



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA - UEPB
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - CCBS
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DAYANY AGUIAR DE OLIVEIRA

**DINÂMICA DOS GRUPOS FUNCIONAIS FITOPLANCTÔNICOS EM
RESERVATÓRIOS RECEPTORES DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO
FRANCISCO, SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

CAMPINA GRANDE
2017

DAYANY AGUIAR DE OLIVEIRA

**DINÂMICA DOS GRUPOS FUNCIONAIS FITOPLANCTÔNICOS EM
RESERVATÓRIOS RECEPTORES DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO
FRANCISCO, SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
junto ao Curso de Licenciatura em Ciências
Biológicas da Universidade Estadual da
Paraíba.

Área de concentração: Ecologia /Limnologia.

Orientador: Prof. Dr. José Etham de Lucena.
Barbosa (UEPB)

Coorientadora: Profa. Dra. Juliana dos
Santos Severiano (IFPB).

**CAMPINA GRANDE
2017**

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.

O48d Oliveira, Dayany Aguiar de.
Dinâmica dos grupos funcionais fitoplanctônicos em reservatórios receptores da transposição do Rio São Francisco, semiárido brasileiro [manuscrito] : / Dayany Aguiar de Oliveira. - 2017.
35 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2017.

*Orientação : Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa ,
Coordenação de Curso de Biologia - CCBS.*

*Coorientação: Profa. Dra. Juliana dos Santos Severiano,
IFPB - Instituto Federal da Paraíba*

1. Transposição de águas. 2. Biovolume. 3. Ceratium furcoides. 4. Variação Espaço-Temporal.

21. ed. CDD 577.64

DAYANY AGUIAR DE OLIVEIRA

**DINÂMICA DOS GRUPOS FUNCIONAIS FITOPLANCTÔNICOS
EM RESERVATÓRIOS RECEPTORES DA TRANSDIÇÃO DO
RIO SÃO FRANCISCO, SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

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

Área de concentração: Ecologia/
Limnologia.

Aprovada em: 14/12/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa (Orientador)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha (Examinador)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

MSc. Patrícia Silva Cruz (Examinadora)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

*A minha família, por todo o amor, carinho
e compreensão, por ser sempre o alicerce
para as minhas conquistas, DEDICO.*

Agradecimentos

A Deus, por ter delineado os meus passos e por ter me mantido forte diante as dificuldades acadêmicas, me permitindo chegar até aqui, podendo assim, realizar um grande sonho. Foi graças a sua luz divina que mantive minha fé e minha perseverança para concluir mais uma etapa de minha vida.

Aos meus familiares, especialmente minha avó Maria, minha Tia Mônica e meus primos (Luan, Yrely, Niedja e Laís), por terem contribuído de alguma forma para a minha formação acadêmica.

Com todo o amor incondicional, agradeço imensamente aos meus pais, Verônica e Joares por não terem desistido de mim, por terem dedicado sua vida para cuidar de mim e de minha irmã, obrigada por toda educação e todo o carinho que sempre tiveram conosco, em palavras não saberia descrever o quanto vocês foram essenciais para essa conquista.

A minha irmã, Danielly, sempre serei grata por toda a força e estímulo que sempre me deu para que eu nunca desistisse, obrigada por nunca deixar de me ajudar e me entender ao longo desses anos. As minhas sobrinhas, Lavínya, por entender mesmo que pequena, os motivos pelos quais eu não podia brincar com ela, pela doçura do sorriso de Lunna que diversas vezes me fez esquecer todas as minhas angústias. Amo-as incondicionalmente! Ao meu namorado (Júnior), por ser companheiro e principalmente ser meu amigo, por escutar minhas angústias e preocupações, pelos conselhos, obrigada por sempre estar do meu lado e por querer sempre o meu bem.

Minha eterna gratidão a minha Tia Josélia (in memoriam), por ter me emprestado seus livros para eu estudar quando eu não tinha condições de comprar, pela confiança, por ser minha amiga, minha conselheira, por todo o carinho que sempre expressou por mim, por ter acreditado no meu potencial mesmo ele estando ofuscado, se hoje realizo

um sonho e pretendo ser uma boa profissional, é porque tive como espelho a grande professora que foste. Eternas saudades!

Aos colegas e amigos de turma, Juliana, Emanuele, Jara, Joeliton, Martinho, Iran, Rayssa, Alana, Girlane, Leonardo e Isabella, por todos os momentos vividos em sala, e agradeço principalmente aos amigos Ranielle, Eduardo e Genielyson, que me fizeram amadurecer e ser alguém melhor. Em especial agradeço a Ranielle por ser minha amiga e minha companheira no início dessa jornada acadêmica, pelos conselhos, por sua paciência, por sua palavra amiga, nós duas construímos uma linda amizade, e eu espero que ela se perpetue por longos anos.

Aos amigos do Leaq (Laboratório de Ecologia Aquática), Adriano, Olimetia, Vanessa, Camila, Morgana, Larissa, Danielle, Millena, agradeço pela convivência diária, pelos momentos divertidos nas coletas, nas festas, e por todo conhecimento repassado. Agradeço essencialmente a Patrícia e a Leandro vulgo

(Chico), por toda a amizade, por me proporcionarem um amadurecimento pessoal e profissional, por toda a paciência para comigo, pelos conselhos, pelas sugestões, e por todo aprendizado adquirido, minha gratidão a vocês meus amigos será eterna.

Ao meu orientador José Etham, por ter me acolhido em seu laboratório, e por ter plantado em mim a sementinha da paixão pela ecologia e pela limnologia, espero que essa paixão reascenda cada vez mais, floresça, e renda bons frutos. Obrigada professor, por todo o incentivo, confiança, pelos conselhos e por todo o carinho expressado.

A minha coorientadora Juliana dos Santos Severiano, pelos ensinamentos, por todo incentivo para que eu desenvolvesse da melhor forma a minha pesquisa, pela sinceridade, pelo olhar crítico, agradeço os elogios e os puxões de orelha que me fizeram amadurecer bastante durante essa trajetória acadêmica, obrigada por compreender as minhas preocupações e limitações.

Por fim, a todos os professores do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação. Obrigada a todos por tudo!

Aqui estou eu, feliz, exausta, satisfeita, aliviada, é uma junção de sentimentos que invadem meu coração ao concluir essa tão sonhada conquista. Nesses 4 anos de vida acadêmica, mudei, amadureci, sonhei, realizei, vivi intensamente cada segundo, e é isso que me alegra, foi difícil, mas não desistir.

Sempre quis mudar o mundo, mudei, iniciei mudando meu mundo! Amei mais, falei mais, ouvi mais e sonhei mais, se hoje estou aqui é porque sempre lutei por meus sonhos, tive fé, acreditei, tentei até conseguir, errando ou acertando eu busquei dar o meu melhor sempre.

“Queira! Basta ser sincero e desejar profundo. Você é capaz de sacudir o mundo, vai tente outra vez! Tente! Não diga que a vitória está perdida. Tenha fé em Deus tenha fé na vida. tente outra vez!”

Raul Seixas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1. Área de estudo	13
2.2. Amostragem.....	15
2.3. Análise de dados	15
2.4. Análises estatísticas	16
3. RESULTADOS	16
3.1. Variáveis físicas e químicas.....	16
3.2. Grupos funcionais fitoplanctônicos	21
3.3. Análise de redundância destendenciada	24
4. DISCUSSÃO	26
5. CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS	31

DINÂMICA DOS GRUPOS FUNCIONAIS FITOPLANCTÔNICOS EM RESERVATÓRIOS RECEPTORES DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO, SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Dayany Aguiar de Oliveira

RESUMO

A transposição do Rio São Francisco surgiu como medida para solucionar a deficiência hídrica da região semiárida, no entanto, a transposição pode favorecer a introdução de espécies exóticas, e a alterações das características limnológicas dos ambientes. Objetivou-se avaliar os efeitos da transposição do Rio São Francisco na estrutura funcional da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios de Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções. Foram realizadas coletas com frequência trimestral no período de Outubro/16 à Junho/17, na região lótica, de transição e lêntica, em três profundidades. Foi observado que houve redução dos valores de pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos, e aumento dos valores de turbidez e das concentrações de nitrato, fósforo reativo solúvel e fósforo total. Os grupos **S₁** (*Plankthotrix isothrix*, *Plankthotrix agardhi* e *Pseudanabaena galeata*), **H₁** (*Aphanizomenon gracile* e *Dolichospermum solitarium*), **N** (*Cosmarium phaseolus*) e **L_M** (*Ceratium furcoides* e *Coelomoron tropicale*), obtiveram maiores biovolumes durante o estudo. Os grupos **S₁** e **H₁** foram favorecidos pelo pH alcalino, e aumento do teor de nutrientes, enquanto que os grupos **N** e **L_M** estão associados ao aumento da turbidez e dos nutrientes, e os baixos valores de pH. Nos reservatórios observou-se a presença da espécie *Ceratium furcoides*, o registro dessa espécie ocorreu após a transposição do Rio São Francisco. Verificou-se que a transposição provocou mudanças nas variáveis abióticas, as quais moldaram a dinâmica dos grupos funcionais, prevalecendo os grupos formados por cianobactérias (**S₁** e **H₁**), e os grupos (**N** e **L_M**) formados por espécies de ambientes túrbidos com altos teores de nutrientes.

