



Universidade Federal da Paraíba  
Centro de Ciências Agrárias  
Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais  
Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas

**Flutuação temporal da comunidade fitoplanctônica em reservatórios de abastecimento em áreas prioritárias para conservação.**

KARINE FRANCISCA DOS SANTOS

Areia, PB

Maior, 2019

KARINE FRANCISCA DOS SANTOS

**Flutuação temporal da comunidade fitoplanctônica em reservatórios de abastecimento em áreas prioritárias para conservação.**

Trabalho de graduação apresentado ao curso de Bacharelado em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador (a): Profa. Dra. Luciana Gomes Barbosa

Areia, PB

Maio, 2019

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S237f Santos, Karine Francisca Dos.  
Flutuação temporal da comunidade Fitoplanctônica em  
reservatórios de abastecimento em áreas prioritárias  
para conservação. / Karine Francisca Dos Santos.  
Areia, 2019.

32 f.: il.

Orientação: Luciana Barbosa.  
Monografia (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Comunidades Fitoplanctônicas. I. Barbosa, Luciana.  
II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

Flutuação temporal da comunidade fitoplanctônica em reservatórios de abastecimento em áreas prioritárias para conservação.

KARINE FRANCISCA DOS SANTOS

Monografia aprovada em: 31/05/2019

Banca Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
Luciana Gomes Barbosa

Profa. Dra. Luciana Barbosa Gomes

DFCA/UEPB

Profa. Orientadora

Examinador (a)

  
\_\_\_\_\_

Msc. João Paulo de Oliveira Santos

UEPB

Examinador (a)

  
\_\_\_\_\_

Msc. Rafael Machado de Araújo Alves

UEPB

Areia, PB

2019

**Aos meus Pais pelo amor, carinho e apoio eu amo vocês imensamente...**

**Dedico..**

## *Agradecimentos*

Agradeço a Deus pela minha vida, pelas conquistas realizadas, por até aqui ter me sustentado, e pela graça da realização dessa etapa da minha vida. Pela minha família pelo apoio constante nessa jornada, meus tios, primos e vó, a meus irmãos, em especial aos meus pais Manoel Neto e Maria das Neves por ter me dado todo suporte, apoio e amor na concretização desse sonho. Meus amigos Sanidh, Válber, Fátima Fernanda, Iris, Mirela, Camila Mendes, Andréia Marina. André Luis, pelo incentivo, e carinho e torcida para comigo, e ao EJC, aos amigos que a UFPB me presenteou Jonas, Alberlania, Nilmara, Mércia, Davy, Thais, Sabrina, Gean, Cinthia, Karol, Camila, Deyseane, Jeferson, Diego, Cleidinha, Leila, Luana Fernandes, enfim todos que de forma direta e indiretamente contribuíram , e pela alegria diária, a minha companheira de convívio Thainá Cândido pela amizade e motivação e companheirismo, aos professores e mestres, e coordenadores e secretários do Curso de Ciências biológicas por todo apoio.

A professora Dra. Luciana Gomes pelos ensinamentos a mim atribuídos, pela amizade, pela disponibilidade e atenção para comigo, pela minha formação e crescimento profissional. A aos meus colegas de Laboratório NULIBAC, Joseilson, João Paulo, Taty, Fátima, Lidiane, Thalita, Danny, Nubia, Jack, Verônica, Rafael, Breno, Isis, Islânia, Cris, Marcella, Kelly, Thayse, pela construção de uma amizade, pela convivência que tivemos.

*Você é quem decide o que vai ser eterno em você, no seu coração. Deus nos dá o dom de eternizar em nós o que vale a pena, e esquecer aquilo que não vale.*

*(Pe. Fabio de Melo)*

# Sumário

<b>Resumo.....</b>	<b>8</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>9</b>
<b>1.Introdução.....</b>	<b>10</b>
<b>2.Objetivos.....</b>	<b>12</b>
<i>Geral.....</i>	<b>12</b>
<i>Específico.....</i>	<b>12</b>
<b>3. Materiais e Métodos.....</b>	<b>13</b>
<i>Variáveis físico-químicas.....</i>	<b>15</b>
<i>Comunidades Fitoplanctônicas.....</i>	<b>16.</b>
<i>Análise Estatística.....</i>	<b>16</b>
<i>Índice Q.....</i>	<b>16</b>
<b>4.Resultados.....</b>	<b>17</b>
<i>Variáveis físico-químicas.....</i>	<b>17.</b>
<i>Comunidades Fitoplanctônicas.....</i>	<b>20</b>
<i>Análise Estatística.....</i>	<b>23</b>
<i>Índice Q.....</i>	<b>25</b>
<b>5. Discussão.....</b>	<b>26</b>
<b>6.Conclusão.....</b>	<b>28</b>
<b>7. Agradecimentos.....</b>	<b>28</b>
<b>8.Referências Bibliográficas.....</b>	<b>29</b>

Santos, K.F. Flutuação temporal da comunidade fitoplanctônica em reservatórios de abastecimento em áreas prioritárias para conservação. **2019. Monografia Universidade Federal da Paraíba.**

## Resumo

Os efeitos das mudanças climáticas associados a ação com alterações no ciclo hidrológico, comprometendo a qualidade de água e múltiplos usos. Os aumentos da captação de água para abastecimento bem como aumento dos índices de evaporação aumentaram a vulnerabilidade dos corpos d'água, gerando déficits hídricos principalmente em regiões semiáridas e áridas. Nesse sentido, o trabalho teve como objetivo analisar a flutuação temporal dos grupos funcionais fitoplanctônicos e sua associação com qualidade de água em dois reservatórios de abastecimento público (Areia, Paraíba, Brasil). As coletas e respectivas análises foram realizadas mensalmente no ano de 2015 através de amostras coletadas na subsuperfície da água. As variáveis ambientais avaliadas foram a temperatura, oxigênio dissolvido, pH, Turbidez, Zona eufótica,  $Z_{eu}:Z_{mix}$  e fósforo (forma orgânica e inorgânica). O fitoplâncton foi analisado a partir da biomassa, calculada a partir de formas geométricas. Os resultados indicaram altas temperaturas ( $\geq 27,6$  °C) e pH alcalino ( $\geq 6$ ) em ambos os reservatórios. Entre os principais contrastes identificados, no reservatório Saulo Maia foram observados alta disponibilidade de luz ( $Z_{eu}: Z_{mix} \geq 1$ ) associada a baixas concentrações de fósforo. Já no reservatório Vaca Brava apresentando baixa disponibilidade de luz ( $Z_{eu}: Z_{mix} \leq 1$ ) associada a maiores concentrações de fósforo com cota mínima de volume do reservatório foi registrado ao longo de todo período. As condições descritas refletiram na composição dos grupos funcionais, incluindo aqueles compartilhados entre reservatórios ( $W_1$  e  $W_2$ , ambos formados por Euglenophyceae;  $S_1$  por Cyanobacteria e  $X_1$  por clorofícias cocóides). Entre os 13 grupos funcionais identificados no reservatório Vaca Brava ( $D$ ,  $J$ ,  $K$ ,  $L_o$ ,  $N$ ,  $P$ ,  $S_1$ ,  $S_N$ ,  $T$ ,  $X_1$ ,  $Y$ ,  $W_1$  e  $W_2$ ), destacou-se a presença do grupo  $S_N$ . Já o reservatório Saulo Maia, com águas mais claras e menor estado trófico, registrou a presença dos grupos  $D$  (Diatomáceas),  $J$  (Clorofícias),  $K$  e  $S_1$  (Cyanobacteria),  $T$  (Zygnematophyceae),  $W_1$  e  $W_2$  (Euglenophyceae). Os resultados indicaram que, as diferenças entre os estados tróficos e o clima de luz subaquático foram os principais fatores direcionadores na dinâmica dos grupos funcionais em reservatórios.

