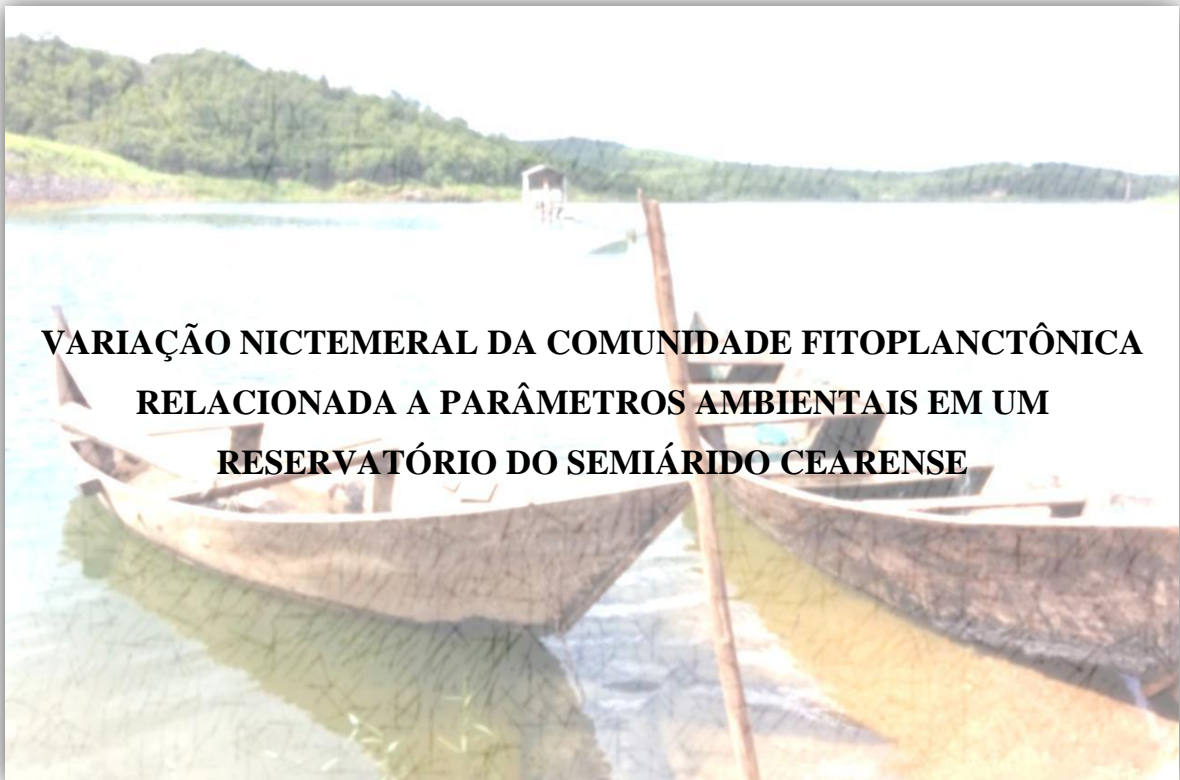


ADJUTO RANGEL JÚNIOR



**VARIAÇÃO NICTEMERAL DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA
RELACIONADA A PARÂMETROS AMBIENTAIS EM UM
RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO CEARENSE**

**CRATO-CE,
2017**



**UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI – URCA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA BIOLÓGICA – DQB**



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOPROSPECÇÃO MOLECULAR – PPBM
MESTRADO ACADÊMICO EM BIOPROSPECÇÃO MOLECULAR**

**VARIAÇÃO NICTEMERAL DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA
RELACIONADA A PARÂMETROS AMBIENTAIS EM UM RESERVATÓRIO
DO SEMIÁRIDO CEARENSE**

ADJUTO RANGEL JÚNIOR

**CRATO – CE,
2017**

ADJUTO RANGEL JÚNIOR

VARIAÇÃO NICTEMERAL DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA
RELACIONADA A PARÂMETROS AMBIENTAIS EM UM RESERVATÓRIO DO
SEMIÁRIDO CEARENSE

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular da Universidade Regional do Cariri (PPBM/URCA), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Biodiversidade

Orientadora: Profa. Dra. Sírléis Rodrigues Lacerda (PPBM/URCA)

Co-orientadora: Profa. Dra. Ivaneide Alves Soares da Costa (PRODEMA/UFRN)

CRATO – CE,
2017

Rangel Júnior, Adjuto.

R196v Variação nictemeral da comunidade fitoplanctônica relacionada a parâmetros ambientais em um reservatório do semiárido cearense/
Adjuto Rangel Júnior. – Crato-CE, 2017

114p.; il.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Bioprospecção Molecular da Universidade Regional do Cariri –
URCA. Área de concentração: Biodiversidade

Orientadora: Profa. Dra. Sírelis Rodrigues Lacerda

Co-orientadora: Profa. Dra. Ivaneide Alves Soares da Costa

1. Microalgas; 2. Cianobactérias; 3. Qualidade da Água;
4. Eutrofização; I. Título.

CDD: 579.83

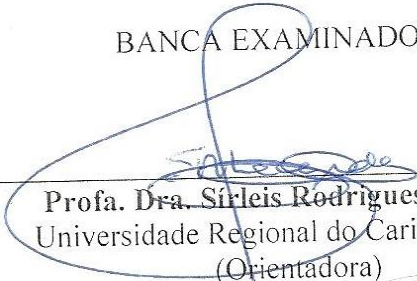
ADJUTO RANGEL JÚNIOR

VARIAÇÃO NICTEMERAL DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA
RELACIONADA A PARÂMETROS AMBIENTAIS EM UM RESERVATÓRIO DO
SEMIÁRIDO CEARENSE

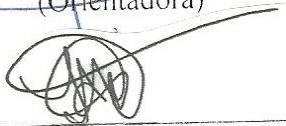
Defesa e Aprovação em 04 de julho de 2017.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular da Universidade Regional do Cariri (PPBM/URCA), analisada e aprovada pela banca examinadora:

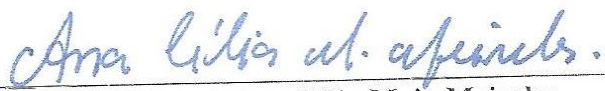
BANCA EXAMINADORA




Prof. Dra. Sirleis Rodrigues Lacerda
Universidade Regional do Cariri – URCA
(Orientadora)




Prof. Dra. Ivaneide Alves Soares da Costa
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
(Co-orientadora)



Prof. Dra. Ana Célia Maia Meireles
Universidade Federal do Cariri – UFCA
(Membro Avaliador Externo)



Prof. Dr. Samuel Cardozo Ribeiro
Universidade Regional do Cariri – URCA
(Membro Avaliador Interno)



Prof. Dr. Allysson Pontes Pinheiro
Universidade Regional do Cariri – URCA
(Membro Avaliador Suplente)

“(...) É saber se sentir infinito
Num universo tão vasto e bonito
É saber sonhar
E, então, fazer valer a pena cada verso
Daquele poema sobre acreditar

Não é sobre chegar no topo do mundo
E saber que venceu
É sobre escalar e sentir
Que o caminho te fortaleceu
É sobre ser abrigo
E também ter morada em outros corações
E assim ter amigos contigo
Em todas as situações (...)

*Que a vida é trem-bala, parceiro
E a gente é só passageiro prestes a partir.”*

(Trem-bala, Ana Viela).

Sempre foi e sempre será por vocês meus pais,
Adjuto Rangel Neto e Francisca Beatriz de Almeida Rangel.
Cada passo dado, cada conquista realizada por mim, reflete o amor, carinho e
incentivo que emana diariamente de seus corações.
Então, com todo o meu amor, a vocês eu dedico!

OFEREÇO,

À *Karla Jaqueline do Nascimento*, seu carinho e inestimável ajuda, muito contribuiu com a finalização desta importante etapa da minha vida.

Sou e serei sempre grato a ti.

AGRADECIMENTOS

Instituições:

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico –
FUNCAP

Ao Departamento de Química Biológica da Universidade Regional do Cariri –
DQB/URCA

Ao Departamento de Microbiologia e Parasitologia da Universidade Federal do Rio
Grande do Norte – DMP/UFRN

Orientadores:

À Profa. Dra. Sírleis Rodrigues Lacerda

À Profa. Dra. Ivaneide Alves Soares da Costa

Deus em sua infinita bondade sempre se fez presente em minha vida, em todas às vezes que tropecei em suas mãos encontrei apoio para levantar-me. “Louvado seja Deus, que não rejeitou minha oração nem afastou de mim o seu amor, (Salmo 66: 20)”. Externo aqui os meus sentimentos de gratidão, por todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que este sonho pudesse torna-se realidade:

Aos meus grandes heróis *Adjuto Rangel Neto* e *Francisca Beatriz de Almeida Rangel* por serem minha base sólida, pelo apoio, carinho incondicional e por nunca terem desistido de mim. Hoje celebro esta vitória pelo simples fato de tê-los comigo, sabendo eu que não há palavras que externe o meu sentimento de gratidão por vocês, posso simplesmente reafirmar que lhes amarei para toda minha vida. Grato por tudo!

Aos meus irmãos *Judson Rangel* e *Jeffersson Rangel* por compartilhar comigo esta caminhada sendo um alicerce de amor e de otimismo. Mesmo diante das dificuldades da vida com vocês eu sei e me sinto forte para superar qualquer obstáculo. Meu amor e admiração por vocês só cresce a cada dia. Grato por tudo!

Aos meus avós *José Morais* e *Terezinha Rangel; Expedito Vicente* (in memoriam) e *Maria Beatriz* pelo amor e incentivo que recebo de vocês, me alegrando e me dando forças para batalhar todos os dias da minha vida. Grato por tudo!