Palavras-chave: Transposição de águas. Biovolume. *Ceratium furcoides*. Variação Espaço-Temporal.

1. INTRODUÇÃO

Os reservatórios são essenciais para atender as necessidades da população, uma vez que são utilizados para inúmeras finalidades, como abastecimento público, dessedentação animal, produção agrícola irrigada, piscicultura, dentre outros (FREITAS; RIGHETTO; ATTAYDE, 2011). Nas regiões semiáridas, os reservatórios são particularmente importantes porque amenizam os efeitos das chuvas irregulares (CHELLAPPA; COSTA, 2003).

* Aluno de Graduação em Ciências Biológicas na Universidade Estadual da Paraíba – Campus I.
Email: dayanyaguiar93@gmail.com

Recorrentes períodos de secas que ocorrem no semiárido são influenciados pelas condições climáticas típicas da região, como elevada incidência luminosa, alta evaporação e baixos índices pluviométricos (BOUVY et al., 2003).

No Brasil, a região semiárida engloba uma área territorial de 969.589,4 km². E estima-se que a região tenha uma população de 21 milhões de pessoas, o que equivale a 11% da população brasileira, tornando essa região uma das mais populosas do mundo (NEVES; MEDEIROS; SILVEIRA; MORAIS, 2010). Nos últimos anos, a seca vem atingindo severamente a região Nordeste do País, provocando a redução do volume ou mesmo o colapso hídrico dos reservatórios. Para minimizar os efeitos gerados pela seca, foi realizada a transposição das águas do Rio São Francisco, um dos principais rios brasileiros, o qual nasce na Serra da Canastra no estado de Minas Gerais e atravessa os estados de Bahia, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Goiás e Distrito Federal (SOARES, 2013).

Para os idealizadores desse projeto, a transposição tem o papel de solucionar o déficit hídrico da região e, além disso, promover benefícios à população através da geração de empregos, desenvolvimento da economia regional, e a diminuição do êxodo rural. Porém, a transposição pode ocasionar vários impactos ambientais, pois resulta em mudanças no regime fluvial e na composição das comunidades biológicas, oferecendo riscos como o de introdução de espécies exóticas, desencadeando danos à biodiversidade das comunidades aquáticas nativas nas bacias (RIMA, 2004). Diante dessa perspectiva, a transposição do Rio São Francisco pode modificar a integridade dos ecossistemas aquáticos, interferindo em suas características físicas, químicas e biológicas, sendo isso um fato preocupante, visto que a água desses ambientes é destinada ao abastecimento público.

Nesse contexto, é fundamental o conhecimento sobre a comunidade fitoplanctônica, uma vez que o fitoplâncton se mostra sensível às alterações ambientais, funcionando assim, como um descritor das condições do ecossistema. Dessa maneira, a comunidade serve como um sensor ambiental detalhando as condições ecológicas dos ecossistemas aquáticos, e por esse motivo, é comumente utilizada como bioindicador da qualidade da água (PHILIPS et al., 2013).

Uma maneira de estudar o fitoplâncton é por meio da observação da composição taxonômica da comunidade, a qual demonstra ter relação com as variações físicas e químicas ao longo de variações sazonais em lagos tropicais (NABOUT; NOGUEIRA; OLIVEIRA, 2006). Outra forma utilizada para estudar a comunidade fitoplanctônica se baseia em um esquema de classificação funcional de espécies, que foi desenvolvido por Reynolds et al. (2002). Essa classificação tem se mostrado uma importante ferramenta para melhor

compreender as mudanças ambientais naturais ou antrópicas nos corpos hídricos. Os grupos funcionais têm como base o agrupamento das espécies com características morfológicas, fisiológicas e ecológicas semelhantes, de acordo com as suas sensibilidades e tolerâncias com relação às variáveis ambientais (PADISÁK; CROSSETT; NASELLI-FLORES, 2009).

Esse modelo de classificação funcional é frequentemente utilizado em diversos estudos nos corpos hídricos da região semiárida (VIERA; CARDOSO; COSTA, 2015; LINS; CEBALLOS; LOPEZ; BARBOSA, 2017). Segundo Costa, Attayde e Becker (2016), a utilização dos grupos funcionais nos ecossistemas aquáticos fornece informações importantes sobre a ecologia das espécies no ambiente. Para Salmaso, Naselli-Flores e Pádisak (2015), a vantagem da aplicação desse sistema de classificação é que ele pode fornecer informações precisas sobre as características do ambiente.

Logo, a utilização da classificação funcional pode servir como base para entender como a comunidade fitoplanctônica responde aos distúrbios que ocorrem nos reservatórios das regiões semiáridas, dentre eles o evento da transposição do Rio São Francisco. Tomando desse pressuposto, acredita-se que a transposição modifique a estrutura físico-química dos ambientes, levando-os a ter aumento das concentrações de nutrientes e aumento do volume hídrico e, conseqüentemente, provocando mudanças nos grupos funcionais fitoplanctônicos. Haja vista, que a organização do fitoplâncton está intimamente relacionada com a estrutura física e a disponibilidade de nutrientes no ambiente (BECKER; HUSZAR; CROSSETTI, 2009). Sendo assim, espera-se que a transposição modifique a hidrologia e as variáveis químicas dos reservatórios beneficiados, e que por essa razão, haja reestruturação dos grupos funcionais fitoplanctônicos em resposta as mudanças ambientais.

Diante o exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da transposição do Rio São Francisco na estrutura funcional da comunidade fitoplanctônica em reservatórios da região semiárida.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado nos reservatórios Epitácio Pessoa (Boqueirão), Camalaú e Poções, localizados no estado da Paraíba, Brasil (Tabela 1). Esses reservatórios são utilizados para abastecimento público e atividades de recreação, pesca e irrigação, porém a qualidade da água tem sido comprometida devido à descarga contínua de efluentes domésticos e agrícolas

(BARBOSA et al., 2012). A região ao qual está inserido esses três ambientes, possui um clima do tipo BSw^h, clima semiárido quente, geralmente com chuvas no verão, o qual possui uma cobertura vegetal conhecida como Caatinga (KÖPPEN., 1948).

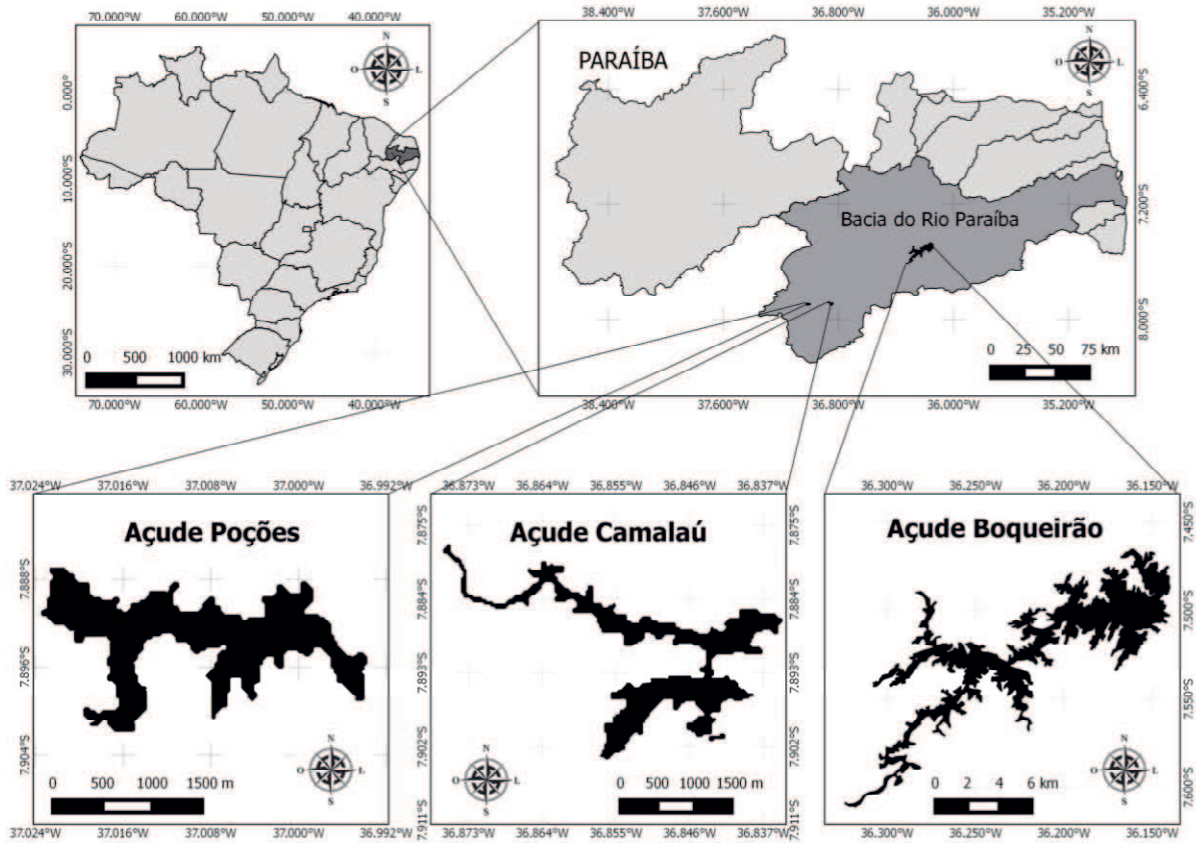


Figura 1. Mapa evidenciando os reservatórios de Boqueirão, Camalaú e Poções, localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. Fonte: Própria

Tabela 1. Município, coordenadas geográficas, área e capacidade máxima dos reservatórios estudados. Fonte: (AESA, 2017)

Reservatórios	Município	Latitude	Longitude	Área (km ²)	Capacidade máxima (m ³)
Epitácio Pessoa	Boqueirão	7°28'9"S	36°8'2"W	374.523	411.686.287
Camalaú	Camalaú	7°53'10"S	36°49'25"W	543.688	48.107.240
Poções	Monteiro	7°53'45"S	37°0'50"W	986.356	29.861.562

As águas do Rio São Francisco chegaram ao Estado da Paraíba em meados de março de 2017, alcançando, primeiramente, o reservatório Poções. Deste, as águas seguiram pelo

leito do Rio Paraíba para o reservatório Camalaú no mesmo mês e, por fim no mês de Abril, as águas chegaram ao reservatório Boqueirão.