Palavras-chave: Comunidades Fitoplanctônicas, Grupos funcionais, reservatórios de abastecimento, Brejos de altitude.

### **Abstract**

The effects of climate change associated with action with changes in the hydrological cycle, compromising water quality and multiple uses. Increases in water abstraction as well as increased evaporation rates have increased the vulnerability of water bodies, generating water deficits mainly in semi-arid and arid regions. In this sense, the objective of this work was to analyze the temporal fluctuation of phytoplankton functional groups and their association with water quality in two reservoirs of public supply (Areia, Paraíba, Brazil). The collections and respective analyzes were carried out monthly in the year of 2015 through samples collected in the sub-surface of the water. The environmental variables evaluated were: temperature, dissolved oxygen, pH, Turbidity, Euphotic Zone, Zeu: Zmix and phosphorus (organic and inorganic form). Phytoplankton was analyzed from biomass, calculated from geometric forms. The results indicated high temperatures ( $\geq 27.6$  °C) and alkaline pH ( $\geq 6$ ) in both reservoirs. Among the main contrasts identified, high light availability (Zeu:  $Z_{mix} \geq 1$ ) associated to low concentrations of phosphorus was observed in the Saulo Maia reservoir. In the Vaca Brava reservoir presenting low light availability (Zeu:  $Z_{mix} \leq 1$ ) associated with higher concentrations of phosphorus with a minimum reservoir volume quota was recorded throughout the period. The conditions described reflected the composition of the functional groups, including those shared between reservoirs (W1 and W2, both formed by Euglenophyceae; S1 by Cyanobacteria and X1 by coccoid chloroplasts). Among the 13 functional groups identified in the Vaca Brava reservoir (SN, K, Lo, N, P, S1, SN, T, X1, Y, W1 and W2) On the other hand, the Saulo Maia reservoir, with clearer water and lower trophic state, showed the presence of D (Diatomaceous), J (Chlorophytes), K and S1 (Cyanobacteria), T (Zygnematophyceae), W1 and W2 (Euglenophyceae) groups. The results indicated that the differences between the trophic states and the underwater light climate were the main driving factors in the dynamics of the functional groups in reservoirs.

Key words: Phytoplankton communities, Functional groups, supply reservoirs, Altitude heath.

## 1. Introdução

Nos últimos anos, a diminuição das chuvas em regiões áridas e semiáridas reduziu o influxo de água para os corpos d'água superficiais. Além disso, em função do crescimento populacional, ampliação da cadeia produtiva e múltiplos usos a demanda pelo recurso aumentou, sendo os períodos com baixos fluxos aqueles com a maior exigência de água de irrigação, por exemplo (Stuyfzand, *et. al* 2010).

A redução do volume de água pode aumentar a vulnerabilidade a eutrofização através do aumento das concentrações de nutrientes em volumes reduzidos (Jeppesen, *et. al* 2015). Nesse sentido, a eutrofização artificial ou promovida por ações humanas é um dos maiores impactos ambientais da atualidade em escala global, sendo a principal causa de redução da qualidade de água (Salmaso *et.al* 2006). As mudanças climáticas estão afetando toda hidrologia global através da intensificação das secas, diminuição do volume da água e o aumento dos nutrientes, favorecendo o aumento de florações de cianobactérias. (Costa *et. al*; 2019). Por outro lado, a demanda hídrica para atividades agropecuárias bem como para o abastecimento público e múltiplos usos tem aumentando nos últimos anos.

Entre as espécies que podem ser favorecidas, as cianobactérias estão entre as mais estudadas, devido à alta afinidade com altas concentrações de fosforo e nitrogênio, altas temperaturas e disponibilidade de luz, fatores esses que podem incidir positivamente sobre o aumento das taxas de reprodução e incidência de florações (Becker *et. al*; 2010)

Historicamente, as comunidades fitoplanctônicas têm sido utilizadas como indicadoras de estado trófico de ambientes aquáticos, principalmente por suas características morfológicas e fisiológicas, fornecendo informações importantes sobre o estado de conservação dos corpos hídricos (Souza, 2013), visto que são consideradas importantes indicadoras de alterações antropogênicas tais como salinização e eutrofização artificial (Oliveira *et. al*; 2019). Assim o fitoplâncton se destaca pela sua grande importância pois apresentam padrões temporais no que se refere as mudanças ambientais, sendo uma ferramenta ecológica de grande importância, através da qual pode-se obter respostas ecológicas em curtas escalas de tempo (Zanco *et.al*; 2017).

Nos estudos de biomonitoramento, o estudo dos grupos funcionais tem sido utilizado para entender os parâmetros ecológicos do fitoplâncton, permitindo o agrupamento das espécies com características semelhantes com tolerâncias e sensibilidades bem delimitadas (Kruk *et. al* 2017). Nesse sentido, os grupos funcionais seriam associações

polifiléticas com características estruturais ou funcionais comuns (Salmaso *et.al*; 2007), descrevendo melhor a dinâmica da comunidade em relação aos grupos taxonômicos (Reynolds *et al.*; 2002; Padisak *et al.*, 2009) bem como permitindo a compreensão de suas adaptações e do estado ecológico através do índice Q (Viera *et. al*; 2015).

Regiões semiáridas e áridas registram elevada demanda por abstração de água, não sendo o controle das flutuações de nível dos reservatórios uma prioridade. Nesse sentido, a Caatinga é um ecossistema predominantemente com clima semiárido quente extremamente heterogêneo do ponto de vista de composição florística e fitofisionômica. Em meio a essa matriz heterogênea algumas áreas chamadas de Brejos de Altitude, caracterizados pelo seu clima úmido, são consideradas refúgios atuais para espécies da floresta Atlântica nordestina, abrigando espécies vegetais amazônicas bem como outras típicas de florestas brasileiras, com distribuição associada as regiões sul e sudeste (Tabarelli and Santos 2004). Dessa forma, os Brejos de Altitude podem ser considerados ilhas de umidade, exercendo alta influência na umidade e escoamento de água para zonas de entorno.

## **2. Objetivos**

### *2.1 Objetivo Geral*

- ✓ Analisar a flutuação temporal dos grupos funcionais fitoplanctônicos e sua associação com qualidade de água em dois reservatórios de abastecimento público localizados em área prioritária para conservação.

### *2.2 Objetivos específicos:*

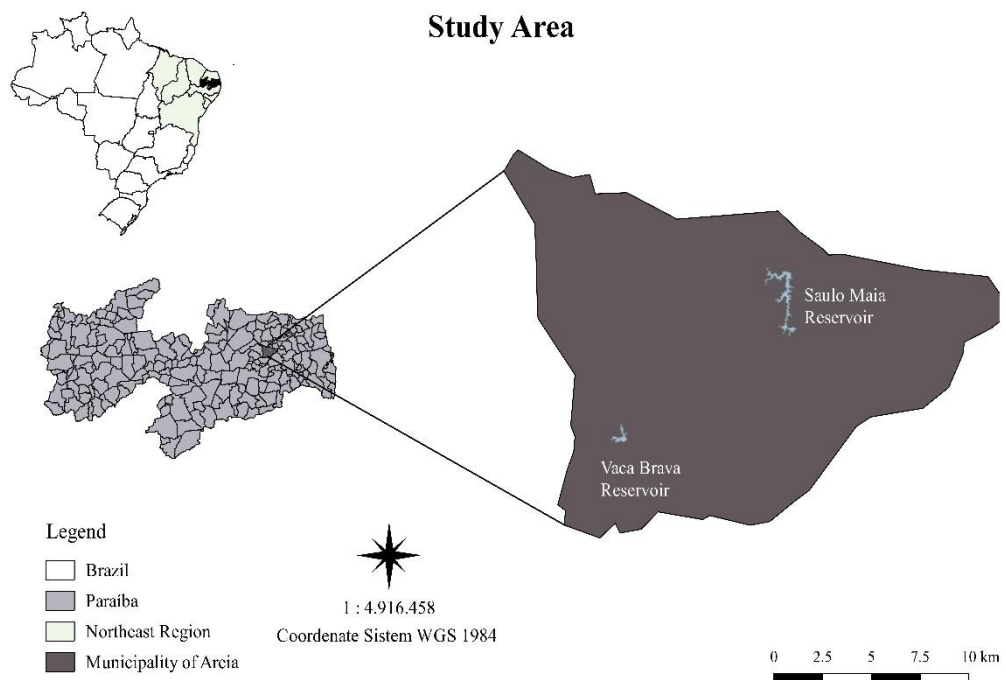
- ✓ Comparar as associações fitoplanctônicas entre os reservatórios.
- ✓ Avaliar a aplicação do Índice Q de grupos funcionais fitoplâncton.
- ✓ Analisar a distribuição temporal das comunidades fitoplanctônicas, e suas associações com fatores abióticos, em dois reservatórios de abastecimento.

