1, p. 80-91, 2017.

MELO JÚNIOR, M. D.; ALMEIDA, V. L. D. S.; NEUMANN-LEITÃO, S.; PARANAGUÁ, M. N.; NASCIMENTO, A. N. O estado da arte da biodiversidade de rotíferos planctônicos de ecossistemas límnicos de Pernambuco. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, 2007.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional. Julho, 2004.

NOGUEIRA, M. G. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 455, n. 1-3, p. 1-18, 2001.

MONTEIRO, F. M. Presença de macrófitas submersas altera a dinâmica do fitoplâncton em reservatórios do semiárido? **Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba**, p. 59, 2016.

PAERL, H.; HUISMAN, J. Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. **Environmental Microbiology Reports**, v. 1, n. 1, p. 27-37, 2009.

PAL, S.; PATRA, A. K.; CHAKRABORTY, K. Prospect of *Brachionus calyciflorus*, a holoplankton, for its potential bioindicator property: a review. **International Journal of Recent Scientific Research**, v. 6, n. 11, p. 7603-7608, 2015.

PANOSSO, R.; CARLSSON, P.; KOZLOWSKY-SUZUKI, B.; AZEVEDO, S. M. F. O.; GRANÉLI, E. Effect of grazing by a neotropical copepod, *Notodiaptomus*, on a natural cyanobacterial assemblage and on toxic and non-toxic cyanobacterial strains. **Journal of Plankton Research**, v. 25, n. 9, p. 1169-1175, 2003.

PERBICHE-NEVES, G.; SAITO, V. S.; PREVIATTELLI, D.; DA ROCHA, C. E.; NOGUEIRA, M. G. Cyclopoid copepods as bioindicators of eutrophication in reservoirs: do patterns hold for large spatial extents? **Ecological Indicators**, v. 70, p. 340-347, 2016.

PIELOU, E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections. **Journal of Theoretical Biology**, v. 13, p. 131-144, 1966.

PINESE, O. P.; PINESE, J. F.; DEL CLARO, K. Structure and biodiversity of zooplankton communities in freshwater habitats of a Vereda Wetland Region, Minas Gerais, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 3, p. 275-288, 2015.

PORTER, K. G.; ORCUTT, J. D.; GERRITSEN, J. Functional Response and fitness in a generalist filter feeder, *Daphnia magna* (Cladocera: Crustacea). **Ecology**, v. 64, n. 4, p. 735-742, 1983.

REID, J. W. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sul-americanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). **Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo**, v. 9, n. 9, p. 17-143, 1985.

RICCI, C.; CAPRIOLI, M. Anhydrobiosis in Bdelloid Species, Populations and Individuals. **Integrative and Comparative Biology**, v. 45, n. 5, p. 759-763, 2005.

RUTTNER-KOLISKO, A. Plankton Rotifers. Biology and taxonomy (Monogononta). Buchhandlung Suttgart: **Schweizerbart'sche verlags**, p. 146. 1974.

SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. da. **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

SAILLEY, S. F.; POLIMENE, L.; MITRA, A.; ATKINSON, A.; ALLEN, J. I. Impact of zooplankton food selectivity on plankton dynamics and nutrient cycling. **Journal of Plankton Research**, v. 37, n. 3, p. 519-529, 2015.

SANTOS-SILVA, E. N. Revisão das espécies do “complex *nordestinus*” (Wright, 1935) de *Notodiaptomus* Kiefer, 1936 (Copepoda: Calanoida: Diaptomidae). **Tese (Doutorado em Zoologia) – Universidade de São Paulo**, p. 198. 2000.

SARNELLE, O.; GUSTAFSSON, S.; HANSSON, L-A. Effects of cyanobacteria on fitness components of the herbivore *Daphnia*. **Journal of Plankton Research**, v. 32, n. 4, p. 471-477, 2010.

SEGERS, H.; DE SEMET, W. H. Diversity and endemism in Rotifera: a review, and *Keratella* Bory de St. Vincent. **Biodiversity and Conservation**, v. 17, n. 2, p. 303-316, 2008.