2.2 Amostragem

Foram realizadas coletas de água com frequência trimestral no período entre Outubro de 2016 e Junho de 2017. As amostras de água foram coletadas nas regiões lótica, de transição e lêntica dos reservatórios, nas profundidades de superfície (0,5 metros), camada limite inferior da zona eufótica (Zeu) e fundo (profundidade máxima dos reservatórios). A (Zeu) foi estimada multiplicando-se a profundidade de desaparecimento do disco de Secchi (cm) por 2,7, conforme descrito por Cole (1994), e a profundidade máxima utilizando profundímetro portátil HONDEX PS-7. As coletas nas profundidades amostradas foram realizadas com o auxílio de garrafa *Van Dorn*.

Foram mensuradas, *in situ*, as variáveis temperatura da água, pH, turbidez, Condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos, utilizando Sonda Paramétrica (Horiba/U-50). A transparência da água foi medida utilizando o disco de Secchi.

As amostras de água para a análise dos nutrientes foram conservadas congeladas até o momento da análise. Para o estudo quali-quantitativo do fitoplâncton, as amostras foram fixados com solução de Lugol concentrado a 1%.

2.3 Análise dos dados

Foram analisados os nutrientes fosfatados (Fósforo Reativo Solúvel e Fósforo Total) e nitrogenados (Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e Nitrato), de acordo com as técnicas descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). O Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (DIN) foi estimado considerando a soma do Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e Nitrato.

O fitoplâncton foi identificado até o menor nível taxonômico possível, utilizou-se das chaves de identificação específica para cada grupo. As análises quantitativas foram realizadas no microscópio invertido (ZEISS), seguindo o método de sedimentação de Uthermöhl (1958), através de contagem em campos aleatórios (UHELINGER, 1964). Para obtenção do biovolume fitoplanctônico ($\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$), as espécies foram enquadradas nas formas geométricas (esferas, cilindros, cones, paralelepípedos, pirâmides, elipsóides) descritas por Hillebrand et

al., (1999) e, posteriormente, multiplicando-se a densidade de cada espécie pelo volume médio de suas células, sempre que possível considerando as dimensões médias de cerca de 20 indivíduos. As espécies que contribuírem com mais do que 1% do biovolume total por amostra foram agrupadas nos grupos funcionais proposto por Reynolds et al., (2002) e Padišák e colaboradores (2009).

2.4 Análises estatísticas

Análise de variância um fator (ANOVA um fator) e teste Kruskal-Wallis, para dados paramétricos e não-paramétricos, respectivamente, foram realizados para avaliar as diferenças significativas ($p \leq 0,05$) nas variáveis físicas e químicas entre os meses, zonas e profundidades amostrados. Quando diferenças significativas foram observadas, foi aplicado o teste *post hoc* de Tukey. A normalidade e homocedasticidade dos dados foram avaliadas através dos testes Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente.

Análise de Redundância (RDA) foi realizada para avaliar a influência das variáveis abióticas sobre os grupos funcionais fitoplanctônicos. A matriz com as variáveis abióticas foi padronizada utilizando *Standard Deviation* e para identificar as variáveis abióticas que fizeram contribuições independentes e significativas para a variação dos grupos funcionais, foi realizada seleção de variáveis por *stepwise*, utilizando 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 dos grupos funcionais, foram incluídas apenas as espécies que atingiram biovolume igual ou superior a 1% do biovolume fitoplanctônico total e os dados foram log transformados ($\log[x+1]$).

As análises estatísticas foram realizadas considerando nível de significância de 5% e utilizando o programa *R Software* para *Windows*.

3 RESULTADOS

3.1 Variáveis físicas e químicas

A temperatura nos reservatórios estudados esteve acima de 20°C durante o período estudado, com valor significativamente maior em fevereiro (Tabela 2).

Não foram observadas diferenças significativas entre as zonas de coleta (lótica, de transição e lântica) e as profundidades amostradas, com exceção, do reservatório Boqueirão que mostrou concentrações de fósforo total significativamente ($F= 4.275$ e $P= 0.0325$) maiores no fundo.

No reservatório Boqueirão, o fósforo total, a turbidez e o nitrato apresentaram valores significativamente maiores no mês de Junho ($F= 4.412$ e $p= 0,0245$) ($F=13.78$ e $p=0.0001$) ($F= 13.13$ e $p= 0.000177$), com máximos de $340,33 \mu\text{g L}^{-1}$, 228 UT , $218,01 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente. Enquanto o pH, mostrou menor valor significativo ($F=99.15$ e $p=0,0001$) nesse mês de coleta, com valor máximo de $7,3$.

No reservatório Camalaú, houve diferenças significativas para o oxigênio dissolvido ($F=21.86$ e $p= 0,0001$), condutividade elétrica ($F=2.611$ e $p= 0,0001$), pH ($F= 87.59$ e $p= 0,001$) e sólidos totais dissolvidos ($F=4.426$ e $P= 0,0001$), estas variáveis apresentaram valores significativamente menores no mês de Junho, com valores mínimos de $3,9 \text{ mg L}^{-1}$, $0,17 \text{ mS/cm}$, $7,17$, $0,11 \text{ g L}^{-1}$ (Tabela 3), respectivamente, enquanto que o fósforo total e o fósforo reativo solúvel que também apresentaram diferenças significativas ($F=7.886$ e $p=0,00321$) ($F=3.559$ e $p=0,0476$), registraram os maiores valores significativos no mesmo mês, com valores máximos de $1043,66 \mu\text{g L}^{-1}$ e $143 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente.

No reservatório Poções, observou-se que o Nitrito não apresentou variações consideráveis em suas concentrações nos meses amostrados, enquanto que o Nitrato nos três ambientes analisados apresentou considerável acréscimo no mês de Junho/17, diferentemente desta variável, a condutividade elétrica, o oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos obtiveram significativamente os menores valores em Junho ($F=10.5389$ e $p=0,0001$) ($F=22.58$ e $p=0,0001$) ($F=21.499$ e $p=0,0001$), com valores mínimos de $0,16 \mu\text{S/cm}$, $4,73 \text{ mg L}^{-1}$, $0,1 \text{ g L}^{-1}$ (Tabela 3). O nitrogênio inorgânico dissolvido apresentou redução de suas concentrações no mês de Fevereiro/17, elevando suas concentrações no mês de Junho/17 (Tabela 4).

Tabela 2. Variáveis físico-químicas no reservatório Boqueirão, em Outubro de 2016 e Fevereiro e Junho de 2017. Temp, Temperatura; CE, condutividade elétrica; OD, oxigênio dissolvido; pH; Turb, turbidez; TDS, sólidos totais dissolvidos; N-NO₂, nitrito ; N-NO₃, nitrato; N- NH₄, amônia; DIN, nitrogênio inorgânico dissolvido; SRP, fósforo reativo solúvel; PT, fósforo total.