A profa. ***Dra. Sírléis Rodrigues Lacerda*** não só pela oportunidade que me proporcionaste durante todos esses anos de crescimento profissional, mas pela forma como sempre me trataste, pelo seu carinho verdadeiro, ensinamentos pessoais que pude adquirir, por me fazer acreditar e por tornar este sonho realidade. Acima de tudo por ter acreditado em mim e nunca ter me abandonado. Saiba que os seus ensinamentos me acompanharam por onde quer que os ventos da vida me leve. Grato por tudo!

A profa. ***Ms. Elaine Cristina Conceição de Oliveira*** pela sua contribuição com a minha formação profissional desde a época da graduação e seu incentivo durante esta importante etapa da minha vida. Grato por tudo!

A profa. ***Dra. Francileide Vieira Figueiredo*** pelo seu papel fundamental durante o meu curso de mestrado e pela sua receptividade me abrindo as portas de seu lar durante a minha primeira ida às terras potiguaras. Agradeço-lhe por ter sido uma ponte entre mim e o mundo de conhecimentos que pude adquirir na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Grato por tudo!

A profa. ***Dra. Ivaneide Alves Soares da Costa*** por ter aceitado dividir seus conhecimentos comigo, ter confiado em mim sem mesmo me conhecer me abrindo as portas da UFRN e me dando acesso e suporte a tudo que necessitei para realização deste trabalho. Agradeço-lhe também pelo seu carinho que acalmava meu coração nos dias em que a saudade de casa apertava. Grato por tudo!

Aos meus amigos ***Alexandre Garcia, Layana Alves e Priscila Sousa*** por terem me recebido na UFRN de braços abertos, terem compartilhado das minhas dúvidas e angústias e terem tornado cada dia único e especial. Pessoas que a vida me trouxe de presente e que guardo cada um em lugar especial dentro do meu coração. Grato por tudo!

A ***Francisco Fernando e Helenice Alexandra*** por terem aberto as portas de seu lar durante os quase três meses que precisei passar em Natal, por terem me acolhido como um terceiro filho durante todos esses dias me tratando com muito carinho e amor. Grato por tudo!

Aos meus primos ***Jonhattan Rangel e Gabrielle Rangel*** vocês são para mim muito mais que primos, são irmãos de coração, crescemos juntos. Não há palavras que expresse o que eu sinto por vocês, então lhes agradeço pelos bons dias que convivemos, por sonharem comigo e festejarem esta vitória ao meu lado. Grato por tudo!

Ao meu amigo e colega de mestrado **Charles Sousa** e sua namorada e amiga **Talitha Rochanne** pelo carinho e respeito mútuo partilhado durante esta caminhada. Tenho vocês em um lugar especial no meu coração. Grato por tudo!

As minhas amigas (e vizinhas) **Gisele Joisck**, **Karoline Siqueira**, **Luana Miriam** e **Marina Micaelle** por todo carinho recebido e por poder partilhar da amizade de vocês, conversas e risos. Guardo cada uma de vocês em um lugar especial no meu coração. Grato por tudo!

Aos meus amigos **Vawilson Dias** e **Phyamma Cardozo**; **Ronald Feitosa** e **Rômulo Feitosa** por estarem comigo não só nas “noites de açaí”, mas também por serem pessoas verdadeiras e por festejarem e vibrarem juntos comigo esta conquista. Tenho um grande carinho por cada um. Grato por tudo!

As minhas primas, amigas e irmãs **Anne Rangel** e **Samara Rangel** por terem compartilhado comigo de aflições e alegrias que se fizeram presentes nesta caminhada. Meu coração se alegra por ter vocês fazendo parte do meu dia a dia. **Anne Rangel** te desejo tudo de melhor e que nosso bebê venha com muita saúde, saiba que esse titio babão já o ama muito. Grato por tudo!

As minhas amigas de graduação que me acompanharam nessa batalha e que com certeza estarão comigo para toda a vida **Kyhara Soares**, **Jessica Damasceno**, **Danielle Rodrigues** e **Carla de Fátima** por se fazerem presentes, continuando a perseverar junto a mim em busca de novos sonhos. Grato por tudo!

Aos amigos do Laboratório de Botânica (LaB/URCA) embora alguns já não estejam mais presentes no nosso dia a dia, a ajuda de vocês muito contribuiu com o andar desta pesquisa e minha formação profissional, então lhes agradeço: **Aline Rodrigues**, **Ana Maria**, **Cihelio Alves**, **Elizângela Ricarte**, **Gabriel Messias**, **Joice Guimarães**, **Maraiza Gregório** e **Matheus Pereira** por todos os momentos especiais, pelas risadas e acontecimentos diários. Grato por tudo!

Aos amigos que o Laboratório pode me presentear para uma vida além das paredes e do mundo universitário: **Andréa Sampaio**, **Anne Rangel**, **Fernanda Cavalcante**, **Hildete Rodrigues**, **Karla Jaqueline**, **Maria Irismã**, **Marília Muryel**, **Renato Juciano** e **Soraia Macêdo** tudo que pude aprender com vocês sempre irá me acompanhar, então lhes agradeço pela amizade, momentos especiais que vivemos, conselhos quando necessitei e pela disposição em me ajudar sempre. Grato por tudo!

Aos professores **Dr. Allysson Pontes Pinheiro**, **Dra. Maria Flaviana Bezerra Moraes Braga** e **Dra. Marta Maria de Almeida de Sousa** por todas as contribuições

sugeridas para o aperfeiçoamento deste trabalho durante o exame de qualificação. A banca de defesa, ***Dra. Ana Célia Maia Meireles, Dr. Samuel Cardozo Ribeiro e Dr. Allysson Pontes Pinheiro*** por aceitar avaliar e desta forma colaborar ainda mais com a melhoria deste trabalho.

À Universidade Regional do Cariri (URCA) em nome do corpo docente da Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular (PPBM) por todo o aprendizado adquirido durante minha formação em nível de mestrado. À coordenação do curso, em nome das Secretárias ***Andecile Rolim e Manuele Fernandes*** por toda disponibilidade e apoio. Ao Motorista ***“Seu” Brito*** pela disponibilidade, gentileza e paciência durante os dias de campo.

Ao Laboratório de Limnologia e Aquicultura (LLA/URCA), em nome do prof. ***Ms. Hênio do Nascimento Melo Júnior*** e ao Laboratório de Crustáceos do Semiárido (LACRUSE/URCA), em nome do professor ***Dr. Allysson Pontes Pinheiro*** e dos mestrandos e amigos ***Caio Oliveira, Lucineide dos Santos e Rayury Shimizu*** pela colaboração e presteza para que este trabalho pudesse se concretizar. Obrigado por tudo!

A Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado Ceará (COGERH/CRATO), em nome de seu Gerente Regional ***Alberto Medeiros***, do Engenheiro Civil ***Otacílio Correia***, da Secretária ***Ana Paula*** e do Barqueiro ***J. Marcílio***, pela presteza e colaboração no fornecimento de materiais e dados os quais possibilitaram a realização e finalização desta pesquisa. Grato por tudo!

“É preciso tentar não sucumbir sobre o peso de nossas angústias, e continuar a lutar”.

Harry Potter e o Enigma do Príncipe.

RESUMO

A região semiárida é caracterizada pela irregularidade na distribuição das chuvas e a construção de reservatórios surge como alternativa para a demanda de água em épocas de estiagem. Nesse sentido é importante entender o funcionamento destes sistemas, sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a estrutura e dinâmica de distribuição da comunidade fitoplanctônica associada a componentes físico-químicos em um reservatório artificial, localizado no Município de Várzea Alegre/CE, no sentido de fornecer informações sobre o estado trófico e qualidade da água. Realizaram-se duas campanhas em escala nictemeral (24 horas), abrangendo dois períodos sazonais distintos, seco (10 e 11/nov./2015) e chuvoso (07 e 08/mar./2016). As amostras de água para análises físico-químicas, fitoplâncton total e clorofila *a* foram obtidas no ponto da captação de água em três diferentes profundidades do reservatório. Valores de temperatura do ar e da água, transparência, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos foram obtidos em campo, e os de clorofila *a* em laboratório. Para a análise qualitativa da composição fitoplanctônica, as amostras foram coletadas por meio de arrastos horizontais com rede de plâncton (20 μ m) na subsuperfície da água e preservadas com formol neutro a 4%, para a quantificação, as amostras foram coletadas em cada estrato da coluna d'água, sendo fixadas com lugol acético a 1%. As análises e contagens seguiram o método estabelecido por Utermöhl, utilizando-se microscópio invertido e câmaras de sedimentação. Os resultados foram expressos na forma de densidade a partir do qual se estabeleceu alguns atributos para comunidade fitoplanctônica: espécies descritoras, frequência de ocorrência, dominância e abundância, riqueza específica, índices de diversidade e equidade. A qualidade da água foi avaliada com base na Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), pela Portaria Nº 2914/2011, do Ministério da Saúde (MS) e através do índice de comunidade fitoplanctônica estabelecido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). O Reservatório Olho D'Água foi considerado como meso/eutrófico com qualidade da água ruim, exibindo estratificação térmica e perfil de oxigênio dissolvido clinogrado em ambos os períodos estudados. Os maiores valores de transparência da água, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e clorofila *a* foram observados durante o período seco. As análises estatísticas mostraram que a panorama geral de variação dos fatores ambientais coletados apresentou interpretações principalmente associadas ao fator sazonal amostrado durante o período de estudo. A comunidade fitoplanctônica esteve representada por 85 táxons distribuídos em 10 classes, 13 ordens, 24 famílias e 55 gêneros, sendo Cyanophyceae e Chlorophyceae às classes mais representativas. Em relação à variação espacial observou-se uma distribuição uniforme do fitoplâncton na coluna d'água, no entanto a análise sazonal mostrou que a maioria dos táxons ocorreu no período chuvoso. A classe fitoplanctônica que mais se destacou durante todo o estudo em termos de densidade foi Cyanophyceae (média de 98%) com predomínio no período seco, influenciando assim o número de táxons descritores, dominantes, abundantes, frequentes e os índices de diversidade e equidade durante todo estudo. Foram registradas florações mistas de espécies potencialmente tóxicas como *Aphanocapsa*, *Planktolyngbya* e *Microcystis*, sinalizando a necessidade de um estudo continuado. Desta forma este trabalho tem um sentido de continuidade e permanência de ações junto à população na busca de um estabelecimento de uma cidadania ambiental.