SERAFIM-JÚNIOR, M.; PERBICHE-NEVES, G.; BRITO, L.; GHIDINI, A. R.; CASANOVA, S. M. C. Variação espaço-temporal de Rotifera em um reservatório eutrofizado no sul do Brasil. **Iheringia**, v. 100, n. 3, p. 233-241, 2010.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, **Urbana**, p. 177, 1949.

SOLIS, M.; PAWLIK-SKOWRONSKA, B.; KALINOWSKA, R. Seasonal changes of phytoplankton and cyanobacteria/cyanotoxin risk in two shallow morphologically altered lakes: Effects of water level manipulation (Wieprz-Krzna Canal System, Eastern Poland). **Ecological Indicators**, v. 66, p. 103-112, 2016.

SOUSA, W.; ATTAYDE, J. L.; ROCHA, E. S.; ESKINAZI-SANT’ANNA, E. M. 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**, v. 30, n. 6, p. 699-708, 2008.

TER BRAAK, C. J. F.; PRENTICE, I. C. A theory of gradient analysis. **Advances in ecological research**. Academic Press, v. 18, p. 271-317, 1988.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Limnologia. **Oficina de Textos**, 1ª edição, p. 632, 2008.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. E. M. Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 4, p. 1133-1135. 2008.

ZENG, Q.; QIN, L.; LI, X. The potential impact of an inter-basin water transfer project on nutrients (nitrogen and phosphorus) and chlorophyll a of the receiving water system. **Science of the Total Environment**, v. 536, p. 675-686, 2015.



## APÊNDICE A

**Tabela 2.** Variáveis abióticas do reservatório Poções, de junho/2016 a agosto/2018. NH4: amônia; NO2: nitrito; NO3: nitrato; DIN: nitrogênio inorgânico dissolvido; SRP: fósforo reativo solúvel; PT: fósforo total; Temp: temperatura; pH: potencial hidrogeniônico; OD: oxigênio dissolvido; CE: condutividade elétrica; Chl-a: clorofila-a; Vol: volume total armazenado; Prec: precipitação.

	NH4 (µg/L)	NO2 (µg/L)	NO3 (µg/L)	DIN (µg/L)	SRP (µg/L)	PT (µg/L)	Temp (C°)	pH	Turb (UNT)	OD (mg)	CE (mS/cm)	Chl-a (µg/L)	Vol (%)	Prec (mm)
<b>Jun/16</b>														
P1	66,00	0,18	23,54	89,71	121,50	254,50	25,79	8,50	4,12	31,08	0,92		4,29	1,80
P2	25,38	7,84	44,81	78,03	113,00	360,33	24,58	8,47	55,40	32,07	0,92	48,92		
P3	178,00	23,97	6,72	208,69	43,00	617,19	22,97	8,33	54,00	29,01	0,92	55,64		
<b>Out/16</b>													5,44	0
P1	456,00	0,00	20,59	476,59	5,00	318,00	25,97	7,60	48,90	15,39	1,60	9,59		
P2	24,68	8,96	47,24	80,88	38,00	207,00	24,80	8,39	54,80	14,42	1,61	13,91		
P3	50,50	14,10	80,60	145,20	158,00	638,78	25,66	8,28	50,50	14,16	1,61	273,67		
<b>Fev/17</b>													0,61	54
P1	14,10	11,19	16,96	42,25	913,00	883,67	29,65	8,46	325,00	20,45	3,41	132,49		
P2	62,05	320,15	218,01	600,21	633,00	1070,30	29,75	8,70	394,00	15,97	3,46	126,96		
P3	239,74	226,12	186,52	652,38	638,00	870,33	27,12	8,71	297,00	12,95	3,44	250,60		
<b>Jun/17</b>													6,43	39,1
P1	98,72	53,73	147,76	300,21	133,00	377,00	25,51	7,43	12,50	9,02	0,17	8,15		
P2	45,83	10,07	125,96	181,86	103,00	243,67	25,14	7,35	190,00	8,41	0,18	11,03		
P3	86,03	8,96	140,50	235,49	153,00	443,67	24,37	7,23	151,00	8,16	0,19	19,18		
<b>Out/17</b>													6,3	0
P1	29,62	0,00	27,86	57,48	73,00	150,33	27,87	7,21	48,00	9,05	0,15	16,31		
P2	10,58	5,60	29,07	45,25	118,00	77,00	26,45	7,10	67,60	6,36	0,15	6,71		
P3	4,94	2,24	19,38	26,56	63,00	150,33	25,75	7,06	52,00	5,26	0,16	8,15		
<b>Ago/18</b>													1,47	0
P1	39,49	23,51	284,63	347,62	233,00	780,33	29,18	9,40	326,05	7,32	3,92	25,83		
P2	52,18	117,54	319,75	489,47	363,00	733,67	27,45	8,82	324,00	6,71	3,78	13,84		
P3	57,12	132,09	306,43	495,63	78,00	657,00	30,32	8,30	324,00	7,62	4,02	29,51		