	Temp (°C)	CE (mS/cm)	OD (mg L ⁻¹)	pH	Turb (UNT)	TDS (g L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg L ⁻¹)	N- NH ₄ (µg L ⁻¹)	DIN (µg L ⁻¹)	SRP (µg L ⁻¹)	PT (µg L ⁻¹)
Outubro 2016												
Lótica												
Superfície	24,57	2,09	24,58	8,91	18,5	1,34	5,59	96,33	248	349,92	33	160,33
Limite ZE	24,62	2,09	14,67	8,93	19,9	1,34	3,35	101,73	262	367,08	93	157
Fundo	23,36	2,13	9,49	8,96	10,1	1,36	0,0	126,64	299	425,64	38	173,66
Transição												
Superfície	24,92	1,97	17,97	8,54	16,8	1,26	0,0	25,43	12,69	38,12	43	120
Limite ZE	24,94	1,97	13,43	8,54	2,3	1,26	0,0	30,27	14,1	44,37	33	112
Fundo	24,89	1,98	10,87	8,51	2,33	1,27	2,23	29,06	21,15	52,44	18	197
Fundo												
Superfície	24,57	1,93	24,06	8,64	7,56	1,24	2,23	24,22	198,2	224,65	13	53,66
Limite ZE	24,46	1,95	14,6	8,68	5,63	1,24	1,11	41,18	221,98	264,27	108	47
Fundo	24,22	1,95	13,92	8,52	4,8	1,25	2,23	25,43	423,78	451,44	133	121
Fevereiro 2017												
Lótica												
Superfície	25,95	71	24,2	8,47	2,36	6,67	—	33,91	23,97	57,88	3	43,66
Limite ZE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fundo	26,03	2,36	5,42	8,6	31,9	1,51	29,1	33,91	12,69	46,6	53	67
Transição												
Superfície	26,57	2,29	12,76	8,52	36,1	1,47	15,67	8,47	13,39	37,53	28	33,66
Limite ZE	26,49	2,32	9,66	8,47	272	1,49	7,83	18,16	20,44	46,43	23	50,33
Fundo	26,49	2,31	9,16	8,42	100	1,48	22,38	31,49	28,2	82,07	43	233,66
Fundo												
Superfície	26,23	2,27	10,16	8,49	18,5	1,45	7,83	14,5	6,34	28,67	28	60,33
Limite ZE	26,65	2,27	10,53	8,48	12	1,45	—	0,0	0,0	0,0	3	27
Fundo	25,54	2,25	353	8,39	2,27	7,48	—	29,06	19,74	48,8	3	423,66
Junho 2017												
Lótica												
Superfície	24,71	0,38	4,81	7,45	194	0,24	25,74	193,78	47,24	266,76	83	300,33
Limite ZE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fundo	24,53	0,3	0,82	7,3	207	0,19	24,62	163,5	80,38	268,5	88	547
Transição												
Superfície	24,8	0,64	7,24	7,56	9,5	0,41	24,62	218,01	43,71	286,34	93	340,33
Limite ZE	24,77	0,63	7,26	7,21	193	0,4	4,47	118,69	81,79	204,95	88	143,66
Fundo	24,73	0,67	6,26	7,49	130	0,43	2,23	98,1	82,49	182,82	83	270,33
Fundo												
Superfície	25,14	1,26	10,93	7,91	228	0,8	4,47	69,03	40,19	113,69	3	80,33
Limite ZE	24,89	1,28	10,88	7,7	-	0,82	13,43	88,41	54,29	156,13	33	110,33
Fundo	24,77	1,33	4,34	7,53	-	0,85	0,0	60,55	58,52	119,07	23	657

Tabela 3. Variáveis ambientais do reservatório Camalaú, em Outubro de 2016 e Fevereiro e Junho de 2017. Temp, Temperatura; CE, condutividade elétrica; OD, oxigênio dissolvido; pH; Turb, turbidez; TDS, sólidos totais dissolvidos; N-NO₂, nitrito ; N-NO₃, nitrato; N- NH₄, amônia; DIN, nitrogênio inorgânico dissolvido ; SRP, fósforo reativo solúvel; PT, fósforo total.

	Temp (°C)	CE (mS/cm)	OD (mg L ⁻¹)	pH	Turb (UT)	TDS (g L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg L ⁻¹)	N- NH ₄ (µg L ⁻¹)	DIN (µg L ⁻¹)	SRP (µg L ⁻¹)	PT (µg L ⁻¹)
Outubro 2016												
Lótica												
Superfície	24,81	1,22	11,6	9,2	19	0,78	97,38	190,15	64,87	352,4	153	273,66
Limite ZE	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Fundo	24,81	1,23	10,06	9,2	19	0,78	97,38	190,15	64,87	352,4	153	178
Transição												
Superfície	24,52	1,23	12,5	8,8	34,8	0,78	2,23	24,22	11,98	38,43	23	304
Limite ZE	24,45	1,22	13,05	8,45	8,89	0,78	0,0	25,43	17,62	43,05	18	47
Fundo	24,57	1,23	12,45	8,56	2,47	0,78	66,04	81,14	251,73	398,91	273	727
Lêntica												
Superfície	23,86	1,21	13,35	8,69	29,7	0,77	0,0	53,29	14,8	68,09	18	67
Limite ZE	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Fundo	23,9	1,21	12,43	8,47	23,4	0,77	2,23	26,64	137	165,87	33	77
Fevereiro 2017												
Lótica												
Superfície	26,2	1,41	14,15	8,97	136	0,9	4,47	13,32	9,87	27,66	38	57
Limite ZE	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Fundo	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Transição												
Superfície	25,53	1,4	13,26	8,92	116	0,89	14,55	10,9	2,82	28,27	28	57
Limite ZE	25,15	1,4	10,86	8,78	63,6	0,89	14,55	53,29	4,23	72,07	43	33,66
Fundo	24,55	1,39	6,15	8,61	530	0,89	13,43	18,16	5,64	37,23	38	70,33
Lêntica												
Superfície	25,13	1,38	13,14	8,55	37,4	0,88	5,59	6,05	7,75	19,39	28	60,33
Limite ZE	25,03	1,4	13,49	8,87	38,5	0,89	0,0	0,0	14,8	14,8	3	53,66
Fundo	–	–	–	–	–	–	13,43	3,63	2,82	19,88	18	80,33
Junho 2017												
Lótica												
Superfície	22,79	0,19	6,83	7,64	178	0,12	42,53	171,98	47,94	262,45	73	633,66
Limite ZE	22,79	0,19	6,99	7,65	174	0,12	42,53	171,98	47,94	262,45	73	453,66
Fundo	22,69	0,19	7,04	7,59	390	0,12	19,02	159,87	42,3	221,19	143	–
Transição												
Superfície	24,65	0,17	6,48	7,42	90	0,11	3,35	164,72	25,38	193,45	143	370,33
Limite ZE	24,4	0,17	6,55	7,22	66,6	0,11	14,55	161,08	19,74	195,37	113	483,66
Fundo	23,38	0,18	8,59	7,17	137	0,12	14,55	161,08	19,74	195,37	113	263,66
Lêntica												
Superfície	25,09	0,17	7,42	7,61	79,8	0,11	0,0	171,98	46,53	218,51	43	253,66
Limite ZE	24,54	0,17	7,29	7,59	35,6	0,11	16,79	175,62	26,089	218,49	143	343,66
Fundo	24,14	0,17	3,9	7,23	29,4	0,11	17,91	287,04	16,21	321,16	83	1043,66

Tabela 4. Variáveis ambientais do reservatório Poções, em Outubro de 2016 e Fevereiro e Junho de 2017. Temp, Temperatura; CE, condutividade elétrica; OD, oxigênio dissolvido; pH; Turb, turbidez; TDS, sólidos totais dissolvidos; N-NO₂, nitrito ; N-NO₃, nitrato; N- NH₄, amônia; DIN, nitrogênio inorgânico dissolvido ; SRP, fósforo reativo solúvel; PT, fósforo total.

	Temp (°C)	CE (mS/cm)	OD (mg L ⁻¹)	pH	Turb (UT)	TDS (g L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg L ⁻¹)	N- NH ₄ (µg L ⁻¹)	DIN (µg L ⁻¹)	SRP (µg L ⁻¹)	PT (µg L ⁻¹)
Outubro 2016												
Lótica												
Superfície	25,97	1,6	15,39	7,6	48,9	1,09	0,0	20,59	456	476,59	5	318
Limite ZE	26,43	1,61	11,68	8,22	77,1	1,03	91,79	220,43	21,85	334,07	183	273,66
Fundo	20,44	1,61	11,53	8,27	69,9	1,03	75	168,35	7,0512	250,4	128	240,33
Transição												
Superfície	24,8	1,61	14,42	8,39	54,8	1,03	8,95	47,23	24,67	80,85	38	207
Limite ZE	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Fundo	22,92	1,61	10,35	8,24	133	1,03	3,35	43,6	200,25	247,2	23	220,33
Lêntica												
Superfície	25,66	1,61	14,16	8,28	50,5	1,03	14,1	80,59	50,5	145,19	158	638,77
Limite ZE	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Fundo	24,53	1,61	9,2	8,18	8,49	1,03	13,39	14,78	8,49	36,66	98	761,8
Fevereiro 2017												
Lótica												
Superfície	29,65	3,41	20,45	8,46	325	2,18	11,19	16,95	14,1	42,24	913	883,66
Limite ZE	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Fundo	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Transição												
Superfície	29,75	3,46	15,97	8,7	394	2,21	320,14	218,01	62,05	600,2	633	1070,33
Limite ZE	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Fundo	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lêntica												
Superfície	27,12	3,44	12,95	8,71	297	2,2	226,11	186,52	239,74	652,37	638	870,33
Limite ZE	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Fundo	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Junho 2017												
Lótica												
Superfície	25,51	0,16	9,02	7,43	12,5	0,11	53,73	147,76	98,71	300,2	133	377
Limite ZE	24,35	0,16	7,67	7,35	16,2	0,1	35,82	158,66	66,98	261,46	93	470,33
Fundo	23,65	0,16	4,73	7,1	0,17	0,11	53,73	133,22	36,66	223,61	138	193,66
Transição												
Superfície	25,14	0,17	8,41	7,35	190	0,11	10,07	125,96	45,83	181,86	103	243,66
Limite ZE	25,16	0,17	8,35	7,11	138	0,11	38,05	174,4	35,96	248,41	108	2267
Fundo	23,84	0,17	4,15	7,16	758	0,11	0,0	140,49	21,15	161,64	558	487
Lêntica												
Superfície	24,57	0,18	8,16	7,23	151	0,12	8,95	140,49	86,02	235,46	153	443,66
Limite ZE	24,46	0,18	7,17	7,38	122	0,12	8,95	140,49	86,02	235,46	153	297
Fundo	24,22	0,18	5,52	7,17	155	0,12	7,83	115,06	32,43	155,32	128	1540,33

3.2 Grupos funcionais fitoplanctônicos

Foram identificados um total de 168 espécies fitoplanctônicas nos reservatórios de Boqueirão, Camalaú e Poções, as quais foram enquadradas em 18 grupos funcionais: **C**, **D**, **F**, **H₁**, **J**, **K**, **L_M**, **L₀**, **M**, **M_P**, **N**, **P**, **S₁**, **S₂**, **S_N**, **W₁**, **W₂** e **X₁**.