Palavras-chave: Microalgas; Cianobactérias; Qualidade da Água; Eutrofização.

ABSTRACT

The semi-arid region is characterized by irregularity of distribution of rain and the construction of reservoirs appears as an alternative for the demand of water in drought times. For that matter, it is important to understand the performance of these systems, therefore the objective of this study was to evaluate the structure and dynamics of distribution of the phytoplankton community associated to physicochemical components in an artificial reservoir, located in the town of Várzea Alegre/CE, in order to provide information about the trophic state and water quality. It was conducted two campaigns in diurnal scale (24 hours), covering two different seasonal periods, dry (Nov./10th and 11th/2015) and rainy (Mar./7th and 8th/2016). The samples of water for physicochemical analysis, total phytoplankton and a-chlorophyll were obtained in the point of water capture in three different depths of reservoirs. Air and water temperature values, transparency dissolved oxygen, pH, electrical conductivity and total dissolved solids were obtained in the field, and the a-chlorophyll ones in laboratory. For the qualitative analysis of the composition of the phytoplankton, the samples were collected by means of horizontal trawls with plankton net (20µm) in the surface of water and preserved with neutral formalin by 4%, for the quantification, the samples were collected in each stratum of water column, being fixed with acetic lugol by 1%. The analysis and scores followed the method established by Utermöhl, using inverted microscope and sedimentation chambers. The results were expressed in the form of density from what were established some attributes for the phytoplanktonic community: descriptors species, frequency of occurrence, dominance and abundance, specific wealth, diversity and equity index. The quality of water was evaluated according to the Resolution 357/2005 of National Council of Environment (CONAMA), by the decree nº 2914/2011, of Health Ministry (MS) and through the phytoplanktonic community index established by the Environmental Company of State of São Paulo (CETEBSP). The Olho D'Água reservoir was considered like meso-eutrophic with bad water quality, exhibiting thermal stratification dissolved oxygen profile in both periods investigated. The biggest values of water transparency, electric conductivity, total dissolved solids and a-chlorophyll were observed during the drought time. The statistic analysis showed that the big picture of variation of environmental factors collected revealed interpretations mainly associated to the seasonal factor showed during the study. The phytoplanktonic community was represented by 85 taxon distributed in 10 classes, 13 orders, 24 families and 55 genders, in which Cyanophyceae e Chlorophyceae were the most representative classes. In relation to the special variation, it was observed an even distribution of phytoplankton in the water column, however the seasonal analysis showed that most of the taxons occurred in the rainy period. The phytoplankton class that more stood out during all the study in terms of density was Cyanophyceae (98% average), with predominance in the dry period, influencing thus the number of taxons descriptors, dominant, abundant, frequent and the diversity and equity index during all the study. It was registered mixed flowerings of species potentially toxic, like *Aphanocapsa*, *Planktolyngbya* e *Microcystis*, signaling the need of a continued study. Therefore, this study has a sense of continuity and permanency of actions along with the population in search of an establishment of an environmental citizenship.

Keywords: Micro-algae; Cyanobacteria; Water quality; Eutrophication.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Percentual referente à quantidade de trabalhos realizados com a comunidade fitoplanctônica em reservatórios dos estados da Região Nordeste (Semiárido Brasileiro), no período de 2000 a 2016. 26
- Figura 2** – Vista parcial do Reservatório Olho D’Água, Município de Várzea Alegre-CE. 37
- Figura 3** – Localização geográfica do Reservatório Olho D’Água, Município de Várzea Alegre-CE. 39
- Figura 4** – Variação na pluviosidade (normal e observada) e no volume do Reservatório Olho D’Água, Município de Várzea Alegre-CE, referente ao período de janeiro de 2015 a dezembro de 2016. 52
- Figura 5** – Distribuição das espécies fitoplanctônicas (%), por classes identificadas no Reservatório Olho D’Água, Município de Várzea Alegre-CE, durante a variação nictemeral/sazonal 56
- Figura 6** – Densidade de Cyanophyceae (cel./mL^{-1}) durante o estudo nictemeral/sazonal no Reservatório Olho D’água, Município de Várzea Alegre-CE, comparada aos níveis aceitáveis pela resolução do CONAMA 357/2005 e pela Portaria N° 2.914 do Ministério da Saúde (MS) de 2011. 62
- Figura 7** – Variação nictemeral/sazonal nos valores do Índice de Riqueza de espécies fitoplanctônicas durante o período de estudo no Reservatório Olho D’Água, Município de Várzea Alegre-CE. 71
- Figura 8** – Índice de Diversidade Específica (Shannon e Wiener – H') e Equitabilidade (Lloyd e Ghelardi – J') das espécies fitoplanctônicas identificadas no Reservatório Olho D’Água, Município de Várzea Alegre-CE, durante a variação nictemeral/sazonal. 72
- Figura 9** – Índice de Diversidade Específica (Shannon e Wiener – H') e Dominância (Simpson – DS') das espécies fitoplanctônicas identificadas no Reservatório Olho D’Água, Município de Várzea Alegre-CE, durante a variação nictemeral/sazonal. 72
- Figura 10** – Biplot das duas primeiras componentes principais dos dados de fatores ambientais amostrados durante a variação nictemeral/sazonal, seco (quadrados) e chuvoso (círculos), respectivamente. 75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características técnicas do Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE.....	38
Tabela 2 – Classificação do Estado Trófico (IET) segundo o Índice Carlson, modificado por Toledo Jr. et al. (1984).....	47
Tabela 3 – Classificação do Índice de Comunidade Fitoplanctônica (ICF), conforme ponderação (1 a 4), níveis estabelecidos e categorias, conforme CETESB (2016).....	48
Tabela 4 – Variáveis limnológicas (físico-químicas e clorofila <i>a</i>) nas diferentes profundidades no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE, durante a variação nictemeral/sazonal.....	55
Tabela 5 – Sinopse dos táxons inventariados no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE, durante a variação nictemeral/sazonal.....	58
Tabela 6 – Distribuição da densidade (cel./mL^{-1}) por classes fitoplanctônicas durante a variação nictemeral/sazonal e nas diferentes profundidades amostradas para o Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE.....	61
Tabela 7 – Espécies descritoras com base na porcentagem de contribuição em densidade relativa (%) no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE.	63
Tabela 8 – Frequência de ocorrência dos táxons registrados no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE, durante a variação nictemeral/sazonal.....	65
Tabela 9 – Valores de Riqueza (R), dos Índices de Diversidade (H'), Equitabilidade (J') e Dominância (DS') estimada a partir da densidade (cel./mL^{-1}), durante a variação nictemeral/sazonal no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE...	70
Tabela 10 – Índice de Estado Trófico para as variáveis da Profundidade de Secchi (IET – S), Clorofila <i>a</i> (IET – CL), a média (IET – Médio) e sua classificação para o Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE, durante a variação nictemeral/sazonal.	73
Tabela 11 – Análise de Componentes Principais para os dados de fatores ambientais amostrados durante a variação nictemeral/sazonal.....	74

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRACT	xi
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	xii
LISTA DE TABELAS	xiii
1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	19
2.1. Objetivo Geral	19
2.2. Objetivos Específicos	19
3. HIPÓTESE	20
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
4.1. Semiárido Brasileiro: Perspectivas de um Cenário Demarcado pela Seca.....	21
4.2. Florescimento de Algas e Cianobactérias: Causas e Consequências	23
4.3. Estudos com Ênfase no Fitoplâncton em Reservatórios do Nordeste Brasileiro	25
4.3.1. Estudos Realizados no Estado do Pernambuco, Nordeste, Brasil	26
4.3.2. Estudos Realizados no Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste, Brasil	31
4.3.3. Estudos Realizados no Estado do Ceará, Nordeste, Brasil.....	33
4.3.4. Estudos Realizados nos Demais Estados da Região Nordeste, Brasil.....	35
5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	37
6. MATERIAL E MÉTODOS	41
6.1. Amostragens e Variáveis Limnológicas	41
6.2. Coleta e Análise das Amostras Fitoplanctônicas.....	42
6.2.1. Estudo Qualitativo	42
6.2.2. Estudo Quantitativo (Fito Total)	43
6.3. Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica	44