## APÊNDICE B

**Tabela 3.** Variáveis abióticas do reservatório Camalaú, de junho/2016 a agosto/2018. NH4: amônia; NO2: nitrito; NO3: nitrato; DIN: nitrogênio inorgânico dissolvido; SRP: fósforo reativo solúvel; PT: fósforo total; Temp: temperatura; pH: potencial hidrogeniônico; OD: oxigênio dissolvido; CE: condutividade elétrica; Chl-a: clorofila-a; Vol: volume total armazenado; Prec: precipitação.

	NH4 ( $\mu\text{g/L}$ )	NO2 ( $\mu\text{g/L}$ )	NO3 ( $\mu\text{g/L}$ )	DIN ( $\mu\text{g/L}$ )	SRP ( $\mu\text{g/L}$ )	PT ( $\mu\text{g/L}$ )	Temp ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	Turb (UNT)	OD (mg)	CE (mS/cm)	Chl-a ( $\mu\text{g/L}$ )	Vol (%)	Prec (mm)
<b>Jun/16</b>													13,72	0
P1	298,97	82,84	187,73	569,54	28,00	167,00	23,93	8,10	1,00	15,57	1,06	7,67		
P2	153,01	138,81	203,48	495,30	23,00	47,00	23,94	8,03	14,30	15,25	1,06	8,63		
P3	64,87	97,39	190,16	352,42	153,00	273,67	24,81	9,20	19,00	34,87	1,06	11,51		
<b>Out/16</b>													8,87	0
P1	64,87	97,39	190,16	352,42	153,00	273,67	24,81	9,20	19,00	11,60	1,22	7,67		
P2	11,99	2,24	24,22	38,45	23,00	304,00	24,52	8,80	34,80	12,50	1,23	6,24		
P3	14,81	0,00	53,29	68,10	18,00	67,00	23,86	8,69	29,70	13,35	1,21	5,28		
<b>Fev/17</b>													6,53	0
P1	9,87	4,48	13,32	27,67	38,00	57,00	26,20	8,97	136,00	14,15	1,41	32,61		
P2	2,82	14,55	10,90	28,27	28,00	57,00	25,53	8,92	116,00	13,26	1,40	31,18		
P3	7,76	5,60	6,06	19,41	28,00	60,33	25,13	8,55	37,40	13,14	1,38	34,53		
<b>Jun/17</b>													14,19	18,9
P1	47,95	42,54	171,99	262,48	73,00	633,67	22,79	7,64	178,00	6,83	0,19	8,15		
P2	25,38	3,36	164,72	193,46	143,00	370,33	24,65	7,42	90,00	6,48	0,18	7,67		
P3	46,54	0,00	171,99	218,53	43,00	253,67	25,09	7,61	79,80	7,42	0,18	6,71		
<b>Out/17</b>													14,02	0
P1	11,28	7,84	32,70	51,82	78,00	57,00	26,30	7,53	40,60	4,20	0,16	10,07		
P2	7,76	0,00	26,65	34,41	58,00	77,00	25,60	7,19	25,70	7,92	0,16	4,80		
P3	4,94	0,00	19,38	24,32	78,00	97,00	25,22	7,06	21,80	5,14	0,16	4,80		
<b>Ago/18</b>													10,11	7,5
P1	11,28	24,63	24,22	60,13	28,00	67,00	25,00	7,53	2,12	6,26	2,79	14,39		
P2	18,33	14,55	16,96	49,84	3,00	43,67	24,96	7,78	2,70	7,88	2,78	12,47		
P3	11,28	1,12	23,01	35,41	33,00	60,33	24,71	8,35	2,79	8,00	2,76	15,35		