### **3. Materiais e Métodos**

#### **3.1 Área de estudo**

O Estado da Paraíba possui uma extensão territorial de 56.439,84 km<sup>2</sup>, correspondente a 3,63% da área da região Nordeste. Situado entre as latitudes 06° 00'11,1" e 08°19'54,7" sul e as longitudes 34°45'50,4" e 38°47'58,3" oeste, a vegetação apresenta florestas definidas como a caatinga, tabuleiros costeiros, mangues, mata úmida, mata decidual, mata atlântica e restinga. Localizado na microrregião do Brejo Paraibano, mesorregião do Agreste Paraibano, o município de Areia apresenta uma área territorial de aproximadamente 269 km<sup>2</sup>, com uma população estimada em 23.829 habitantes (IBGE, 2010) possuindo uma altitude de aproximadamente 630m. (Figura 1)

Entre os corpos d'água, destaca-se o reservatório Saulo Maia com capacidade máxima de 9.833.615 m<sup>3</sup>, sendo que o uso para abastecimento público efetivado nos últimos cinco anos com construção de uma adutora. Registra entre os principais impactos introdução de tanques rede para cultivo de tilápia e construção de um condomínio de alto padrão ao redor de suas margens. Já o reservatório de Vaca Brava tem uma capacidade máxima de 3.783.556 m<sup>3</sup> (AESAs,2015). Utilizado para abastecimento está localizado dentro de uma Unidade de Conservação (Parque Estadual Mata do Pau Ferro), com elevada demanda por abastecimento registrou cota mínima nos últimos anos. (Figura 2)



**Figura 1.** Localização da área de estudo, município de Areia PB.



**Figura 2.** (A) Reservatório Saulo Maia (B) Reservatório Vaca Brava.

## 3.2 Amostragem

### 3.2.1 Variáveis Físico-Químicas

As amostras físicas, químicas e biológicas de água foram coletadas mensalmente de Janeiro a Dezembro de 2015 nos reservatórios de abastecimento público Saulo Maia e Vaca Brava, em único ponto na região limnética. Foram analisadas variáveis como a temperatura (C°), a transparência da água (m) e zona eufótica (Zeu) foi calculada empiricamente multiplicando o valor obtido pelo disco de Secchi (10%) de incidência de luz) por 2,7 (Cole,1983), coeficiente de atenuação vertical da luz (k) calculado por meio da relação  $k = 1,7 \times ZDS^{-1}$ . O pH, sólidos totais, e condutividade elétrica ( $\mu S \text{ cm}^{-1}$ ), e a temperatura foram determinados *in situ* através de sonda multiparamétrica. Os dados pluviométricos dos referidos meses foram através do site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. As seguintes análises determinadas foram fósforo total e fósforo solúvel reativo ( $\mu g. L^{-1}$ ) pelo método de APHA (1998), e também calculado o IET (Toledo Junior *et. al* 1990).

Para as análises de fósforo total e ortofosfato da água, foram realizadas segundo o método descrito por (APHA; 1998), o qual consiste na reação e complexação do ortofosfato por molibdato, resultando assim no chamado azul de molibdênio cuja a sua composição é incerta. Visto a intensidade da cor azul é proporcional a quantidade de Toledo Junior; *et. al* 1983. O presente índice baseia-se nos teores de fósforo total na água. E a expressão utilizada para o cálculo será a seguinte:

$$IET \text{ PT} = 10 \{6 - [\ln (80,32 / \text{PT}) / \ln 2]\}$$

Onde;

IET PT = índice de estado trófico para fósforo;

PT = concentração de fósforo total, medida à superfície da água ( $\mu g L^{-1}$ ).

Conforme os valores encontrados na expressão do IET, o corpo aquático pode ser classificado como:

- Oligotrófico:  $IET \leq 44$
- Mesotrófico:  $44 < IET \leq 54$
- Eutrófico:  $54 < IET \leq 74$
- Hipereutrófico:  $IET > 74$ .

### 3.2.2 Comunidade Fitoplanctônica

As amostras para análise do fitoplâncton, foram coletadas na subsuperfície da água e fixadas com solução de lugol acético. Desse modo, as comunidades fitoplanctônicas foram analisadas através do microscópio invertido, pelo tempo de sedimentação de 4h para cada centímetro de altura da câmara de sedimentação (Lund *et al.* 1958). A quantificação feita conforme Utermöhl (1958), e o cálculo da densidade dos organismos segundo Ros (1979). O biovolume ( $\mu\text{m}^3 \text{ ml}^{-1} \rightarrow \text{mm}^3 \text{ L}^{-1}$ ) de cada espécie calculado através de sua forma geométrica segundo Sun e Liu (2003) e Hillebrand *et al.* (1999).

Para a classificação das espécies e também dos grupos funcionais fitoplanctônicos os quais foram e agrupados de acordo com os métodos de Reynolds 2002 e Padisak *et al.* 2009.

### 3.2.3. Análise estatística

Após a coleta e análise de dados das variáveis físicas, químicas e biológicas, as análises estatísticas multivariadas realizadas foram, a ACP (Análises de componentes Principais) e RDA (Análise de Redundância) através do programa estatístico R (The R Project for Statistical Computing).

### 3.2.4 Índice Q

O índice Q (Q index assemblege) proposto por Padisak *et. al* 2006, foi utilizado dados mensais nem ambos os reservatórios, qual finalidade de monitorar o estado ecológico dos ambientes através da utilização dos grupos funcionais, utilizando o Fator F numeração que serve de peso para cada grupo funcional, para estabelecer o estado ecológico dos ecossistemas utilizamos a seguinte formula:

$$Q = \sum_{I=1}^n p_i F_i, \text{ onde;}$$

$P_i$  = biomassa do grupo funcional  $i$  / biomassa total da amostra

F = fator estabelecido para cada grupo funcional de acordo com cada tipo de lago

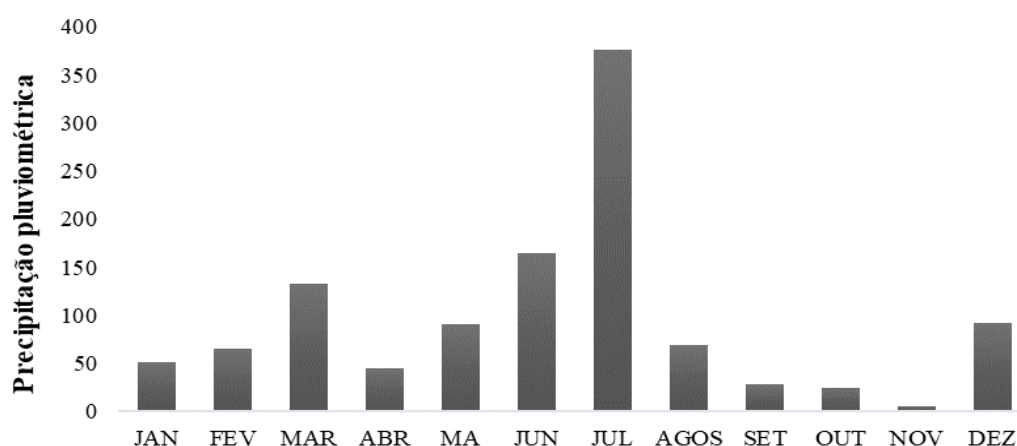
**Tabela 1.** Variação Índice Q para estado ecológico.