Os grupos funcionais com maior biovolume no reservatório Boqueirão foram **S₁** (*Plankthotrix isothrix*, *Pseudanabaena galeata* e *Plankthotrix agardhii*) e **H₁** (*Aphanizomenon gracile* e *Dolichospermum solitarium*). O grupo **S₁** obteve a maior biovolume nos meses de Fevereiro e Junho de 2017, enquanto o grupo **H₁** obtendo maior biovolume no mês de Outubro/16.

No reservatório Camalaú, observou-se a maior biovolume dos grupos **H₁** (*Dolichospermum solitarium*) e **N** (*Cosmarium phaseolus*) no mês de Fevereiro/17.

Os grupos funcionais mais abundantes no reservatório Poções foram os grupos **N** (*Cosmarium phaseolus*), **L_M** (*Ceratium furcoides* e *Coelomonon tropicale*), dentre essas associações, o grupo funcional **N** foi o grupo que obteve o maior biovolume com 12.726,56 mm³ L⁻¹ no mês de Junho/17. O grupo **L_M** mostrou biovolume com valor de 3.796,81 mm³ L⁻¹ no mês de fevereiro/17.

Tabela 5. Grupos Funcionais (GFs) das espécies descritoras identificadas nos reservatórios de Boqueirão, Camalaú e Poções, em Outubro de 2016 e Fevereiro e Junho de 2017.

GFs	Boqueirão	Camalaú	Poções
C	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>C. meneghiniana</i>	<i>C. meneghiniana</i>
D	<i>Amphora ovalis</i> <i>Nitzschia closterium</i> <i>Nitzschia palea</i> <i>Rhopalodia gibberula</i>	<i>A. ovalis</i> - - <i>R. gibberula</i>	- <i>N. closterium</i> - -
F	- <i>Aphanizomenon gracile</i>	- -	<i>Oocystis borgei</i> -
H ₁	<i>Dolichospermum solitarium</i>	<i>D. solitarium</i>	-
J	<i>Tetraëdron minimum</i> - -	<i>T. minimum</i> - -	<i>T. minimum</i> <i>Coelastrum microporum</i> <i>Schroederia setigera</i>
K	<i>Aphanocaspa annulata</i> <i>Aphanocaspa incerta</i> - -	<i>A. annulata</i> - <i>Aphanocaspa delicatissima</i> <i>Asterocapsa submersa</i>	- <i>A. incerta</i> - -
L _M	<i>Ceratium furcoides</i> -	<i>C. furcoides</i> -	<i>C. furcoides</i> <i>Coelomoron tropicale</i>
L _O	<i>Chroococcus dispersus</i> <i>Eucapis densa</i> <i>Merismopedia glauca</i> - -	- <i>E. densa</i> - -	- <i>E. densa</i> - <i>Merismopedia tenuissima</i> <i>Snowella lacustris</i>
M	- - -	<i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Microcystis pulchella</i> <i>Microcystis protocystis</i>	- - -
M _P	<i>Komvophoron schmidlei</i> <i>Gomphonema parvulum</i> <i>Ulnaria ulna</i>	- - <i>U. ulna</i>	- - <i>U. ulna</i>
N	<i>Cosmarium phaseolus</i>	<i>C. phaseolus</i>	<i>C. phaseolus</i>
P	<i>Aulacoseira granulata</i> <i>Closterium kuetzingii</i> - - - -	- - <i>Navicula cuspidata</i> - - -	<i>A. granulata</i> - - <i>Pinnularia acrosphaeria</i> <i>Closterium parvulum</i> <i>Closterium venus</i>
S ₁	<i>Pseudanabaena galeata</i> <i>Plankthotrix isothrix</i> <i>Plankthotrix agardhi</i>	<i>P. galeata</i> <i>P. isothrix</i> <i>P. agardhi</i>	<i>P. galeata</i> <i>P. isothrix</i> -
S ₂	<i>Arthrospira platensis</i>	-	-
S _N	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> <i>Cuspidothrix tropicalis</i>	<i>C. raciborskii</i> -	- -
W ₁	- - -	- <i>Euglena agilis</i> <i>Lepocinclis fusiformes</i> -	- <i>L. fusiformes</i> <i>Lepocinclis ovum</i> <i>Phacus unguis</i>
X ₁	<i>Monoraphidium contortum</i> -	<i>M. contortum</i> <i>Synechocystis aquatilis</i>	<i>M. contortum</i> -

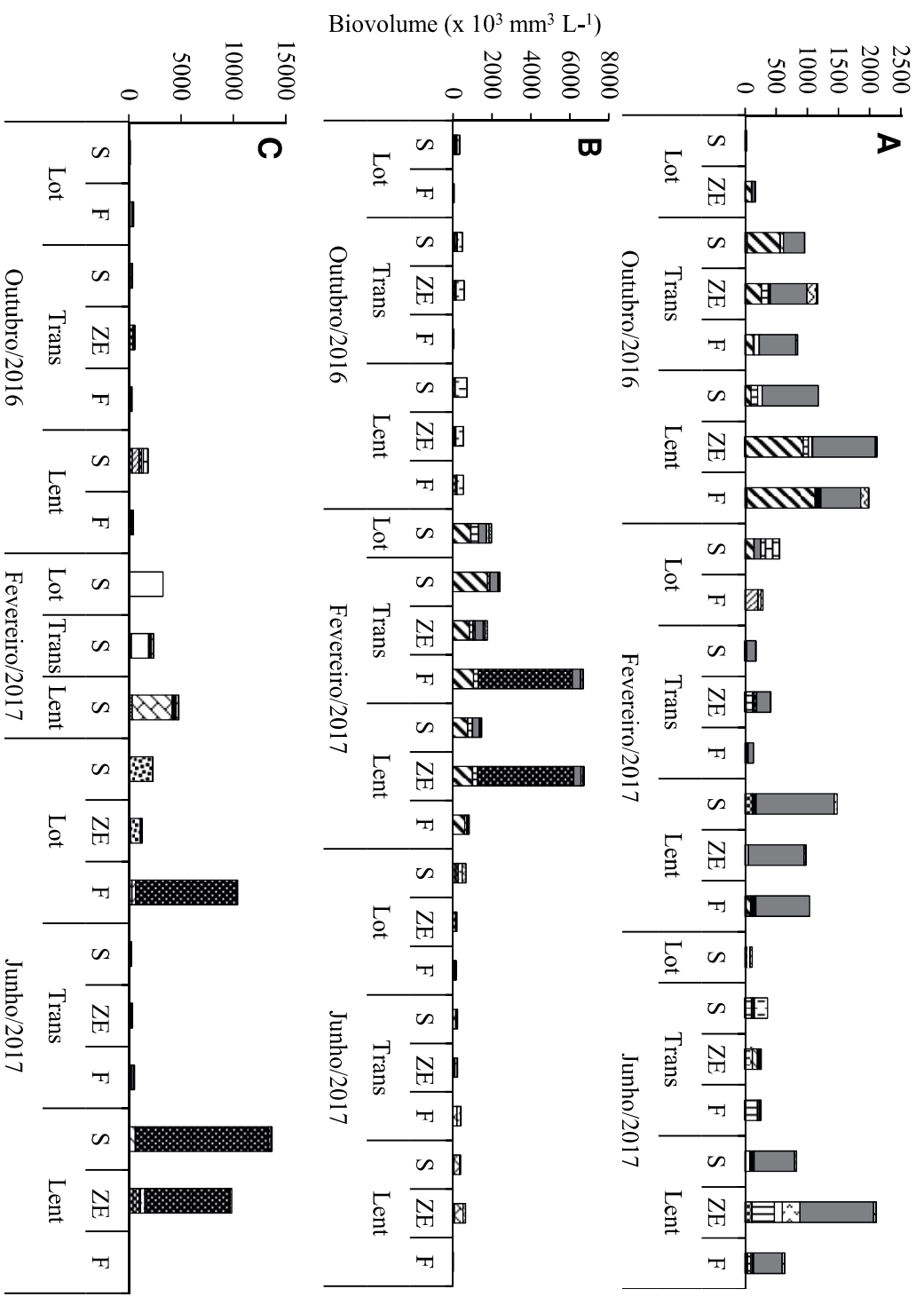


Figura 2. Biovolume dos grupos funcionais fitoplancônicos nos reservatórios Boqueirão (A), Camalau (B) e Poções (C), em Outubro de 2016 e Fevereiro e Junho de 2017. S, Superfície; ZE, Limite da Zona Eufótica; F, Fundo; Lot, Lótica; Transição; Lent, Léntica.