6.3.1. Riqueza.....	44
6.3.2. Espécies Descritoras da Comunidade.....	44
6.3.3. Espécies Dominantes e Abundantes	44
6.3.4. Frequência de Ocorrência das Espécies.....	45
6.3.5. Índice de Diversidade (H') ($\text{bits} \cdot \text{cel}^{-1}$).....	45
6.3.6. Índice de Equitabilidade (J').....	46
6.3.7. Índice de Dominância (DS').....	46
6.4 Índice de Estado Trófico (IET).....	46
6.5 Índice de Comunidade Fitoplanctônica (ICF)	47
6.6 Análises Estatísticas	48
6.7. Normatização do Trabalho	51
7. RESULTADOS	52
7.1. Descritores Climatológicos: Pluviosidade e Volume do Reservatório.....	52
7.2. Descritores Limnológicos.....	52
7.3. Descritores Biológicos.....	56
7.3.1 Composição Fitoplanctônica e Variação Espaço-Temporal.....	56
7.3.2. Densidade Fitoplanctônica ($\text{cel} \cdot \text{ml}^{-1}$).....	61
7.3.3. Espécies Descritoras, Dominantes e Abundantes.....	63
7.3.4. Frequência de Ocorrência das Espécies.....	64
7.3.5. Riqueza, Índices de Diversidade, Equitabilidade e Dominância.....	70
7.4. Índice de Estado Trófico (IET) e Índice de Comunidade Fitoplanctônica (ICF)....	73
7.5. Análise de Componentes Principais (ACP) e Correlação Canônica (ACC)	74
8. DISCUSSÃO	77
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
10. REFERÊNCIAS	91
11. ANEXOS	106

1. INTRODUÇÃO

A escassez de água representa um importante entrave no desenvolvimento social e econômico das populações rurais, e dentre elas, as do semiárido do Nordeste do Brasil, sua disponibilidade encontra-se reduzida e caracterizada por diferenças marcantes entre o período seco e o chuvoso. A qualidade da água nos ecossistemas lacustres depende em grande parte dos processos bióticos, abióticos e antropogênicos, sendo estes ambientes abastecidos permanentemente por matéria orgânica proveniente dos ecossistemas terrestres, incluindo aquelas produzidas pelas atividades humanas (ZALEWISKI, 2002; SILVA et al., 2006).

A região semiárida é caracterizada pela irregularidade na distribuição das chuvas e está exposta a longos períodos de estiagem. Para solucionar os problemas advindos da seca, foram construídas barragens (reservatórios e açudes) para fins de irrigação e perenização dos rios (BARBOSA; FRANÇA, 2011). A construção de reservatórios é uma solução para os problemas associados às necessidades de água, garantindo a disponibilidade na estação seca, no entanto, fatores bióticos que influenciam esses reservatórios, como altas temperaturas e evapotranspiração, junto com o despejo de esgotos domésticos e industriais, podem causar a eutrofização desses reservatórios principalmente os localizados no Nordeste brasileiro (DANTAS et al., 2008).

Entre as diversas comunidades biológicas que habitam os ecossistemas aquáticos destaca-se o fitoplâncton, por sua importância na cadeia alimentar como produtores primários (MONTEIRO; NASCIMENTO; MOURA, 2007). É importante ressaltar que sua presença na água doce constitui um elemento importante para avaliação das condições ambientais. A composição taxonômica e a diversidade da comunidade fitoplanctônica são utilizadas para avaliar a saúde do ambiente e inferir as prováveis causas de danos ecológicos (GENTIL; TUCCI; SANT'ANNA, 2008).

O fitoplâncton é definido por Reynolds (1984) como um grupo polifilético de microrganismos fotossintetizantes (cianobactérias, algas e algumas bactérias fotossintetizantes) em suspensão nos ambientes aquáticos e sujeito ao movimento passivo provocado por ventos e correntes. Além de uma grande diversidade de espécies, há também uma ampla variedade de formas e tamanhos entre esses organismos (REYNOLDS, 2006). O fitoplâncton é essencial para a ecologia e processos biogeoquímicos de ecossistemas continentais e marinhos, constituindo a base de quase

todas as cadeias tróficas nos ambientes aquáticos (ARRIGO, 2005).

As fontes geradoras de impactos nos ecossistemas aquáticos podem ser pontuais, isto é, introduzidas por lançamentos individualizados, como os despejos de esgotos sanitários ou de efluentes industriais e fontes não pontuais ou difusas por não advirem de um ponto preciso de geração como as oriundas de campos agrícolas, explorações pecuárias, e de drenagem urbana. A não redução das fontes pontuais e não pontuais de esgoto leva ao processo de eutrofização (MORAES, 2009). A contínua interferência das atividades humanas nos sistemas aquáticos tem produzido impactos como a eutrofização artificial desses ambientes, com consequências para a qualidade da água, a biota aquática e o funcionamento de lagos, rios e reservatórios (BARBOSA; FRANÇA, 2011).

A eutrofização é o processo através do qual pode ser causado pelo acúmulo excessivo de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, macronutrientes indispensáveis para o crescimento dos produtores primários (cianobactérias, algas e macrófitas) (CALIJURI; ALVES; SANTOS, 2006; ESTEVES, 2011). Esse fenômeno tem como principal consequência o desenvolvimento excessivo dos organismos fitoplanctônicos. Esse aumento acelerado e abundante do fitoplâncton, com formação de florações ou “blooms” de densas massas flutuantes de algas e cianobactérias na superfície da água causam profundas alterações na qualidade da água e na sua biota (BITTENCOURT-OLIVEIRA; MOLICA, 2003).

A análise dos componentes do fitoplâncton, sua identificação e quantificação são de grande interesse para avaliar as condições ecológicas de um ecossistema aquático, prevenir ou controlar situações indesejáveis ou incompatíveis com a finalidade de utilização de um determinado manancial (CETESB, 2005; 2012). De acordo com Lira, Bittencourt-Oliveira e Moura (2009), os estudos com organismos fitoplanctônicos em mananciais utilizados para o abastecimento público tem demonstrado significativos avanços no diagnóstico da qualidade de suas águas, abrangendo, sobretudo duas áreas, análises taxonômicas e investigações ecológicas.

Muitas são as necessidades fisiológicas e as respostas às quais levam às mudanças na estrutura e composição da comunidade fitoplanctônica (CALIJURI et al., 2002). Estas mudanças são rápidas, uma vez que este grupo apresenta um breve ciclo de vida, de dias e até mesmo horas, fazendo com que sejam formadas muitas gerações em um curto espaço de tempo. Uma das formas de entender a dinâmica fitoplanctônica nos ecossistemas tropicais em curtos intervalos se dá a partir do estudo da variação

nictemeral, pois muitas vezes, um ciclo de 24 horas tem maior influência do que um ciclo anual (BOZELLI et al., 1990).

O estudo das variáveis físico-químicas de um ecossistema aquático, juntamente com a avaliação das condições climáticas, é fundamental para um melhor entendimento das alterações na estrutura da comunidade fitoplanctônica (SANT'ANNA; GENTIL; SILVA, 2006). Nesse sentido, torna-se importante conhecer quais desses fatores influenciam de fato esta comunidade, tanto no período seco quanto no período chuvoso (CHELLAPPA; COSTA, 2003).

Vários estudos no Nordeste brasileiro vêm mostrando as associações das variáveis limnológicas com a comunidade fitoplanctônica em reservatórios de abastecimento público, a fim de subsidiar o monitoramento dos mesmos (CHELLAPPA et al., 2007; CHELLAPPA, BORBA; ROCHA, 2008; DANTAS et al., 2008; 2009; CAMPECHE et al., 2009; CHELLAPPA; CÂMARA; ROCHA 2009; CORDEIRO-ARAÚJO et al., 2010; MOLISANI et al., 2010; DANTAS; BITTENCOURT-OLIVEIRA; MOURA, 2012; LIRA et al., 2011; 2014; SILVA; COSTA, 2015; VIEIRA; CARDOSO; COSTA, 2015).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a estrutura e dinâmica de distribuição da comunidade fitoplanctônica associada a componentes físico-químicos no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE, no sentido de contribuir com estudos ecológicos na região semiárida, fornecendo assim subsídios para o monitoramento e tomada de decisões para melhoria de qualidade de água deste reservatório.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a dinâmica da comunidade fitoplanctônica nos gradientes espacial (vertical) e temporal (nictemeral/sazonal);
- Analisar as mudanças nictemerais e sazonais na estrutura da comunidade fitoplanctônica, por meio do reconhecimento de espécies descritoras, dominantes, abundantes, raras, da riqueza, da diversidade específica e da equidade;
- Caracterizar o perfil limnológico, bem como fornecer dados sobre o estado trófico do reservatório estudado;
- Avaliar a qualidade da água, com base na densidade de cianobactérias e nos valores de oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos e clorofila *a* estabelecidos pela Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e pela Portaria N° 2914/2011, do Ministério da Saúde (MS).

3. HIPÓTESE

Hipótese Nula (H_0): Há uma ausência de relação da dinâmica da comunidade fitoplanctônica com as condições temporais e das características abióticas do ambiente, em reservatórios localizados na região semiárida;

Hipótese Alternativa (H_1): A dinâmica da comunidade fitoplanctônica sofre influência temporal e das características abióticas do ambiente, sobretudo em reservatórios localizados na região semiárida.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Semiárido Brasileiro: Perspectivas de um Cenário Demarcado pela Seca

A região do semiárido brasileiro se estende por uma área de 969.589 km e inclui os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, Sudeste do Piauí, Oeste de Alagoas e Sergipe, região central da Bahia e uma faixa que se estende em Minas Gerais, seguindo o Rio São Francisco, juntamente com um enclave no vale seco da região média do rio Jequitinhonha (BRASIL, 2005).

A região semiárida é representada por uma grande variedade de paisagens e ambientes, sendo esta característica marcante. A vegetação predominante é a Caatinga e está distribuída em 17 grandes unidades de paisagens, que por sua vez estão subdivididas em 105 unidades geoambientais (RODAL; SAMPAIO, 2002).

O relevo da região é muito variável, o que contribui para o elevado número de grandes unidades de paisagem. A altitude média fica entre 400 e 500 m, mas pode atingir 1.000 m. Ao redor de 37% da área é de encostas com 4 a 12% de inclinação e 20% de encostas têm inclinação maior do que 12%, o que determina presença marcante de processos erosivos nas áreas antropizadas (SILVA, 2000).