0-1	<b>Ruim</b>
1-2	<b>Tolerável</b>
2-3	<b>Médio</b>
3-4	<b>Bom</b>
4-5	<b>Excelente</b>

## 4 Resultados

### 4.1 Variáveis Físico-químicas

Os dados pluviométricos (Figura 3), mostraram baixos valores mensais ( $\leq 380$  mm), ao longo de todo período para região, considerados abaixo da média histórica, sendo os maiores valores registrados em Julho (376,6 mm). Demonstrando que apesar de ter sido registrado chuvas no período de estudo, a precipitação total acumulada de (1147,6 mm) sendo abaixo da média climatológica de (1369,3 mm).



**Figura 3.** Precipitação pluviométrica do município de Areia-PB, no período de Janeiro a Dezembro de 2015

Ao longo do período foram observadas altas temperaturas ( $\geq 27,6$  °C) e pH alcalino, ( $\geq 6$ ) em ambos os reservatórios. Além disso, no reservatório Saulo Maia, alta disponibilidade de luz foi identificada ( $\geq 1$ ) associada a baixas concentrações de fósforo. Já no reservatório Vaca Brava, baixa disponibilidade de luz foi identificada ( $\leq 1$ ) associada a maiores concentrações de fósforo. (Tabela 2).

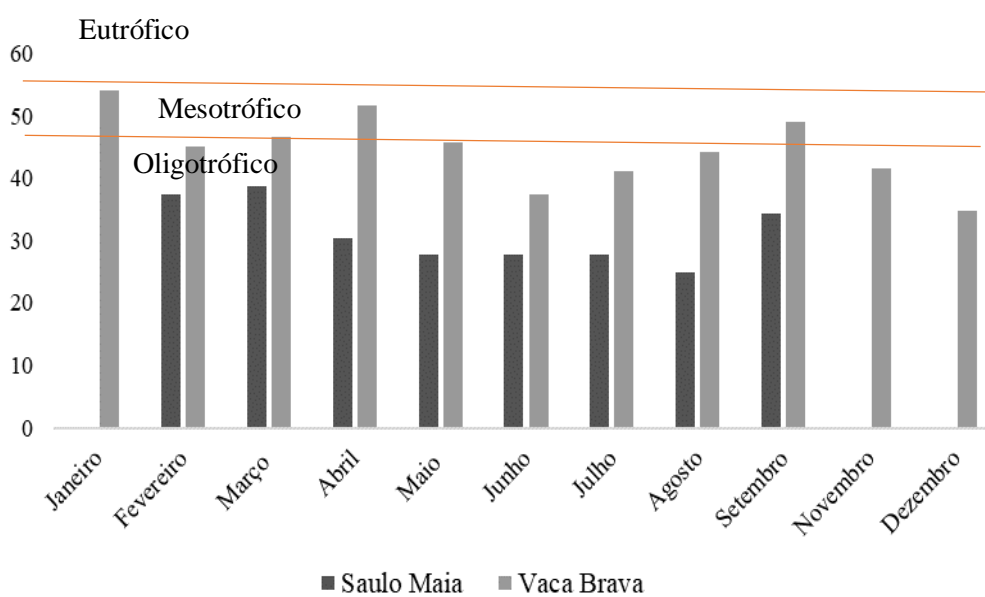
**Tabela 2.** Variáveis Abióticas dos ambientes estudados.

<b>SM</b>	<b>Mês</b>	<b>Transp.</b>	<b>Zeü</b>	<b>pH</b>	<b>TP</b>	<b>PO4</b>	<b>EC</b>	<b>TEMP</b>	<b>IET</b>
	JAN	2,1	5,67	7,32	*	*	35	28,8	*
	FEV	2,8	7,69	7,2	16,828	6,953	36	28,7	37,45
	MAR	2,1	5,67	7,87	18,466	3,651	36	27,6	38,79
	ABR	2,1	5,67	7,68	10,276	2,1651	36	29,4	30,34
	MA	1,7	4,72	8,1	8,638	2	37	27,9	27,83
	JUN	1,9	5,13	7,93	8,638	3,232	34	30,7	27,83
	JUL	1,8	4,99	7,6	8,638	1,488	35	28,4	27,83
	AGOS	2,1	5,67	7,8	7	1,488	34	26	24,79
	SET	3,1	8,37	7,5	13,4985	5,7663	33	27,9	34,27
	NOV	2,5	6,75	8	*	*	33	30,3	*
	DEZ	2,6	7,02	7,32	*	*	35	28,8	*
<b>VB</b>	<b>Mês</b>	<b>Transp.</b>	<b>Zeü</b>	<b>pH</b>	<b>TP</b>	<b>PO4</b>	<b>EC</b>	<b>TEMP</b>	<b>IET</b>
	JAN	0,04	0,11	6,1	43,04	65,95	33	29,5	54,00
	FEV	0,1	0,27	8	28,29	16,86	34	34,1	44,94
	MAR	0,05	0,14	7,7	31,57	30,07	33	28,9	46,52
	ABR	0,1	0,27	8,3	44,67	3,65	37	32,3	51,53
	MA	0,09	0,24	8,1	29,93	3,65	36	32,8	45,75
	JUN	0,23	0,62	8,4	16,83	4,98	29	30,4	37,45
	JUL	0,1	0,27	8,5	21,74	11,95	19	28,8	41,14
	AGOS	0,18	0,49	7,7	26,66	24,16	19	32,9	44,08
	SET	0,3	0,81	7,2	37,29	32,43	20	30,8	48,93
	NOV	0,68	1,84	7	22,47	11,22	24	27,6	41,62
	DEZ	0,04	0,11	6,1	13,98	5,95	33	29,5	34,77

**Legenda:** Transp.= Transparência; Zeü= Zona Eufótica; pH= Potencial Hidrogenionico; TP= Fósforo Total; PO4= Ortofosfato; EC= Condutividade elétrica; Temp.= Temperatura; IET= Índice de Estado Trófico; SM= Saulo Maia; VB= Vaca Brava; \* Não coletado.