3.3 Análise de redundância destendenciada

A RDA foi significativa ($p < 0,0001$) e explicou 64,56% da variação dos dados. A ordenação mostrou a formação de distintos grupos pelos reservatórios estudados. Também foi observado o agrupamento dos meses amostrados. A condutividade elétrica, o nitrato e o pH foram as variáveis que explicaram a dinâmica dos grupos funcionais. O pH influenciou na distribuição dos grupos funcionais **H₁**, **K**, **S₁**, **S₂**, **M** e **D**. Foi observado que a condutividade elétrica, influenciou positivamente os grupos funcionais **L_O** e **S_N**. As variáveis Nitrito e Nitrato influenciaram negativamente os grupos funcionais fitoplanctônicos **C**, **N**, **P**, **M_P**, **J**, **L_M**, **W₁**, **X₁** e **W₂**.

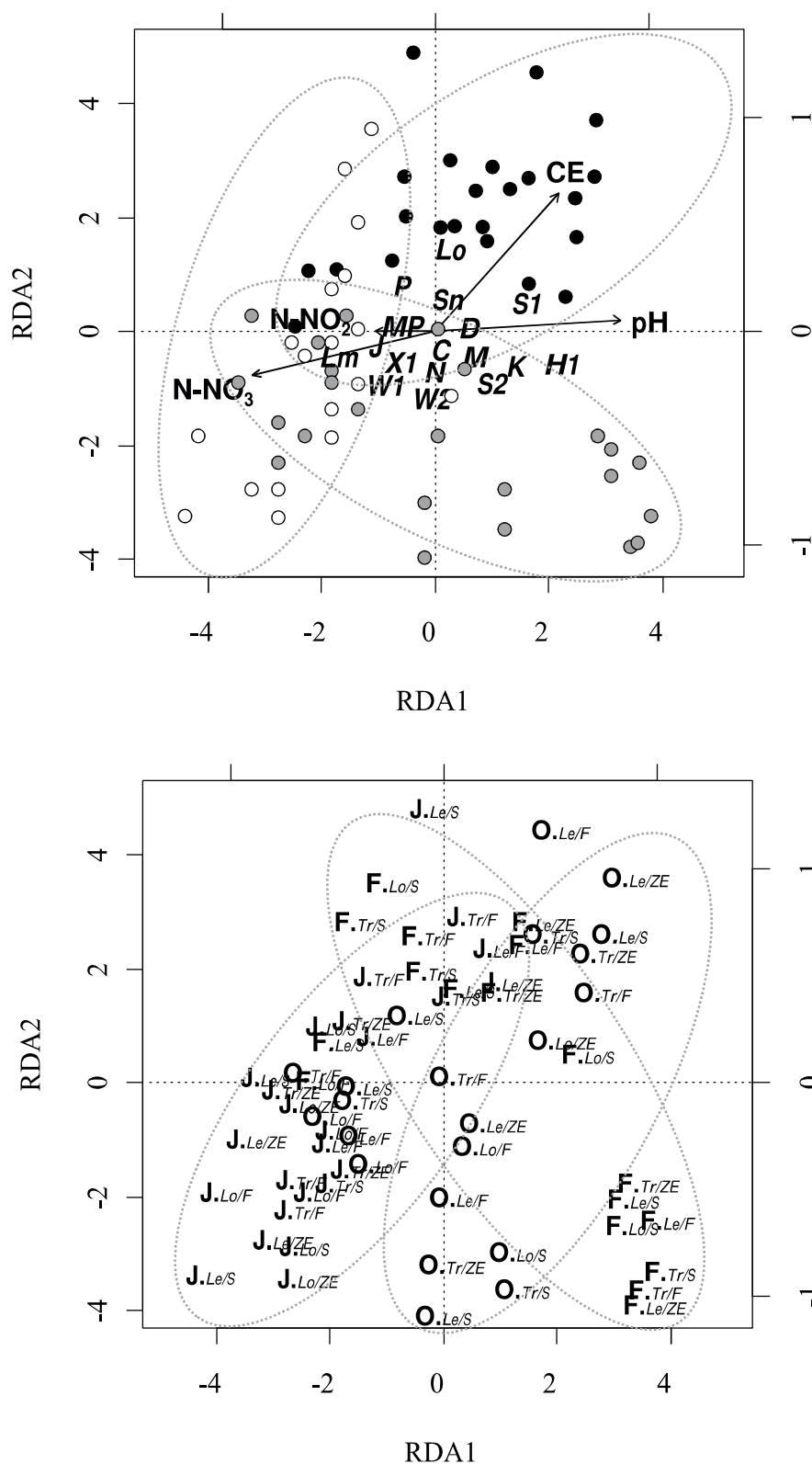


Figura 3. Análise de redundância canônica (RDA). Reservatório Boqueirão (●); Reservatório Camalaú(●); Reservatório Poçoões(○). CE, Condutividade Elétrica; N-NO₂, Nitrito; N-NO₃, Nitrato; pH; O, Outubro/16; F, Fevereiro/17, J, Junho/17. Lot, Lógica; Trans, Transição; Lent, Lântica; S, Superfície; ZE, Zona Eufótica; F, Fundo.

4. DISCUSSÃO

Foi observado no presente estudo que as variáveis bióticas e abióticas responderam as mudanças ambientais desencadeadas pela transposição do Rio São Francisco. Diminuição dos valores de pH, aumento da turbidez e das concentrações de nutrientes foram observados nos ambientes em junho, período após a chegada das águas do Rio São Francisco, demonstrando assim, que a transposição provocou mudanças nos aspectos limnológicos dos reservatórios, que por sua vez influenciaram na dinâmica dos grupos funcionais fitoplanctônicos, corroborando a hipótese proposta.

As condições climáticas típicas da região semiárida como, alta incidência luminosa, alta evaporação e baixos índices pluviométricos condicionaram a redução do volume dos reservatórios estudados, no entanto, a transposição do Rio São Francisco provocou elevação do volume hídrico desses ambientes que influenciou na dinâmica das variáveis limnológicas. Flutuações no volume hídrico dos ecossistemas aquáticos, além de provocar mudanças na estrutura física do ambiente, ocasionam modificações nas características físicas (Temperatura, pH, Oxigênio dissolvido) e químicas (NO₃, NO₂, NH₄, NT) da água, as quais podem causar alterações na comunidade fitoplanctônica, principalmente as cianobactérias (NASELLI-FLORES; BARONE, 2005; HALDNA; MILIUS, LAUGASTE; KANGUR, 2008; KATSIAPI; MOUSTAKA-GOUNI; VERDAKA, KORMAS, 2013).

O pH alcalino durante todos os meses amostrais, exceto no mês de Junho/17 favoreceu a ocorrência dos grupos **H₁** e **S₁**, compostos por cianobactérias. Os valores de pH estão intimamente relacionados com a dinâmica do fitoplâncton, uma vez que, a comunidade fitoplanctônica possui elevado desenvolvimento em pH Alcalino, principalmente as cianobactérias (PAERL, 1996).

A turbidez apresentou valores mais altos nos meses de Fevereiro/17, período esse caracterizado pelo baixo volume hídrico dos reservatórios, e Junho/17 período no qual os três ambientes já tinham sido beneficiados com as águas do Rio São Francisco. O aumento da turbidez, principalmente, após a entrada das águas do Rio São Francisco, promoveu a permanência dos grupos funcionais **S₁**, **N** e **L_M**, tolerantes a limitação por luz (REYNOLDS, 2002). A limitação de luz é um fator fundamental para a redução da produtividade fitoplanctônica, por consequência, tem se refletido nos baixos valores de clorofila-a (MOLISANE et al., 2010).

O aumento de nitrato e nitrogênio inorgânico dissolvido durante o estudo está associado ao revolvimento de nutrientes do sedimento, provocado pelo aumento do volume hídrico dos reservatórios após a entrada das águas da transposição. O nitrato assume grande papel nos ecossistemas aquáticos, pois representa uma das principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (ESTEVES, 1998).

As variáveis fósforo reativo solúvel e fósforo total também tiveram os maiores concentrações no mês de Junho/17, essa condição observada nos três ambientes, está certamente aliada ao carregamento de material alóctone causados pela entrada das águas do Rio São Francisco. O fósforo é considerado um componente essencial para manter a qualidade da água nos ecossistemas aquáticos, uma vez que, esse elemento químico age como fonte de estímulo para as florações algais (GEBLER; BERTOL; RAMOS; LOUZADA; MIQUELLUTI, 2012). A entrada das águas do Rio São Francisco, causou o aumento das concentrações nitrogenadas e fosfatadas nos reservatórios e comportamento similar também foi verificado em dois lagos morfologicamente alterados por transposição, localizados na zona temperada (SOLIS; PAWLIK-SKOWRONSKA; KALINOWSKA, 2016).