A maior parte da região está inserida na Depressão Sertaneja que constitui uma superfície de pediplanação (depressão periférica do São Francisco) na qual ocorrem cristas e outeiros residuais (JACOMINE, 1973). Não são observados grandes inselbergues, sendo as fases mais movimentadas do relevo observadas em encostas onde a formação geológica parece ser mais rica em quartzo e quartzito, que são mais resistentes à erosão (BURGOS; CALVACANTE, 1990).

A precipitação pluviométrica do semiárido brasileiro é marcada pela variabilidade espaço-temporal, que, associada aos baixos totais anuais sobre a região, resulta na frequente ocorrência de dias sem chuva, ou seja, verânicos, e conseqüentemente, em eventos de “seca” (COGERH, 2010). De acordo com Marengo (2006), o semiárido brasileiro sempre foi acometido de grandes eventos extremos de secas, contudo, não é rara a ocorrência de grandes enchentes. Esses eventos estão diretamente associados à produção agropecuária, sendo os principais responsáveis pelo sucesso, ou não, dessa importante atividade na região.

Segundo Vieira e Gondim Filho (2006) uma das características marcantes da região semiárida é a presença de eventos hidrológicos extremos frequentes: secas e cheias. O acesso a fontes abundantes de água sempre foi essencial para o desenvolvimento das civilizações humanas. Água não é apenas um requisito para a nutrição humana, mas também para a agricultura e pecuária nacional (LOWE; PAN, 1996).

Para minimizar os efeitos das estiagens a construção de barragens e reservatórios (açudes) foi adotada como política pública de “combate à seca” no Nordeste e foi iniciada na época do Império, por D. Pedro II com a construção do açude do Cedro, localizado no município de Quixadá, estado do Ceará. Os açudes do semiárido brasileiro estão submetidos a variações de suas características físico-químicas e biológicas que estão relacionadas aos períodos de chuva e estiagem. Esses reservatórios são importantes porque representam um fator de grande potencial econômico e social para a região. Nos períodos de estiagem os açudes desempenham a função de agregar as atividades humanas, como irrigação, dessedentação dos animais, recreação e consumo humano, entre outras (ANA, 2016).

As barragens, represas ou reservatórios são considerados como lagos artificiais, pois são originários de uma barragem construída no curso de um rio para retenção de água (COSTA et al., 2010). De acordo com Odum (1988), reservatórios são sistemas abertos que fazem parte de um sistema maior, a sua bacia hidrográfica. O funcionamento desses sistemas e sua estabilidade relativa dependem das taxas de entrada e saída de água, de materiais e de organismos provenientes de outras áreas da bacia.

Assim, a qualidade da água armazenada é comprometida devido aos efeitos da poluição antropogênica nas bacias nordestinas que é intensa. Dentre as consequências desses impactos destaca-se a eutrofização, que é definida como o aumento de nutrientes no corpo aquático, nitrogênio e fósforo principalmente, resultando no crescimento e florações de algas. O aumento da produção primária, devido a processos de eutrofização artificial, tem efeitos imediatos sobre os consumidores secundários, e muitas espécies apresentam redução no número de indivíduos ou desaparecem totalmente, sendo substituídos por outras espécies que passam a dominar quantitativamente (TUNDISI, 2003; ESTEVES, 2011).

Em função da eutrofização, muitos reservatórios e lagos no mundo já perderam sua capacidade de abastecimento de populações, de manutenção da vida aquática e de

recreação (FIGUEIRÊDO et al., 2007). Apesar de serem considerados de extrema importância para o desenvolvimento socioeconômico regional, em função dos múltiplos usos associados, a maioria dos reservatórios da região semiárida do nordeste brasileiro encontra-se em estado eutrófico ou hipereutrófico (LAZZARO et al., 2003).

O processo de eutrofização tem como principal consequência a proliferação excessiva de organismos fitoplanctônicos, fenômeno este denominado de floração ou “bloom”, ocorrendo, nestas florações, um maior desenvolvimento da classe das cianobactérias (CETESB, 2013). Estas florações ou “blooms” se caracterizam pelo intenso crescimento desses microrganismos na superfície da água, formando uma densa camada de células com vários centímetros de profundidade, com consequências relacionadas com a saúde pública (AZEVEDO, 1998).

A avaliação do estado trófico de ecossistemas aquáticos pode ser adotada como instrumento de gestão de recursos hídricos, uma vez que contribui para o entendimento da resposta biológica ao incremento de nutrientes nesses ambientes (CUNHA et al., 2008). Alguns critérios para determinação do estado trófico do ecossistema aquático são: as concentrações de oxigênio dissolvido, transparência da água (disco de Secchi), composição do fitoplâncton, concentração de nutrientes, medidas de biomassa (clorofila *a*) e medidas de produção orgânica (BARBOSA et al., 2006; LAMPARELLI, 2004).

4.2 Florescimento de Algas e Cianobactérias: Causas e Consequências

Em águas interiores podem ser encontrados representantes de praticamente todos os grupos de algas (clorofíceas, euglenofíceas, diatomáceas, dinoflagelados e cianobactérias). A predominância de um ou outro grupo em determinado ecossistema é função, principalmente, das características predominantes do meio (ESTEVES, 2011). A remoção de CO₂ e NO por microalgas pode ser um dos mais eficientes processos de redução desses gases, sem a necessidade de mudanças radicais na matriz energética mundial e nas atividades produtivas (MORAIS; COSTA, 2008).

Para Faria (2010), as espécies que melhor caracterizam as condições físicas e químicas do ambiente, são as dominantes e abundantes, devido ao seu desenvolvimento em densidades mais elevadas, podendo dessa forma, serem consideradas espécies descritoras do ambiente.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2013) classifica as florações em dois tipos: as denominadas "scums", ou natas, que se caracteriza por apresentar elevada concentração de clorofila *a*, podendo durar de poucas horas ou dias e tendo espessura de poucos milímetros, e as "hyperscums" que tem por características apresentar-se como uma massa flutuante de células de espessura variando entre 50 e 75 cm, altamente densa, que impede o movimento de água entre as células. Podendo durar de semanas ou muitos meses.

No Brasil, os reservatórios são destinados a usos diversos, inclusive o abastecimento público. Esses usos são definidos de acordo com a qualidade de água do reservatório e regulamentados pela legislação vigente, a Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água, dá diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes entre outras providências (BRASIL, 2005).

Segundo os guias da Organização Mundial da Saúde (2000), o Brasil foi um dos primeiros países a aprovar uma legislação que contemplou a quantificação de cianobactérias e cianotoxinas como parâmetros de controle da qualidade da água para consumo humano, a Portaria 1469 de 2000 do Ministério da Saúde foi atualizada em 2004 através da denominada Portaria 518 e em 2011 com atual Portaria 2914, vigente desde 12 de dezembro de 2011. Esta é semelhante a anterior, estabelece a densidade limite de cianobactérias no manancial e define a frequência de amostragem (mensal para densidades até 10.000 células mL⁻¹, ou 1mm³/L de biovolume, ou semanal para valores superiores) e regulamenta a análise de microcistinas e saxitoxinas na água de saída do tratamento quando a densidade de cianobactérias for igual ou superior a 20.000 cel./mL⁻¹ (CARLOS, 2013).

O aumento da temperatura global associado à fertilização de rios, lagos e represas causada pelas atividades antrópicas e ao alto tempo de residência da água nos reservatórios, principalmente no período do verão, favorecem as florações de cianobactéria (FREITAS et al., 2012). A principal preocupação com o aumento da ocorrência de florações de cianobactérias em mananciais de abastecimento de água, é que as mesmas interferem no processo de tratamento e alteram o sabor e o odor da água tratada. Estes microrganismos têm a capacidade de produzirem e liberarem para o meio líquido toxinas (cianotoxinas) que podem afetar a saúde humana, tanto pela ingestão de água como por contato em atividades de recreação no ambiente, ou ainda pelo consumo de pescado contaminado.

Entretanto, a principal via de intoxicação é pelo consumo oral da água sem tratamento adequado para remoção dessas toxinas que podem inviabilizar a utilização dos corpos de água como mananciais para abastecimento público e outros usos essenciais, em razão do risco de causar sérios impactos à saúde humana (BRASIL, 2003; GALLI; ABE, 2016). O mais grave é que as cianotoxinas não podem ser retiradas pelos sistemas de tratamento de água tradicionais e nem pela fervura (SILVA, 2016).

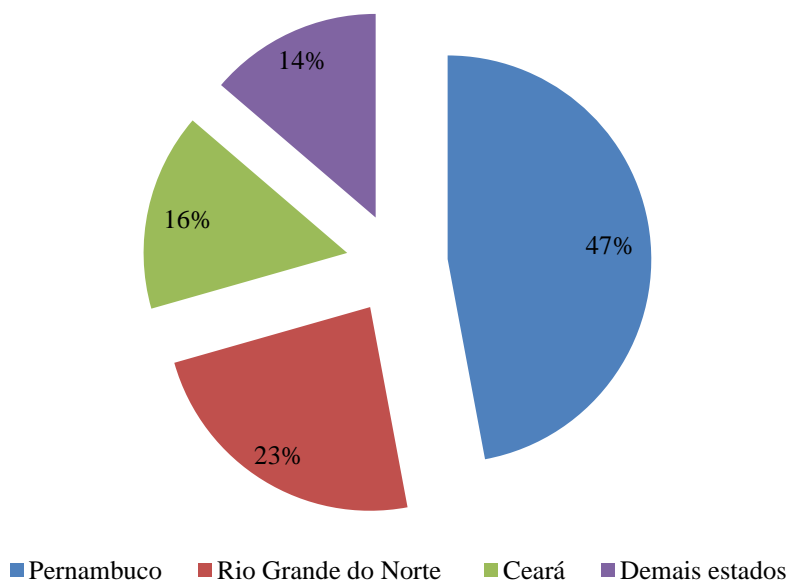
4.3 Estudos com Ênfase no Fitoplâncton em Reservatórios do Nordeste Brasileiro

Na maioria dos casos, nas zonas semiáridas, sujeitas à erosão, há uma tendência natural para os reservatórios perderem as suas características oligotróficas. Deste modo, é importante vistoriar continuamente todas as massas de água, nomeadamente as que abastecem populações, para que seja possível garantir água em quantidade e em qualidade, que não coloque em risco a saúde pública (VIEGAS, 2010).