## 4.2 Índice de Estado Trófico (IET)

A classificação do Índice de estado trófico descreveu que o reservatório Saulo Maia no período de estudo, na maioria dos meses se comportou com condições Oligotróficas pelas baixas concentrações de fósforo com  $IET \leq 44$ , já Vaca Brava como Oligo-mesotróficas  $44 < IET \leq 54$ . (Figura 4)



**Figura 4.** Índice de Estado Trófico dos ambientes monitorados.

### 4.3 Comunidade fitoplanctônica

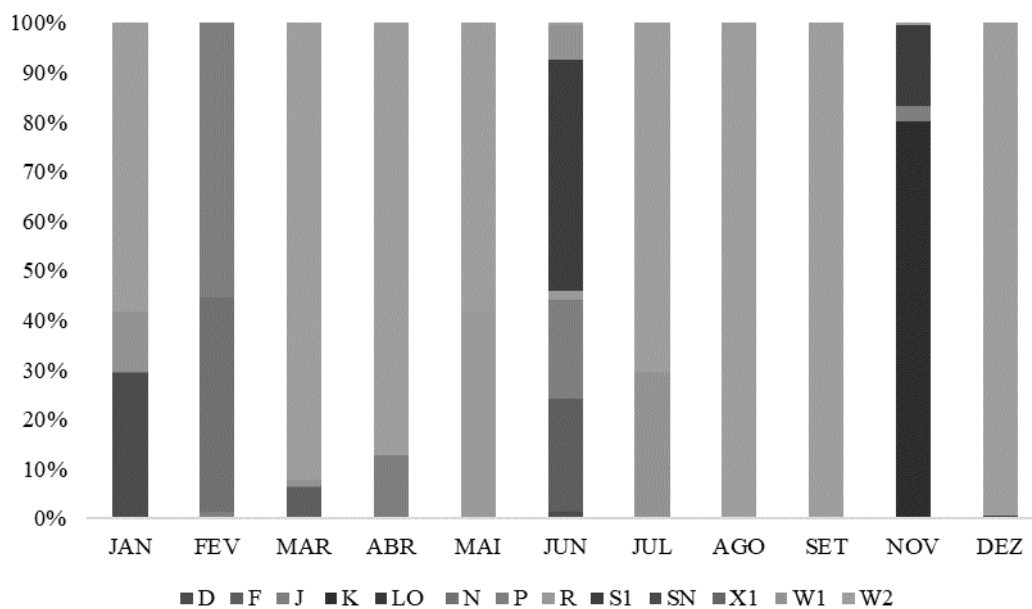
Ao todo, foram encontrados e classificados 66 táxons em ambos reservatórios, destes, 38 táxons no reservatório Saulo Maia distribuídos em 12 grupos funcionais Já em Vaca Brava, 28 táxons em 13 grupos funcionais, onde os grupos funcionais foram distribuídos e agrupados de acordo com Reynolds 2002; e Padisak *et. al*; 2009 (Tabela 3).

**Tabela 3.** Espécies Fitoplanctônicas e seus respectivos Grupos Funcionais, dos ambientes estudados.

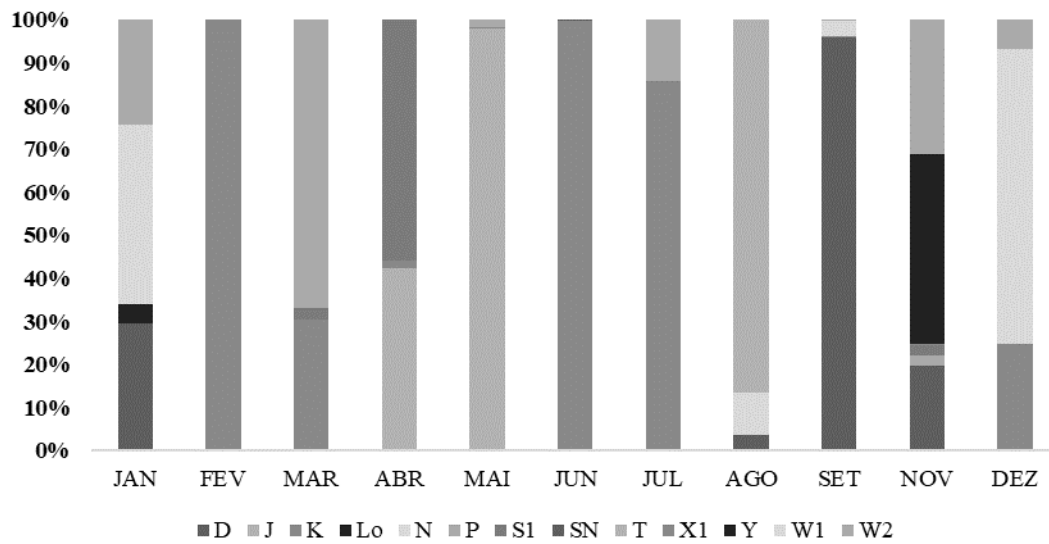
<b>Ambiente</b>	<b>Grupos Funcionais</b>	<b>Espécies</b>
<b>Saulo Maia</b>	<b>D</b>	<i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Cocconeis</i> ,
	<b>N</b>	<i>Colacium simplex</i> , <i>Closterium perrectum</i> , <i>Cosmarium</i> sp, <i>Cosmarium phaseuolus</i> <i>Staurastrum tailory</i> , <i>Staurastrum leptocladium</i> .
	<b>K</b>	<i>Aphanocapsa</i> sp
	<b>F</b>	<i>Botryococcus</i> sp. <i>Sphaerocystis Schoeteri</i>
	<b>P</b>	<i>Cosmocladium</i> sp, <i>Closterium acetum</i> , <i>Closterium gracile</i> , <i>Haplataenium minutum</i>
	<b>J</b>	<i>Scenedesmus bijugus</i>
	<b>R</b>	<i>Euastrum enerme</i> , <i>Euastrum</i> sp.
	<b>Lo</b>	<i>Peridinium</i> sp.
	<b>X1</b>	<i>Closteriopsis</i> sp. <i>Monoraphidium</i> sp.
	<b>S1</b>	<i>Planktonlyngbia</i> sp.
	<b>W1</b>	<i>Euglena viridis</i> , <i>Euglena velata</i> , <i>Euglena sublonga</i> , <i>Leponciclis caudata</i> ,
	<b>W2</b>	<i>Phacus</i> sp. <i>Phacus agilis</i> , <i>Strombonas</i> sp. <i>Trachelomonas armata</i> , <i>Trachelomonas volvocina</i> , <i>Trachelomonas volvocinopsis</i> , <i>Trachelomonas</i> sp. <i>Trachelomonas sculpta</i> , <i>Trachelomonas hispida</i> , <i>Trachelomonas ovata</i>
<b>Vaca Brava</b>	<b>D</b>	<i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Navicula</i> sp, <i>Synedra</i>
	<b>N</b>	<i>Cosmarium</i> sp, <i>Spondilosium</i> sp,
	<b>J</b>	<i>Actinastrum</i> sp, <i>Crucigenia</i> sp, <i>Scenedesmus</i> sp,
	<b>P</b>	<i>Closterium</i> sp
	<b>Lo</b>	<i>Merismopedia</i> sp.
	<b>T</b>	<i>Spirogyra</i> sp,
	<b>Y</b>	<i>Cryptomonas ovata</i>
<b>K</b>	<i>Synechococcus</i> sp, <i>Aphanocapsa</i> sp	

<b>X1</b>	<i>Monoraphidium contortum</i> , <i>Monoraphidium griffithii</i> , <i>Monoraphidium</i> sp,
<b>S1</b>	<i>Planktolyngbya</i> sp, <i>Planktothrix</i> sp,
<b>SN</b>	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
<b>W1</b>	<i>Lepocinclis acus</i> , <i>Lepocinclis caudata</i> , <i>Lepocinclis</i> sp.
<b>W2</b>	<i>Phacus agilis</i> , <i>Trachelomonas armata</i> , <i>Trachelomonas sculpta</i> , <i>Trachelomona volvocina</i> , <i>Trachelomonas volvocinopsis</i>

Em relação aos grupos funcionais, no reservatório Saulo Maia (Figura 5) o grupo **W<sub>2</sub>** grupo da classe Euglenophyceae, foi dominante na maioria dos meses ( $\geq 50\%$ ), sendo os grupos **J** e **K** também expressivos. No reservatório Vaca Brava, o grupo **D**, associado as diatomáceas ocorreu nos meses de Janeiro, Agosto, Setembro e Novembro enquanto a presença de grupos **S<sub>N</sub>** classe das Cianobactérias (*Cylindrospermopsis raciborskii*) e **Y** (*Cryptomonas ovata*) corresponderam aos meses de Maio e Julho (Figura 6).