O biovolume do fitoplâncton nos reservatórios Boqueirão, Camalaú e Poções demonstraram uma relação com as características químicas e físicas dos reservatórios beneficiados com a transposição. No reservatório Boqueirão, os grupos funcionais **S₁** (*Plankthotrix isothrix*, *Plankthotrix agardhi* e *Pseudanabaena galeata*) e **H₁** (*Aphanizomenon gracile* e *Dolichospermum solitarium*) foram os grupos que obtiveram os mais altos biovolumes no estudo. O grupo **S₁** é composto por espécies de cianobactérias filamentosas, as quais estiveram presentes em todos os meses amostrais, esse grupo esteve associado ao aumento das concentrações de nutrientes e aos elevados valores de turbidez observados no ambiente. O grupo **S₁** ocorre em ambientes misturados e túrbidos e apresenta tolerância á ambientes com baixa disponibilidade de luz (REYNOLDS et al., 2002; PINTO; ALLENDE; FARRELL, 2007).

Já o grupo funcional **H₁** (*Aphanizomenon gracile* e *Dolichospermum solitarium*) foi representativo apenas nos meses de Outubro/16 e Fevereiro/17, esse grupo se desenvolveu melhor nos meses que havia maiores concentrações de nitrato, amônia e nitrogênio inorgânico dissolvido, entretanto, esse grupo se mostrou sensível às mudanças ambientais desencadeadas pela transposição do Rio São Francisco no mês de Junho/17, tais como, o

aumento da turbidez e aumento das concentrações fosfatadas. O desenvolvimento de espécies pertencentes a esse grupo é favorecido por concentrações moderadas de fósforo (REYNOLDS et al., 2002; PADIZÁK; CROSSETT; NASELLI-FLORES, 2009). Estudos prévios disponibilizados pela literatura também relatam maiores biovolumes dos grupos funcionais **S₁** e **H₁** nas regiões semiáridas nordestinas (DANTAS; BITTENCOURT-OLIVEIRA; MOURA, 2012; PINTO; BECKER, 2014; LINS; CEBALLOS; LOPEZ; BARBOSA, 2017), o maior biovolume desses grupos funcionais nesses estudos resultou da tolerância a baixas disponibilidades de luz e aumento das concentrações de nutrientes, características estas que reforçam os resultados encontrados para o ambiente estudado.

O grupo **H₁** (*Dolichospermum solitarium*) também mostrou maior biovolume no reservatório Camalaú juntamente com o Grupo funcional **N** no mês de Fevereiro/17. O grupo **H₁** é tolerante a baixas concentrações de nitrogênio e baixa disponibilidade de luz, sendo esse grupo sensível à mistura da coluna de água (REYNOLDS et al., 2002). A elevada biomassa do grupo **N** no mês de Fevereiro/17, esta relacionada com os baixos valores de nutrientes, principalmente a amônia e o nitrogênio orgânico dissolvido, uma vez que esse grupo tolera baixas concentrações de nutrientes, enquanto que no reservatório Poções a presença do grupo funcional **N** (*Cosmarium phaseolus*) foi no mês de Junho/17, está associada às altas concentrações de nutrientes e os baixos valores de pH. O grupo **N** é comum em lagos rasos geralmente mesotróficos, esse grupo possui espécies adaptadas a ambientes com pouca concentração de nutrientes, sendo um grupo vulnerável a elevações nos valores de pH (REYNOLDS et al., 2002).

No açude Poções, o grupo **L_M** (*Ceratium furcoides* e *Coelomonon tropicale*) mostrou elevada biomassa, sendo esta observada no mês de Fevereiro/17, as espécies desse grupo estão comumente relacionadas a ecossistemas aquáticos rasos e pequenos, ricos em nutrientes (PADIZÁK; CROSSETT; NASELLI-FLORES, 2009), tais condições foram verificadas no mês de fevereiro/17, período este de menor volume hídrico do reservatório Poções.

O grupo **L_M**, é típico principalmente de ecossistemas eutróficos e hipertróficos (REYNOLDS et al., 2002), este códon é representado no estudo por um dinoflagelado do gênero *Ceratium*, e também por uma cianobactéria colonial, a qual é formada por células densamente unidas com mucilagem hialina (MARTINS; BRANCO; WERNER, 2012). A dominância de cianobactérias nos reservatórios estudados esteve associada principalmente a deficiência de luz subaquática e altas concentrações de nitrogênio e fósforo. Condições

semelhantes também foram reportados por estudos anteriores na região semiárida, (PANOSSO et al., 2007; CHELLAPA; CÂMARA; ROCHA, 2009), corroborando com os resultados obtidos nesse estudo.

O gênero *Ceratium* tem sido registrada em vários ecossistemas aquáticos por todo o Brasil (SEVERIANO, et al., 2012; JARDIM; CARDOSO, 2013; MOREIRA, et al., 2015; CAMPANELLI, et al, 2017), no entanto, esse gênero ainda não tinha sido registrado nos três reservatórios estudados, o registro desse gênero ocorreu nesses ambientes após a transposição do Rio São Francisco. A espécie *Ceratium furcoides* introduzida nesses ambientes pela transposição do Rio São Francisco, é uma espécie que possui uma ampla distribuição nos ecossistemas aquáticos em todo o mundo (SOLER-FIGUEROA; OTERO, 2014; YURIMOTO ; AUE-UMNEOY; MEEANAN; TSUTSUI, 2015), a qual tem sido considerada uma espécie cosmopolita. A ocorrência da espécie *Ceratium furcoides* em lagos brasileiros, tem sido associada à ambientes que apresentam altas concentrações de nutrientes, principalmente ambientes eutróficos (MATSUMURA-TUNDISE; TUNDISE; LUZIA;DEGANE, 2010) sendo também observados em ambientes mesotróficos (SILVA et al., 2012).

5. CONCLUSÕES

Foi observado que a transposição do Rio São Francisco provocou mudanças nas variáveis abióticas, principalmente aumentando a turbidez e as concentrações de Nitrato, Fósforo Reativo Solúvel e Fósforo Total, os quais foram fatores chaves para na dinâmica dos grupos funcionais nos ambientes estudados. Essas condições favoreceram a presença dos grupos **S₁** e **H₁**, que são compostos por espécies de cianobactérias potencialmente tóxicas formadoras de florações, e também dos grupos **N** e **L_M** que são formados por espécies adaptadas a colunas de águas misturadas e com elevadas concentrações de nutrientes.

**DYNAMICS OF FITOPLANKTONIC FUNCTIONAL GROUPS IN SEMI-ARID
RESERVOIRS UNDER THE INFLUENCE OF THE TRANSPOSITION OF RIO SÃO
FRANCISCO, BRAZIL**

ABSTRACT

The transposition of the São Francisco River emerged as a measure to solve the water deficit of the semi-arid region, however, the transposition may favor the introduction of exotic species, and changes in the limnological characteristics of the environments. The objective of this study was to evaluate the effects of the São Francisco River transposition on the functional structure of the phytoplankton community in Boqueirão, Camalaú and Poções reservoirs. Collections were collected quarterly from October / 16 to June / 17, in the lotic, transition and lentic region, at three depths. It was observed that the values of pH, electrical conductivity, dissolved oxygen and total solids were reduced, as well as the values of turbidity and concentrations of nitrate, soluble reactive phosphorus and total phosphorus. The groups **S₁** (Plankthotrix isothrix, Plankthotrix agardhi and Pseudanabaena galeata), **H₁** (Aphanizomenon gracile and Dolichospermum solitarium), **N** (Cosmarium phaseolus) and **L_M** (Ceratium furcoides and Coelomonon tropicale), obtained higher biovolumes during the study. Groups **S₁** and **H₁** were favored by alkaline pH and nutrient content, while **N** and **L_M** groups were associated with increased turbidity and nutrients and lower pH values. In the reservoirs the presence of the species Ceratium furcoides was observed, the record of this species occurred after the transposition of the São Francisco River. It was verified that the transposition caused changes in the abiotic variables, which shaped the dynamics of the functional groups, prevailing the groups formed by cyanobacteria (**S₁** and **H₁**), and the groups (**N** and **L_M**) formed by species of turbid environments with high levels of nutrients.

Keywords: Water transposition. Biovolume. Ceratium furcoides. Space-Temporal variation.

REFERÊNCIAS

AESA, Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=preparaVolum esMensaisAnterior>>, Acesso em: 01 de Dezembro de 2017.

American Public Health Association- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 a ed. American Public Health Association, 1998, 1220 p.

BARBOSA, J. E. L.; MEDEIROS, E. S. F.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R. S.; CRISPIM, M. C. B.; SILVA, G. H. G. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 24, n. 1, p. 103-118, 2012.

BECKER, V.; HUSZAR, V. L.; CROSSETTI, L. O. Responses of phytoplankton functional groups to the mixing regime in a deep subtropical reservoir. *Hydrobiologia*, v. 628, n. 1, p. 137-151, 2009.

BOUVY, M.; NASCIMENTO, S.M.; MOLICA, R.J.R.; FERREIRA, A.; HUSZAR, V.; AZEVEDO, S.M.F.O. Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia*, v. 493(1-3), p.115-130, 2003.

CAMPANELLI, L. C.; TUNDISI, J. G.; ABE, D. S.; SIDAGIS-GALLI, C.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Record of the occurrence of dinoflagellate *Ceratium furcoides* in a fish farming lake located in the countryside of São Carlos (SP, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, v. 77(2), p. 426-427, 2017.