No Nordeste pesquisas sobre a comunidade fitoplanctônica vêm apresentando um aumento relevante, principalmente em reservatórios das regiões semiáridas, onde existe um maior interesse no monitoramento da qualidade da água, devido à sua escassez (NASCIMENTO, 2015). O presente levantamento bibliográfico desde o ano de 2000 a 2016 registrou 51 trabalhos, entre artigos publicados em revistas e periódicos, dissertações, capítulo de livros e trabalhos completos publicados em anais de eventos científicos com a comunidade fitoplanctônica em reservatórios do semiárido brasileiro localizados na Região Nordeste.

Entre esses estudos o Estado do Pernambuco se destacou em relação ao número de trabalhos relacionados ao fitoplâncton (n=24; 47%), seguido pelo Estado do Rio Grande do Norte (n=12; 23%), Ceará (n=oitos; 16%) e demais estados (n=sete; 14%) (Figura 1).

Figura 1 – Percentual referente à quantidade de trabalhos realizados com a comunidade fitoplanctônica em reservatórios dos estados da Região Nordeste (Semiárido Brasileiro), no período de 2000 a 2016.



4.3.1 Estudos Realizados no Estado do Pernambuco, Nordeste, Brasil

Travassos Júnior et al. (2005), estudaram a comunidade fitoplanctônica do Reservatório Jucazinho, e identificaram 30 táxons. Cyanobacteria apresentou maior diversidade com 16 táxons específicos e infraespecíficos, seguida pelas Chlorophyta com 11 espécies e 1 variedade, e as Bacillariophyta com 3 espécies e uma variedade. Dentre as cianobactérias, estiveram presentes táxons potencialmente tóxicos, tais como as espécies *Microcystis aeruginosa* (Kutzing) Kutzing e *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszinska) Seenayya e Subba-Raju.

Nascimento et al. (2006), realizaram trabalhos em escala nictemeral com a comunidade fitoplanctônica e avaliação das características limnológicas do Reservatório Saco – I. Para tal estudo foram inventariados 61 táxons, com predomínio de Chlorophyta (28 spp.) e Cyanobacteria (20 spp.) e o ambiente caracterizado por alto nível de trofia. No mesmo ano Moura et al., estudaram a composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica em períodos sazonais distintos (chuvoso e seco), a partir de coletas semanais realizadas no Reservatório de Botafogo. A comunidade fitoplanctônica esteve composta por 29 espécies pertencendo a seis divisões, sendo mais bem representada por Chlorophyta. O número de espécies identificadas foi maior na

superfície das duas estações de coleta durante ambos os períodos estudados. *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg apresentou as maiores densidades na superfície durante todos os dias de amostragem em ambas os períodos de sazonais. Contudo, *Planktosphaeria gelatinosa* G.M.Smith e *Euglena* sp. também apresentaram altas densidades durante a estação chuvosa.

No reservatório de Botafogo, Lira, Bittencourt-Oliveira e Moura (2007) caracterizaram ecologicamente a comunidade fitoplanctônica, onde observaram 29 espécies distribuídas entre as divisões Chlorophyta (13 spp.), Cyanobacteria (nove spp.), Bacillariophyta (três spp.), Euglenophyta (duas spp.), Pyrrophyta (uma sp.) e Chrysophyta (uma sp.). As maiores densidades durante o período chuvoso novamente foram atribuídas a *T. volvocina*.

No Reservatório de Carpina, Aragão et al. (2007) identificaram 21 táxons, distribuídos em cinco classes e nove ordens, pertencentes às divisões: Cyanobacteria (48%), Chlorophyta (29%), Chrysophyta (19%) e Euglenophyta (5%). As cianobactérias apresentaram maior diversidade de táxons, pertencentes às ordens Chroococcales, Nostocales e Oscillatoriales. Apresentaram também maior contribuição na densidade, com 99,61% do total da comunidade fitoplanctônica, seguida por Chlorophyceae (0,36%), Chrysophyceae (0,02%) e Euglenophyceae (0,01%).

Prosseguindo os estudos Moura et al. (2007a) em um estudo sobre a comunidade fitoplanctônica realizado no Reservatório de Mundaú, identificaram 70 táxons infragenéricos, com predomínio de Chlorophyta (54,29%), seguida de Cyanobacteria (20%), e Bacillariophyta (14,29%), os táxons foram enquadrados em 16 grupos funcionais onde a maioria foi típica de ambientes eutróficos. As densidades registradas para a estação seca foram sempre as maiores entre os períodos sazonais, nessa estação *C. raciborskii* foi à espécie dominante.

Moura et al. (2007b) investigaram o fitoplâncton e a qualidade da água do Reservatório de Duas Unas e registraram 51 espécies distribuídas nas divisões Chlorophyta (26 spp.), Bacillariophyta (13 spp.), Cyanobacteria (sete spp.), Euglenophyta (três spp.) e Dinophyta e Cryptophyta (uma sp.), o maior número de espécies ocorreram no período seco. Na zona litorânea a maioria dos táxons foi registrada para o fundo, enquanto que na limnética foi para a subsuperfície.

No Reservatório de Carpina, Moura, Dantas e Bittencourt-Oliveira (2007) estudaram a composição da comunidade fitoplanctônica, identificaram 45 táxons, Chlorophyta (21 spp.), Cyanobacteria (17 spp.) e Bacillariophyta (sete spp.). O

reservatório apresentou-se eutrofizado, sendo encontradas altas densidades de Cyanobacteria, onde *Planktothrix agardhii* Anagnostidis e Komárek foi à espécie com maior densidade durante todo o período de estudo.

Monteiro, Nascimento e Moura (2007) estudaram o Reservatório Saco I no sertão pernambucano e identificaram 36 spp. para o período chuvoso com predomínio de Chlorophyta seguida de Cyanobacteria e no período seco foram identificadas 27 espécies, desta vez Cyanobacteria foi o grupo mais representativo e Chlorophyta o segundo grupo mais rico em espécies, de forma geral, Chlorophyta apresentou a maior diversidade de espécies seguida de Cyanobacteria. A menor densidade total do fitoplâncton foi observada para o período seco e a maior para o período chuvoso, ambas na superfície.

Dias (2007) analisou o fitoplâncton no Reservatório Arcoverde, durante ciclo nictemeral em dois períodos sazonais (chuvoso e estiagem). Foram identificados 38 táxons infraespecíficos. Chlorophyta e Cyanobacteria apresentaram maior número de espécies. Cyanobacteria apresentou densidades mais elevadas nos dois períodos sazonais. Foi registrada floração perene de *C. raciborskii* no reservatório.

Dantas et al. (2008; 2009) estudaram a variação temporal da comunidade fitoplanctônica no Reservatório Mundaú em curtos intervalos amostrais, onde o fitoplâncton foi representado por 66 táxons infragenéricos e seis táxons genéricos. A maior riqueza de espécies foi observada para Chlorophyta (54,17% dos táxons), seguida por Cyanobacteria (19,44%), Bacillariophyta (15,28%), Euglenophyta (8,33%), Dinophyta (1,39%) e Criptófitas (1,39%). Das espécies estudadas, as populações de *C. raciborskii* foi dominante em ambas as estações seca e chuvosa e o fitoplâncton foi influenciado por variáveis abióticas, especialmente em relação aos padrões de distribuição sazonal.

Lira, Bittencourt-Oliveira e Moura (2009) identificaram 24 táxons para o Reservatório Botafogo, Chlorophyta apresentou o maior número de espécies, seguida de Cyanobacteria. No geral, a maior diversidade do período chuvoso, principalmente de Chlorophyta, foi associada aos baixos valores de pH. Estudando dois reservatórios, Federação e Manga Nova, Campeche et al. (2009) identificaram 15 espécies para o Federação e 36 para o Manga Nova, ambos apresentaram Chlorophyceae como grupo predominante seguido de Bacillariophyceae e Cyanobacteria, no geral Bacillariophyceae apresentou as maiores densidades.

Andrade et al. (2009), estudando a estrutura da comunidade fitoplanctônica com ênfase em Cyanobacteria no Reservatório de Tapacurá, caracterizaram qualitativamente e quantitativamente a comunidade e identificaram 22 táxons com predominância dos grupos: Cyanobacteria (45%), Chlorophyta (36%), Chrysophyta (9%), Euglenophyta (5%) e Cryptophyta (5%). As Cyanobacteria apresentaram as maiores densidades, contribuindo em média com 95% dos organismos quantificados. *Raphidiopsis mediterranea* Skuja e *M. aeruginosa* foram às espécies que apresentaram dominância durante o período estudado.