**Figura 5.** Distribuição dos grupos funcionais e sua biomassa total ( $\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ ), no reservatório Saulo Maia Janeiro a Dezembro 2015.

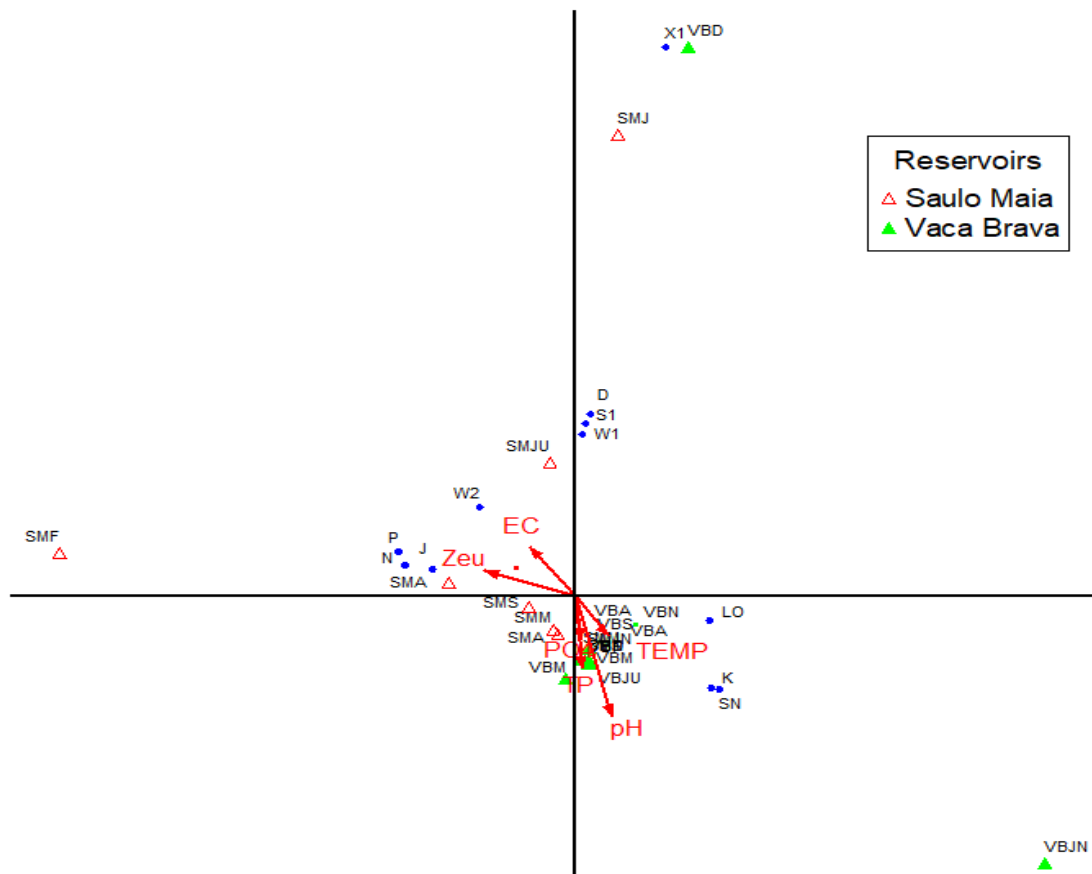


**Figura 6.** Distribuição dos grupos funcionais, e sua biomassa total ( $\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$ ), no reservatório Vaca Brava Janeiro a Dezembro 2015.

#### 4.4. Análise estatística

##### 4.4.1 RDA

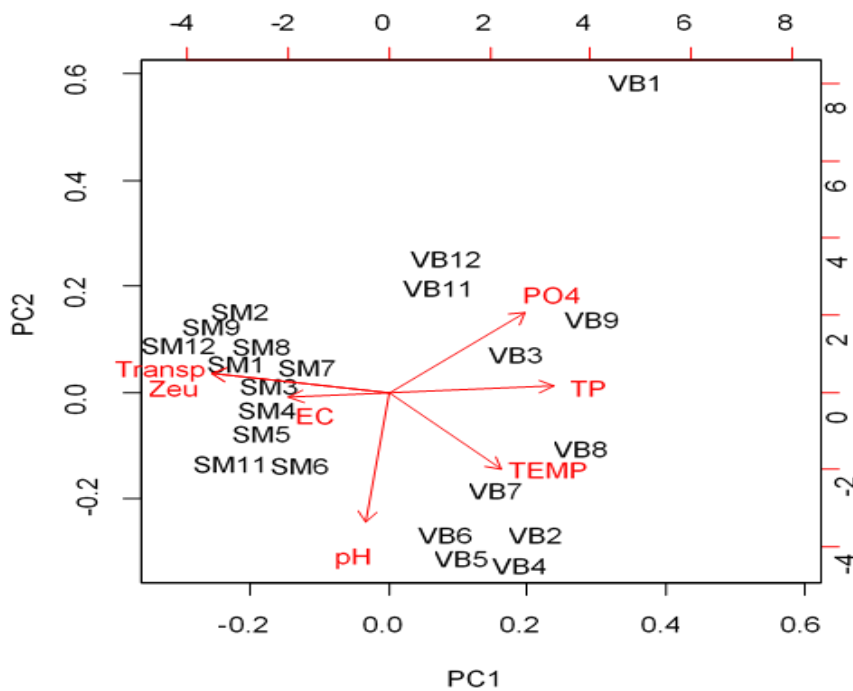
A análise de redundância (RDA), realizada através de 11 Grupos Funcionais e 5 variáveis ambientais explicaram 19,6 % do total da variância nos 2 primeiros eixos, com autovalores de 1,323 (Eixo 1) e 0,828 (Eixo 2). O lado negativo do eixo 1, ordenou as amostras de Saulo Maia associadas com Zona eufótica e condutividade elétrica, o lado positivo do eixo 1 estiveram associados com as unidades amostrais de Vaca Brava, bem como altas concentrações de ortofosfato e fósforo total (Figura 7).



**Figura 7.** Gráfico de Análise de Redundância (RDA) pH = Potencial Hidrogenionico; Temp.= Temperatura; PO4 = Ortofosfato; TP= fósforo total; Transp.= Transparência; Zeu = Zona eufótica; EC= Condutividade elétrica; SM= Saulo Maia; VB= Vaca Brava.

#### 4.4.2. Análise de componentes principais (ACP)

A análise de PCA resumiu em torno de 73% da variabilidade total dos dados em seus dois primeiros eixos. Para ordenação do eixo 1, quatro variáveis contribuíram efetivamente, Transparência ( $r=-0,48$ ), Zeu ( $r = -0,48$ ), fósforo total ( $r = 0,45$ ),  $PO_4$  ( $r = 0,37$ ) e condutividade elétrica ( $r = 0,27$ ). Para a ordenação do eixo 2, pH ( $r=-0,75$ ),  $PO_4$  ( $r = 0,46$ ) e temperatura ( $r = -0,44$ ). As unidades de amostragem de Saulo Maia agruparam-se no lado negativo do eixo 1 associadas a maior disponibilidade de luz e condutividade elétrica, enquanto as unidades amostrais de Vaca Brava, associadas as formas inorgânica e total de fósforo, mantiveram-se no lado positivo do eixo 1 (Figura 8).