CHELLAPPA, N. T.; COSTA, M. A. M. Dominant and co-existing species of Cyanobacteria from a Eutrophicated reservoir of Rio Grande do Norte State, Brazil. *Acta Oecologica*, v. 24,3 p. S3-S10, 2003.

CHELLAPPA, N. T.; CÂMARA, F. R. A.; ROCHA, O. Phytoplankton community: indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves reservoir and Pataxó channel, Rio Grande do Norte, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, n. 2, p. 241-251, 2009.

COSTA, M. R. A.; ATTAYDE, J. L.; BECKER, V. Effects of water level reduction on the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. *Hydrobiologia*, v.778(1), p.75-89, 2016.

COLE, G. A. **Textbook of Limnology**. Waveland Press, Illinois, 412p. 1994.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

DANTAS, E. W.; DO CARMO BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.; MOURA, A. N. Dynamics of phytoplankton associations in three reservoirs in northeastern Brazil assessed using Reynolds' theory. **Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters**, v. 42, n. 1, p. 72-80, 2012.

FREITAS, F. R. S.; RIGHETTO, A. M.; ATTAYDE, J. L. Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semiárido Brasileiro. **Oecologia Australis**, v.15(3), p.655-665, 2011.

GEBLER, L.; BERTOL, I.; RAMOS, R. R.; LOUZADA, J. A. S.; MIQUELLUTI, D. J. Fósforo reativo: Arraste superficial sob chuvas simuladas para diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 01, p. 99-107, 2012.

HALDNA, M.; MILIUS, A.; LAUGASTE, R., KANGUR, K. Nutrients and phytoplankton in Lake Peipsi during two periods that differed in water level and temperature. **Hydrobiologia**, v. 599, n. 1, p. 3-11, 2008.

HILLEBRAND, H.; DURSELEN, C. D.; KIRSCHTEL, D.; POLLINGHER, U.; ZOHARY, T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. **Journal of Phycology**, v.35, p.403-424, 1999.

JARDIM, P.F.G.; CARDOSO, L.S. New distribution records of Dinophyta in Brazilian waters. **Check List** v.9,3, p.631-639, 2013.

KÖPPEN, W. Climatologia, Fundo de Cultura Econômica. **Buenos Aires**, 1948.

KATSIAPI, M.; MOUSTAKA-GOUNI, VERDAKA, M.; KORMAS, K. A. R. Different phytoplankton descriptors show asynchronous changes in a shallow urban lake (L. Kastoria, Greece) after sewage diversion. **Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie**, v. 182, n. 3, p. 219-230, 2013.

LINS, R. P. M.; de CEBALLOS, B. S. O.; LOPEZ, L. C. S.; BARBOSA, L. G. Phytoplankton functional groups in a tropical reservoir in the Brazilian semiarid region. **Revista de Biología Tropical**, v.65(3), p. 1129-1141, 2017.

- MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. G.; LUZIA, A. P.; DEGANI, R. M. Occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 bloom at the Billings Reservoir, São Paulo State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 3, p. 825-829, 2010.
- MARTINS, M. D.; BRANCO, L. H. Z.; WERNER, V. R. Cyanobacteria from coastal lagoons of Southern Brazil: coccoid organisms. **Brazilian Journal of Botany**, v. 35, n. 1, p. 31-48, 2012.
- MARINHO, Marcelo Manzi; HUSZAR, VL de M. Nutrient availability and physical conditions as controlling factors of phytoplankton composition and biomass in a tropical reservoir (Southeastern Brazil). (With 8 figures and 6 tables). **Archiv fur Hydrobiologie**, v. 153, n. 3, p. 443-468, 2002.
- MOLISANI, M. M.; BARROSO, H. S.; BECKER, H.; MOREIRA, M. O. P.; HIJO, C.A.G.; MONTE, T.M.; VASCONCELOS, G. H. Trophic state, phytoplankton assemblages and limnological diagnosis of the Castanhão Reservoir, CE, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 1, p. 1-12, 2010.
- MOREIRA, R. A.; ROCHA, O.; SANTOS, R. M.; LAUDARES-SILVA, R.; DIAS, E. S.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. First record of *Ceratium furcoides* (Dinophyta), an invasive species, in a temporary high-altitude lake in the Iron Quadrangle (MG, Southeast Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v.75(1), p.98-103, 2015.
- NABOUT, J. C.; NOGUEIRA, I. S.; OLIVEIRA L. G. Phytoplankton community of floodplain lakes of the Araguaia River, Brazil, in the rainy and dry seasons. **Journal of Plankton Research**, v.28, p.181–193. 2006.
- NASELLI-FLORES, L.; BARONE, R. Water-level fluctuations in Mediterranean reservoirs: setting a dewatering threshold as a management tool to improve water quality. **Hydrobiologia**, v. 548, n. 1, p. 85-99, 2005.
- NEVES, R. S.; MEDEIROS, J. C.A.; SILVEIRA, S. M. B., MORAIS, C. M. M. Programa Um Milhão de Cisternas: guardando água para semear vida e colher cidadania. **Revista Agriculturas**, v. 7, n. 3, p. 7-11, 2010.
- PAERL, H.W.; GARDNER, W. S.; HAVENS, K. E.; JOYNER, A. R.; MCCARTHY, M. J.; NEWELL, S. E.; QIN, B.; SCOTT, J. T. Mitigating cyanobacterial harmful algae blooms in aquatic ecosystems impacted by climate change and anthropogenic nutrients. **Harmful Algae**, v.54, p.213-222. 2016.

PANOSSO, R.; COSTA, I. A., SOUZA, N. R.; ATTAYDE, J. L.; CUNHA, S. R. S.; GOMES, F.C.F. Cianobactérias e Cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Oecologia Brasiliensis**, v. 59072, p. 970, 2007.

PADISÁK, J.; CROSSETTI, L.O.; NASELLI-FLORES, L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. **Hydrobiologia**, v.621, p.1-19, 2009.

PHILIPS, G.; LYCHE-SOLHEIM, A.; SKJELBRED, B.; MISCHKE, U.; DRAKARE, S.; FREE, G.; JARVINEN, M.; de HOYOS, C.; MORABITO, G.; POIKANE, S.; CARVALHO, L. A phytoplankton trophic index to assess the status of lakes for the Water Framework Directive. **Hydrobiologia**, v. 704, p.75–95, 2013.

PINTO, P.T.; ALLENDE, L.; O'FARRELL, I. Influence of free-floating plants on the structure of a natural phytoplankton assemblage: an experimental approach. **Journal of Plankton Research**, v. 29, n. 1, p. 47-56, 2006.

PINTO, T. S.; BECKER, V. Diel dynamic of phytoplankton functional groups in a tropical water supply, Extremoz Lake, northeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 26, n. 4, p. 356-366, 2014.

Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Ministério da Integração Nacional (MIN), Brasília (DF), 2004.

REYNOLDS, C.S.; HUSZAR, V.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L.; MELO, S. Towards a functional classification of the fresh water phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 24, p.417- 428, 2002.

SALMASO, N.; L. NASELLI-FLORES, L.; PADISÁK, J. Functional classifications and their application in phytoplankton ecology. **Freshwater Biology**, v.60, p.603–619, 2014.

SEVERIANO, J.S.; MOURA, A.N.; OLIVEIRA, H.S.B.; CORDEIRO-ARAÚJO, M.K.; DANTAS, E.W. Micro-phytoplankton richness in Contas River, state of Bahia, northeastern Brazil. **Check List** v.8,2: p.218-223, 2012.

SILVA, L. C.; Leone, I. C.; Santos-Wisniewski, M. J.; Peret, A. C.; Rocha, O. Invasion of the dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 at tropical reservoir and its relation to environmental variables. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 2, p. 93-100, 2012.

SOARES, E. “Seca no Nordeste e a transposição do rio São Francisco”. **Revista Geografias**, v 9, n. 2, p. 75-86, 2013.

SOLER-FIGUEROA, B. M.; OTERO, E. The influence of rain regimes and nutrient loading on the abundance of two dinoflagellate species in a tropical bioluminescent bay, Bahía Fosforescente, La Parguera, Puerto Rico. **Estuaries and coasts**, v. 38, n. 1, p. 84-92, 2014.

SOLIS, M.; PAWLIK-SKOWROŃSKA, 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.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodik. **Mitt. Internationalen Verein Limnologie**, v.9, p.1-38, 1958.

UHELINGER, V. Etude statistique des methods de dénombrement planctonique. **Archives of Science**, v.17(2): p.121-223, 1964.

VIEIRA, P. C. S.; CARDOSO, M. M. L.; COSTA, I. A. S. D. Vertical and temporal dynamics of phytoplanktonic associations and the application of index assembly in tropical semi-arid eutrophic reservoir, northeast Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 130-144, 2015.

YURIMOTO, T.; AUE-UMNEOY, D., MEEANAN, C.; TSUTSUI, I. Bloom of the two dinoflagellates *Ceratium furca* and *Diplopsalis lenticula* in a mangrove estuary of Thailand. **International Aquatic Research**, v. 7, n. 2, p. 133-141, 2015.