Nascimento (2010) estudando a variação espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica em um reservatório eutrófico do semiárido (Reservatório Jucazinho), observou que a comunidade esteve constituída por 53 espécies e uma variedade, sendo 24 Chlorophyta (45,28%), 16 Cyanobacteria (30,19%), oito espécies de Bacillariophyta (15,09%) e uma variedade (*Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (Muller) Simonsen), duas Euglenophyta e Cryptophyta (3,77%) e apenas uma Chrysophyta (1,89%). Não foram observadas diferenças significativas do número de espécies de Bacillariophyta, Chlorophyta e Cyanobacteria entre os períodos sazonais.

Cordeiro-Araújo et al. (2010) analisaram a estrutura e a dinâmica do fitoplâncton no Reservatório Bitury, ao longo de dois períodos sazonais, registraram 92 táxons distribuídos em oito classes: Chlorophyceae (40), Bacillariophyceae (25), Cyanophyceae (12), Euglenophyceae (oito), Cryptophyceae (duas), Chrysophyceae (duas), Dinophyceae (duas) e Xanthophyceae (uma). Bacillariophyceae apresentou maior densidade, enquanto Chlorophyceae apresentou maior diversidade.

Aragão (2011) estudando a taxonomia e distribuição de cianobactérias em reservatórios daquela região, identificou 23 espécies em 19 reservatórios estudados, sendo estas pertencentes às Chroococcales, Oscillatoriales e Nostocales. Oscillatoriales foi à ordem com maior número de táxons (10 spp.) e o gênero *Microcystis* foi o mais representativo com quatro espécies (*M. novacekii* (Komárek), *M. panniformis* Komárek; Komárková-Legnerová; Sant'Anna; MTP Azevedo; PAC Senna, *M. protocystis* Crow e *Microcystis* sp.).

Dantas, Moura e Bittencourt-Oliveira (2011) registraram florações de cianobactérias nos Reservatórios Arcoverde e Pedra, que apresentaram-se estratificados no período seco e desestratificados no período chuvoso. O fitoplâncton dos reservatórios foi dominado pelas cianobactérias com 18 espécies, esse grupo apresentou maior biomassa, seguido dos Fitoflagelados, Bacillariophyta e Chlorophyta. A espécie

que apresentou maior biomassa foi *C. raciborskii* e codominou com *P. agardhii*, *Geitlerinema amphibium* (C.Agardh ex Gomont) Anagnostidis, *M. aeruginosa* e *Merismopedia tenuissima* Lemmermann. Quanto à distribuição vertical, as maiores biomassa foram registradas para a superfície. Dando continuidade aos estudos Lira et al. (2011) relataram a abundância do fitoplâncton no Reservatório de Carpina. As cianobactérias representaram mais de 80% da sua densidade. *C. raciborskii* foi o único táxon dominante na estação seca, e foi codominante na época das chuvas. As espécies *C. raciborskii*, *P. agardhii* e *G. amphibium* tiveram as maiores densidades.

Prosseguindo os estudos Bittencourt-Oliveira et al. (2012) no Reservatório de Arcoverde, analisaram através de nictemerais a dinâmica das populações de cianobactérias nas estações seca e chuvosa. Na composição taxonômica ou na distribuição das populações de cianobactérias não foram encontradas variações nictemerais. A maior biomassa da comunidade fitoplanctônica foi constituída por cianobactérias. *C. raciborskii* foi dominante e a turbidez causada pela chuva favoreceu o aparecimento e o estabelecimento de outras cianobactérias, especialmente *P. agardhii*. No mesmo ano, Moura, Nascimento e Dantas analisaram as variáveis ambientais que influenciam a dinâmica espacial e temporal do fitoplâncton no Reservatório de Jucazinho. Cyanobacteria foi predominante com 80% da biomassa. Os táxons foram enquadrados em 19 grupos funcionais, sendo as espécies dominantes *Anabaena* sp., *A. granulata* e *P. agardhii*.

Almeida, Melão e Moura (2012) estudando a diversidade fitoplanctônica, variáveis físicas e químicas em dois reservatórios urbanos rasos, identificaram 57 espécies, a riqueza foi maior no Reservatório de Apipucos (46 spp.) do que no Reservatório Prata (31 spp.). Chlorophyta foi dominante em número de espécies em ambos os reservatórios. Elevados níveis de eutrofização foram observados no Reservatório de Apipucos, enquanto o Reservatório Prata foi considerado oligotrófico.

Em um estudo em três reservatórios do sertão pernambucano Dantas, Bittencourt-Oliveira e Moura (2012) avaliaram as associações fitoplanctônicas e perceberam que a influência da sazonalidade na dinâmica da comunidade fitoplanctônica foi menor nos reservatórios mais profundos. Profundidade afetou o comportamento das associações de algas. A variação na disponibilidade de luz foi determinante das mudanças na estrutura fitoplanctônica. As associações de *Urosolenia* e *Anabaena* foram mais abundantes em ecossistemas rasos com maior eutrofização, enquanto a associação de *Microcystis* foi mais relacionada a ecossistemas profundos

com disponibilidade adequada de nutrientes. A distribuição das associações *Cyclotella*, *Geitlerinema*, *Planktothrix*, *Pseudanabaena* e *Cylindrospermopsis* foi diferente da observada em regiões subtropicais e a substituição dessas associações foi relacionada à redução da zona eutrófica em vez da zona de mistura.

Lira et al. (2014) realizando trabalhos no Reservatório de Mundaú identificaram 71 táxons de algas fitoplanctônicas, a classe Chlorophyceae foi predominante seguida de Cyanobacteria. Cianobactérias e diatomáceas apresentaram as maiores densidades, *C. raciborskii* foi à única espécie dominante e *G. amphibium*, *Merismopedia punctata* Meyen e *Synedra rumpens* Kützing, foram abundantes nas duas estações de amostragem. As mudanças verticais nos táxons abundantes revelaram distintos padrões regulados pela variação nos fatores ambientais que estiveram diretamente ligados à sazonalidade, sendo assim, o sucesso de uma ou mais espécie está ligado à sazonalidade, às suas estratégias de vida e às suas necessidades ecológicas.

4.3.2 Estudos Realizados no Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste, Brasil

Araújo, Costa e Chellappa (2000) realizaram um estudo com a comunidade fitoplanctônica na Lagoa de Extremoz, utilizada para o abastecimento da cidade de Natal, e identificaram 75 táxons, distribuídos nas classes Cyanophyceae, mais representativa, seguida de Chlorophyceae e Bacillariophyceae. As cianobactérias estiveram associadas com os níveis de amônia e a espécie *Phormidium fragile* Gomont obteve dominância durante o período de menor transparência da água, estando também relacionada com o pH e o oxigênio.

Costa et al. (2006) relataram a ocorrência de florescimentos de cianobactérias e a presença de cianotoxinas em amostras de água do Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves. Florescimentos tóxicos mistos de *C. raciborskii*, *Microcystis* spp. (*M. panniformis*, *M. protocystis*, *M. novacekii*) e *Aphanizomenon* ssp. (*Aphanizomenon gracile* (Lemmermann) Lemmermann, *A. cf. manguinii* Bourrelly, *A. cf. issastschenkoi* (Usacev) Proshkina-Lavrenko) foram persistentes e representaram 90-100% da comunidade fitoplanctônica ao longo do período estudado.

Investigando a comunidade fitoplanctônica de alguns reservatórios eutróficos da bacia do Rio Piranhas-Assu, Panosso et al. (2007) e Costa et al. (2009) identificaram 123 táxons pertencentes a sete classes taxonômicas, houve predomínio de

Chlorophyceae e Cyanobacteria, está última responsável por mais de 70% da biomassa relativa do fitoplâncton. A riqueza de espécies foi maior no período de chuvas e as clorofíceas foram representadas principalmente pelas Chlorococcales. Cianobactérias potencialmente tóxicas ocorreram em todos os ambientes investigados, fato que tem sido considerado como uma das consequências da eutrofização artificial.

Chellappa et al. (2007) e Chellappa, Borba e Rocha (2008) identificaram 95 táxons para o Reservatório Cruzeta, a classe mais representativa foi Chlorophyceae seguida de Bacillariophyceae, a maioria dos táxons foi para o período chuvoso e para a superfície. As ordens Volvocales e Chlorococcales foram mais representativas com a espécie *Oocystis lacustris* Chodat. A cianobactéria *C. raciborskii* foi dominante preferencialmente durante o período de estiagem, possivelmente devido ao aumento da temperatura e da transparência da água.

Chellappa, Câmara e Rocha (2009) verificaram as mudanças espaço-temporais da comunidade fitoplanctônica e a qualidade da água durante os períodos de estiagem e de chuvas em três pontos amostrais: a Barragem Armando Ribeiro Gonçalves (reservatório de abastecimento público), o Canal do Pataxó e Itajá. Observaram uma semelhança qualitativa da comunidade fitoplanctônica nas três áreas, embora tenham sido registradas diferenças significativas entre a abundância relativa das espécies, com a dominância de cianobactérias potencialmente tóxicas, como *P. agardhii*, no período de estiagem e *Microcystis*, no período chuvoso.

Chellappa et al. (2009) estudaram três reservatórios na região semiárida e identificaram 63 táxons com maior contribuição de Chlorophyceae, seguida de Bacillariophyceae e Cyanobacteria. A classe Bacillariophyceae apresentou maiores valores de abundância seguida de Chlorophyceae. Os reservatórios foram classificados de oligo a mesotrófico.