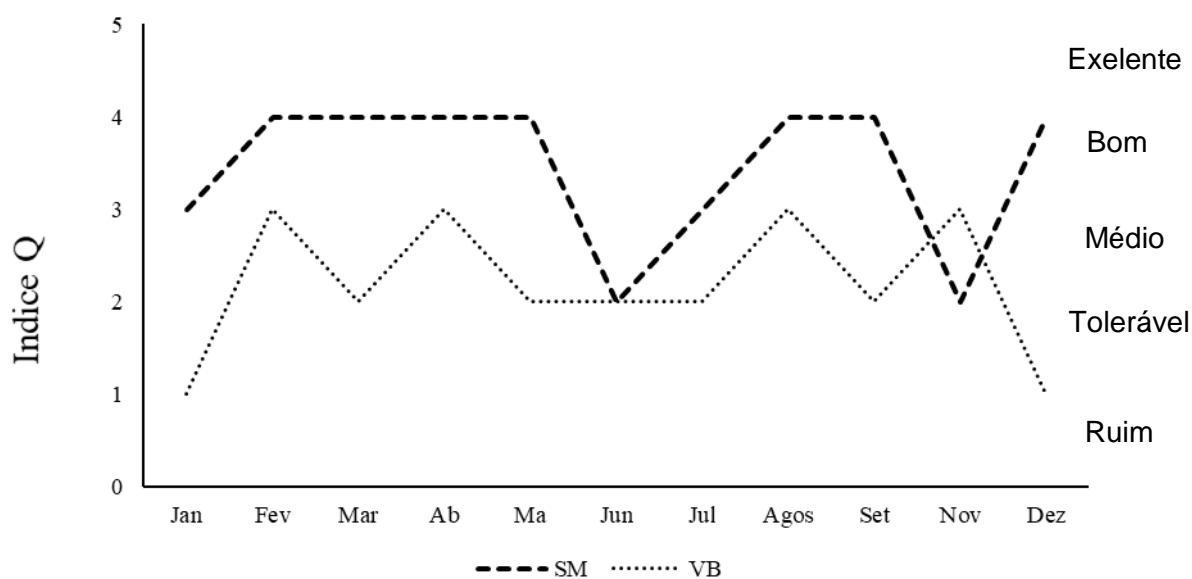
**Figura 8.** Análises de componentes principais (ACP) das variáveis abióticas Zeu: Zona eufótica; EC: Condutividade elétrica; Transp.: Transparência; TP: Fósforo Total; Temp.: Temperatura;  $PO_4$ : Ortofosfato; SM= Saulo Maia; VB= Vaca Brava.

#### 4.4 Índice Q

Para realização do cálculo do índice Q, utilizamos fator F para cada grupo funcional dos reservatórios monitorados (tabela 4). Nesse contexto, demonstrando que Saulo Maia houve variação apenas nos meses de junho e Novembro que foi registrado o estado ecológico tolerável. Na maioria dos meses foi identificado o estado ecológico sendo ecológico médio e bom. Já Vaca Brava entre Janeiro e Dezembro o índice variou entre ruim e tolerável. (Figura 9)

**Tabela 4.** Fator F dos Grupos Funcionais dos ambientes estudados.

Grupo funcional	Fator F Saulo Maia	Fator F Vaca Brava
D	2	3
F	5	-
J	2	3
K	3	3
R	-	-
Lo	5	1
N	5	3
P	5	5
T	-	4
Y	-	5
S1	0	0
SN	0	0
X1	3	4
W1	1	1
W2	5	3



**Figura 9.** Gráfico do Índice Q variação do estado ecológico dos reservatórios Saulo Maia e Vaca Brava no período de Janeiro a Dezembro de 2015.

## 5. Discussão

Os resultados do estudo nos indicaram que o reservatório Saulo Maia, profundo ( $\geq 25\text{m}$ ) e de águas claras enquanto Vaca Brava registrou comportamento de reservatório raso, com profundidade máxima  $\leq 6\text{m}$ , mesmo sendo historicamente profundo. Luz e nutrientes são fatores críticos para o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica (Reynolds 2006), limitantes ao crescimento e determinantes na flutuação e nos aspectos seletivos dos grupos funcionais.

Em Saulo Maia, condições de disponibilidade de luz e oligotróficas foram identificadas, sendo as concentrações de fósforo baixas. Em contrapartida em Vaca Brava as concentrações de fósforo variaram entre oligo-mesotróficas. Em relação as águas mais turvas do reservatório Vaca Brava, a condição de raso impulsionado pelas secas prolongadas no ano anterior ao estudo no ano de 2014 devido as baixas precipitações e alta demanda hídrica, favoreceu a redução dos níveis de água e, conseqüentemente da qualidade da água.

As variáveis climatológicas demonstraram que, apesar das chuvas registradas no período do estudo, houve baixa precipitação pluviométrica compatível com a faixa semiárida (Williams 1999; Safriel *et.al*; 2008). O evento de seca é um fator que pode promover alterações na dinâmica dos nutrientes, e assim aumentando a floração de cianobactérias, principalmente aquelas potencialmente tóxicas (Naselli –Flores; 2003; Medeiros *et al.* 2015). As condições descritas refletiram a composição dos grupos funcionais, incluindo aqueles compartilhados entre reservatórios (**W<sub>1</sub>** e **W<sub>2</sub>**, ambos formados por Euglenophyceae; **S<sub>1</sub>** por Cyanobacteria e **X<sub>1</sub>** por clorofícias cocóides) bem como os de ocorrência exclusiva nos reservatórios.

Entre os 13 grupos funcionais identificados no reservatório Vaca Brava, destacou-se a presença do grupo **S<sub>N</sub>** (cianobactérias formadoras de florações), tolerantes a baixa disponibilidade de luz e elevada turbidez (Padisak *et al.* 2009). Já o reservatório Saulo Maia, com águas mais claras e menor estado trófico, registrou dominância ( $\geq 50\%$ ) do grupo **W<sub>2</sub>** na maioria dos meses.

Comparativamente, o índice Q indicou que Saulo Maia apresentou melhor estado ecológico com condições que variaram entre tolerável a médio, enquanto em Vaca Brava os grupos **S<sub>1</sub>** e **S<sub>N</sub>**, **K** e **L<sub>o</sub>**, representantes das cianobactérias, foram os que mais contribuíram para a biomassa fitoplanctônica o que provavelmente promoveu a redução do Índice (entre tolerável e ruim).

Sendo assim, o Índice Q levou em conta não apenas a biomassa das algas, mas também as contribuições que influenciaram na dinâmica dos estados tróficos em ambos os reservatórios, a biomassa dos Grupos Funcionais, e finalmente registrando melhores resultados para Saulo Maia, indicando que o fitoplâncton foi um importante indicador de estado ecológico (Crossetti *et al*; 2008). No entanto, a flutuação entre tolerável e médio é um indicador de que a qualidade de água em Saulo Maia apresenta vulnerabilidades principalmente associadas a elevada abstração de água, ao cultivo em tanques rede e construções ao redor do ambiente, aumentando a entrada de nutrientes

Os baixos valores de biomassa total fitoplanctônica refletiram as condições predominantes de limitação por luz e/ou nutrientes, influenciados por períodos referentes a redução do volume d'água. De acordo com as análises multivariadas, as unidades amostrais de Saulo Maia estiveram mais associadas a variáveis indicadoras de clima de luz subaquático favorável, com maior condutividade elétrica. Já em Vaca Brava as amostras estiveram relacionadas com ortofosfato e fósforo total, ou seja, altas concentrações de nutrientes. Assim, os resultados indicaram que, os principais impactos estão associados tanto a mudanças climáticas com secas prolongadas e índice pluviométrico abaixo do esperado bem como a atividades antrópicas como por exemplo cultivo de tilápia em tanques-rede, agricultura, bem como alta demanda hídrica, influenciando negativamente os reservatórios.