## APÊNDICE C

**Tabela 4.** Variáveis abióticas do reservatório Boqueirão, de junho/2016 a agosto/2018. NH4: amônia; NO2: nitrito; NO3: nitrato; DIN: nitrogênio inorgânico dissolvido; SRP: fósforo reativo solúvel; PT: fósforo total; Temp: temperatura; pH: potencial hidrogeniônico; OD: oxigênio dissolvido; CE: condutividade elétrica; Chl-a: clorofila-a; Vol: volume total armazenado; Prec: precipitação.

	NH4 (µg/L)	NO2 (µg/L)	NO3 (µg/L)	DIN (µg/L)	SRP (µg/L)	PT (µg/L)	Temp (C°)	pH	Turb (UNT)	OD (mg)	CE (mS/cm)	Chl-a (µg/L)	Vol (%)	Prec (mm)
<b>Jun/16</b>													8,64	26,9
P1	134,68	3,36	42,39	180,43	78,00	113,67	26,74	8,18	10,20	7,83	1,62	5,76		
P2	134,68	3,36	49,66	187,70	13,00	98,00	26,86	7,98	12,50	9,70	1,60	5,76		
P3	174,68	3,36	42,39	220,43	78,00	100,33	26,74	8,18	3,30	9,29	1,59	5,28		
<b>Out/16</b>													6,05	0
P1	248,00	5,60	96,34	349,94	33,00	160,33	24,57	8,91	18,50	24,58	2,09	4,32		
P2	12,69	0,00	25,43	38,12	43,00	120,00	24,92	8,54	16,80	17,97	1,97	7,19		
P3	198,21	2,24	24,22	224,67	13,00	53,67	24,57	8,64	7,56	24,06	1,93	10,55		
<b>Fev/17</b>													3,72	0
P1	23,97		33,91	57,88	3,00	43,67	25,95	8,47	2,36	24,20	71,00	4,32		
P2	13,40	7,84	8,48	29,71	28,00	33,67	26,57	8,52	36,10	12,76	2,29	7,19		
P3	6,35	7,84	14,53	28,72	28,00	60,33	26,23	8,49	18,50	10,16	2,27	14,87		
<b>Jun/17</b>													6,84	30,2
P1	47,24	25,75	193,79	266,78	83,00	300,33	24,71	7,45	194,00	4,81	0,38	11,03		
P2	43,72	24,63	218,01	286,36	93,00	340,33	24,80	7,56	9,50	7,24	0,64	1,44		
P3	40,19	4,48	69,04	113,71	3,00	80,33	25,14	7,91	228,00	10,93	1,26	10,07		
<b>Out/17</b>													9,24	2,9
P1	48,65	0,00	14,53	63,18	78,00	100,33	25,93	7,01	13,30	9,02	0,36	37,41		
P2	7,05	0,00	23,01	30,06	18,00	47,00	25,37	6,82	9,40	9,90	0,53	14,39		
P3	9,17	6,72	27,86	43,75	48,00	0,33	24,74	6,90	28,00	7,58	0,77	10,07		
<b>Ago/18</b>													29,76	0
P1	25,38	36,94	48,45	110,77	8,00	57,00	25,02	8,10	7,77	7,33	3,01	45,56		
P2	17,63	63,81	67,83	149,26	23,00	60,33	24,88	8,08	9,17	7,73	2,97	35,97		
P3	15,51	29,10	41,18	85,80	23,00	67,00	24,51	8,60	9,48	8,58	2,85	3,36		