## **6. Conclusão**

Os reservatórios monitorados demonstraram que, alguns fatores como o estado trófico o clima de luz subaquático, foram os principais fatores direcionados na dinâmica dos grupos funcionais, conforme indicado pela RDA e demonstrado no índice Q. A redução da qualidade de água em ambos os reservatórios foi observada, estando associada a elevada abstração de água e a redução das chuvas, refletindo na redução drástica de volume dos reservatórios (principalmente em Vaca Brava) e aumento as concentrações de nutrientes.

## **7. Agradecimentos**

Os autores agradecem a Universidade Federal da Paraíba, e o laboratório de limnologia (NULIBAC) e colaboradores, pelo apoio a esta pesquisa realizada.

## 8. Referências Bibliográficas

**AESA Agencia Executiva Gestão de Água do Estado da Paraíba. Disponível em** <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/> Acesso 04 de Julho de 2018.

**APHA-AWWA-WPCF. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater.** 20th ed, American Public Health/ American Water Works Association/ Water Pollution Control Federation, Washington DC, USA, 1998.

BECKER, Vanessa et al. Driving factors of the phytoplankton functional groups in a deep Mediterranean reservoir. **Water research**, v. 44, n. 11, p. 3345-3354, 2010.

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

COLE, Gerald A.; WEIHE, Paul E. **Textbook of limnology.** Waveland Press, 2015.

COSTA, Mariana RA et al. Extreme drought favors potential mixotrophic organisms in tropical semi-arid reservoirs. **Hydrobiologia**, v. 831, n. 1, p. 43-54, 2019.

CROSSETTI, Luciane O.; BICUDO, Carlos E. de M. Phytoplankton as a monitoring tool in a tropical urban shallow reservoir (Garças Pond): the assemblage index application. **Hydrobiologia**, v. 610, n. 1, p. 161-173, 2008.

CROSSETTI, Luciane Oliveira. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica no período de oito anos em ambiente eutrófico raso (Lago das Garças), Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo. **Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo.[Doctoral Dissertation]**, v. 6, n. 56, p. 106, 2006.

DE CASTRO MEDEIROS, Luciana et al. Is the future blue-green or brown? The effects of extreme events on phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake. **Aquatic Ecology**, v. 49, n. 3, p. 293-307, 2015.

HILLEBRAND, Helmut et al. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. **Journal of phycology**, v. 35, n. 2, p. 403-424, 1999.

Instituto Brasileiro de geografia e estatística. Disponível em <https://ibge.gov.br/> Acesso 04 de Julho de 2018.

JEPPESEN, Erik et al. Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity. **Hydrobiologia**, v. 750, n. 1, p. 201-227, 2015.

KRUK, Carla et al. Classification of Reynolds phytoplankton functional groups using individual traits and machine learning techniques. **Freshwater Biology**, v. 62, n. 10, p. 1681-1692, 2017.

LUND, J. W. G.; KIPLING, C.; LE CREN, E. D. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. **Hydrobiologia**, v. 11, n. 2, p. 143-170, 1958.

NASELLI-FLORES, Luigi et al. Equilibrium/steady-state concept in phytoplankton ecology. In: **Phytoplankton and Equilibrium Concept: The Ecology of Steady-State Assemblages**. Springer, Dordrecht, 2003. p. 395-403.

O'FARRELL, Inés; VINOCUR, Alicia; DE TEZANOS PINTO, Paula. Long-term study of bloom-forming cyanobacteria in a highly fluctuating vegetated floodplain lake: a morpho-functional approach. **Hydrobiologia**, v. 752, n. 1, p. 91-102, 2015.

OLIVEIRA, Carlos YB et al. Phytoplankton responses to an extreme drought season: A case study at two reservoirs from a semiarid region, Northeastern Brazil. **Journal of Limnology**, 2019.

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

PASZTALENIEC, Agnieszka; PONIEWOZIK, Małgorzata. Phytoplankton based assessment of the ecological status of four shallow lakes (Eastern Poland) according to Water Framework Directive—a comparison of approaches. **Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters**, v. 40, n. 3, p. 251-259, 2010.

REYNOLDS, C. S.; PADISÁK, Judit; SOMMER, Ulrich. Intermediate disturbance in the ecology of phytoplankton and the maintenance of species diversity: a synthesis. **Hydrobiologia**, v. 249, n. 1-3, p. 183-188, 1993.

REYNOLDS, Colin S. et al. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of plankton research**, v. 24, n. 5, p. 417-428, 2002.

REYNOLDS, Colin S. **The ecology of phytoplankton**. Cambridge University Press, 2006.

ROSA, Ricardo S.; GROTH, Fernando. Ictiofauna dos ecossistemas de brejos de altitude de Pernambuco e Paraíba. **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: História Natural, Ecologia e Conservação. Série Biodiversidade**, v. 9, p. 201-210, 2004.

SAFRIEL, Uriel; ADEEL, Zafar. Development paths of drylands: thresholds and sustainability. **Sustainability Science**, v. 3, n. 1, p. 117-123, 2008.

SALMASO, Nico et al. Phytoplankton as an indicator of the water quality of the deep lakes south of the Alps. **Hydrobiologia**, v. 563, n. 1, p. 167-187, 2006.

SALMASO, Nico; NASELLI-FLORES, Luigi; PADISAK, Judit. Functional classifications and their application in phytoplankton ecology. **Freshwater Biology**, v. 60, n. 4, p. 603-619, 2015.

SALMASO, Nico; PADISÁK, Judit. Morpho-functional groups and phytoplankton development in two deep lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany). **Hydrobiologia**, v. 578, n. 1, p. 97-112, 2007.

SARMENTO, Hugo et al. Phytoplankton and its biotic interactions: Colin Reynolds' legacy to phytoplankton ecologists. **Hydrobiologia**, v. 831, n. 1, p. 1-4, 2019.

SILVA, Ana Paula Cardoso; COSTA, Ivaneide Alves Soares da. Biomonitoring ecological status of two reservoirs of the Brazilian semi-arid using phytoplankton assemblages (Q index). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 1-14, 2015.

SOUZA, Ana Paula de. Avaliação da utilização de índices de integridade biótica do fitoplâncton como ferramenta para estimativa de qualidade da água nos Lagos Paranoá e Descoberto, no Distrito Federal. 2013.

STUYFZAND, Pieter J.; RAAT, Klaasjan J. Benefits and hurdles of using brackish groundwater as a drinking water source in the Netherlands. **Hydrogeology Journal**, v. 18, n. 1, p. 117-130, 2010.

SUN, Jun; LIU, Dongyan. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of plankton research**, v. 25, n. 11, p. 1331-1346, 2003.

TABARELLI, Marcelo; SANTOS, André Mauricio Melo. Uma breve descrição sobre a história natural dos brejos nordestinos. **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba, História Natural, Ecologia e Conservação**, v. 9, p. 17-24, 2004.

TOLEDO JR., A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 12, Camboriú. **Anais...** Camboriú: 1983, p.1-34, 1983

UTERMÖHL, Hans. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik: Mit 1 Tabelle und 15 abbildungen im Text und auf 1 Tafel. **Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Mitteilungen**, v. 9, n. 1, p. 1-38, 1958.

VIEIRA, Priscila Cynara Soares; CARDOSO, Maria Marcolina Lima; COSTA, Ivaneide Alves Soares da. Vertical and temporal dynamics of phytoplanktonic associations and the application of index assembly in tropical semi-arid eutrophic reservoir, northeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 130-144, 2015.

WILLIAMS, William David. Conservation of wetlands in drylands: a key global issue. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 9, n. 6, p. 517-522, 1999.

ZANCO, Barbara Furrigo et al. Phytoplankton functional groups indicators of environmental conditions in floodplain rivers and lakes of the Paraná Basin. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 29, 2017.