Estudando a diversidade do fitoplâncton e a qualidade da água do Lago Jiqui em escalas espaciais e temporais, Lima et al. (2013) identificaram 108 táxons com predomínio de Bacillariophyceae seguida de Chlorophyceae e Cyanobacteria. A diversidade do fitoplâncton foi moderada a baixa, em ambas as escalas espaciais e temporais, com o domínio selecionado das espécies de *Euglena gracilis* G.A.Klebs, *Trachelomonas* (Euglenophyceae) e *Gomphonema*, *Navicula cuspidata* var. *cuspidata* (Kützing) Kützing, *Navicula* spp., *Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) Otto Müller e *Cyclotella* sp. (Bacillariophyceae). A lagoa foi classificada como oligotrófica de acordo com as baixas concentrações de clorofila *a* e a baixa riqueza de Cyanobacteria.

Estudando o Reservatório Armando Ribeiro, Câmara et al. (2015) inventariaram 53 táxons para o fitoplâncton. A classe mais representativa foi Cyanobacteria seguida de Chlorophyceae e Bacillariophyceae, registrou-se baixa diversidade para a comunidade no geral com dominância principalmente das espécies filamentosas. Para tal estudo foram constatadas mudanças sazonais nas características quantitativas e qualitativas do fitoplâncton. Neste mesmo ano, Vieira, Cardoso e Costa dando continuidade aos estudos neste reservatório identificaram 63 táxons fitoplanctônicos distribuídos em 11 grupos funcionais, dos quais seis pertencem às cianobactérias. O grupo S₁ representado por *P. agardhii* foi o mais adaptado às condições ambientais do reservatório, contribuindo com mais que 90% da biomassa total.

Estudando dessa vez os reservatórios Santa Cruz do Apodi e Pau dos Ferros Silva e Costa (2015) registram 47 táxons distribuídos em cinco classes e 17 grupos funcionais. O Reservatório Pau dos Ferros foi categorizado, ecologicamente, como ruim durante quase todo o período amostral. O Reservatório Santa Cruz do Apodi apresentou baixa biomassa e maior diversidade na composição fitoplanctônica.

4.3.3 Estudos Realizados no Estado do Ceará, Nordeste, Brasil

Estudando o Reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato), Oliveira et al. (2008) observou que a comunidade fitoplanctônica esteve representada por 76 táxons, distribuídos nas divisões: Chlorophyta (46%), Cyanobacteria (41%), Bacillariophyta (11%), Euglenophyta e Dinophyta (1%). Registrou-se a expressiva ocorrência das espécies de Desmidiaceae como *Staurastrum leptocladum* Nordstedt, além do dinoflagelado *Peridinium gatunense* Nygaard com isso, os autores sugeriram condições de oligotrofia para o ambiente.

Pacheco (2009) estudou sobre as Cyanobacteria em um reservatório eutrofizado (Acarape do Meio), onde identificou nove táxons: *Aphanocapsa* sp., *Merismopedia* sp., *Snowella* cf. *atomus* Komárek e Hindák, *C. raciborskii*, *Geitlerinema* sp., *Planktolyngbya* sp., *Pseudanabaena* sp.₁, *Pseudanabaena* sp.₂, *P. agardhi*. A espécie *C. raciborskii* apresentou dominância nas estações, com alternância no período seco com *P. agardhii*, estas espécies foram às únicas que apresentaram 100% de frequência, sendo ambas potencialmente tóxicas.

Molisani et al. (2010) em estudo no Reservatório Castanhão que é o maior e mais importante do estado, diagnosticaram as condições limnológicas, estado trófico e assembleias fitoplanctônicas e registraram 105 táxons, distribuídos entre as classes Cyanophyceae (27%), Chlorophyceae (25%), Bacillariophyceae (13%), Euglenophyceae (10%), Cryptophyceae (7%), Zygnemaphyceae (5%), Dinophyceae e Xanthophyceae (2%). Destacaram-se as espécies *Aulacoseira distans* (Ehrenberg) Simonsen e *C. raciborskii*. As amostras da superfície apresentaram maiores densidades que as do fundo. O reservatório estudado foi classificado como mesotrófico na porção lacustre e na mediana que apresentam Cyanobacteria como a classe predominante, enquanto que, a zona de transição entre os ambientes fluvial e lacustre foi categorizada como eutrófico e Bacillariophyceae foi à classe mais representativa.

Lopes, Capelo Neto e Abreu (2013) identificaram cianobactérias tóxicas na comunidade fitoplanctônica do manancial de abastecimento público (Açude Sítios Novos, Caucaia). Monitoraram a composição da comunidade fitoplanctônica, onde identificaram 41 táxons, sendo 19 táxons de cianobactérias (46%), e 22 táxons divididos em cinco classes, Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cryptophyceae, Euglenophyceae e Zygnemaphyceae. A classe mais representativa foi Chlorophyceae (32%), seguida de Bacillariophyceae (10%). Dentre as Chlorophyceae, destacaram-se *Monoraphidium contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová e *Scenedesmus* sp.

Cavalcante (2014) caracterizou a biodiversidade da comunidade fitoplanctônica do Reservatório Rosário (Lavras da Mangabeira). Identificou 33 táxons, distribuídos em cinco classes, 12 ordens, 18 famílias e 23 gêneros. A classe com maior riqueza específica foi Chlorophyceae com 13 táxons (39%), seguida por Cyanobacteria com 12 táxons (36%), Zygnemaphyceae e Euglenophyceae com três táxons cada (9%), e Xanthophyceae dois táxons (6%).

Alguns trabalhos foram desenvolvidos visando compreender a composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica, Nascimento (2015) identificou 114 táxons no Reservatório Olho D'Água (Várzea Alegre) e Rangel (2015) 60 táxons no Reservatório Cachoeira (Aurora), em ambos os trabalhos as Cyanobacteria apresentaram as maiores densidades, sendo que *Cyanodictyon* sp. e *Leptolyngbya* sp., apresentaram destaque quanto as espécies descritoras da comunidade.

Lucas et al. (2016) estudaram o Reservatório Rosário em Lavras da Mangabeira e identificaram 50 táxons, distribuídos em nove classes, sendo as mais representativas Chlorophyceae seguida de Cyanophyceae e Bacillariophyceae onde a maior diversidade

de espécies esteve presente durante o período chuvoso. A pesquisa apresentou algas com preferências ecológicas por ambientes eutróficos.

4.3.4 Estudos Realizados nos Demais Estados da Região Nordeste, Brasil

No Maranhão, Almeida et al. (2005), caracterizaram qualitativamente a comunidade fitoplanctônica do Lago Cajari, identificaram um total de 84 táxons, pertencentes a quatro divisões e distribuídos em seis classes taxonômicas com 38 gêneros. A flora fitoplanctônica foi composta basicamente por Bacillariophyta (42%) e Chlorophyta (39%).

Na Bahia, Carraro (2009) ao estudar a estrutura do fitoplâncton e a sua utilização como indicador de condições ecológicas no Reservatório de Pedra, em diferentes períodos sazonais e em escala bianual. Registraram 125 táxons distribuídos em sete divisões: Chlorophyta (41), Bacillariophyta (39), Cyanobacteria (31), Euglenophyta (8), Cryptophyta (3), Dinophyta (2) e Chrysophyta (1). Com relação à qualidade da água, os índices utilizados mostraram que o reservatório encontrou-se mesotrófico.

Ao realizar trabalhos no Reservatório da Hidrelétrica de Boa Esperança que fica entre Piauí e Maranhão, Mendonça (2009) caracterizou a comunidade fitoplanctônica e identificou 189 táxons distribuídos entre as divisões: Chlorophyta (94 spp.), Bacillariophyta (41 spp.), Cyanobacteria (30 spp.), Euglenophyta (13 spp.), Dinophyta (quatro spp.), Chrysophyta (três spp.), Cryptophyta (três spp.) e Xantophyta (uma sp.).

Costa e Dantas (2011) identificaram a estrutura sazonal fitoplanctônica em diferentes tipos de ecossistemas aquáticos tropicais da região metropolitana de João Pessoa-PB (Lagoa Solon de Lucena, no Rio Jaguaribe e no Reservatório das Águas Minerais), observaram a diversidade de 59 táxons, 36 foram registrados no lago e reservatório e 23 foram registradas para o rio, onde a composição específica do lago era formada principalmente por Chlorophyta (52,8%), enquanto que, a composição do reservatório e do rio foi formada principalmente por Bacillariophyta (52,8% e 47,8%, respectivamente).

No estado da Bahia, Moura et al. (2013) estudaram 28 estações do sistema de cascata de reservatórios do Rio de Contas onde a maioria das estações de amostragem foram nos Reservatórios Pedra e Funil, e identificaram 198 espécies fitoplanctônicas,

Chlorophyceae, seguida de Bacillariophyceae e Cyanophyceae foram os grupos dominantes e as maiores riquezas e densidades foram para o período chuvoso.

Com o intuito de caracterizar a flora da comunidade fitoplanctônica das bacias do Rio São Francisco, Moxotó e Paraíba, inseridas no Programa de Integração do rio São Francisco, que compreende reservatórios e rios da região semiárida do Nordeste brasileiro, Mascarenhas et al. (2013) estudaram 17 pontos e identificaram 78 táxons com o predomínio de Chlorophyta seguida de Cyanobacteria e Bacillariophyta, as cianobactérias apresentaram as maiores densidades sendo *C. raciborskii* e *Oscillatoria* sp., consideradas dominantes.

Analisando a composição taxonômica do fitoplâncton em dois reservatórios hidrelétricos do rio São Francisco, Aragão-Tavares, Severino e Moura (2015) identificaram 165 táxons infragenéricos, sendo 110 espécies para o Reservatório de Itaparica (Bahia e Pernambuco) e 135 para Xingó (Alagoas e Sergipe), em ambos, a maior contribuição foi das diatomáceas seguidas das algas verdes. No geral, os reservatórios estudados apresentaram semelhanças quanto à comunidade de microalgas planctônicas, mas eles certamente diferiram quanto às condições ambientais.

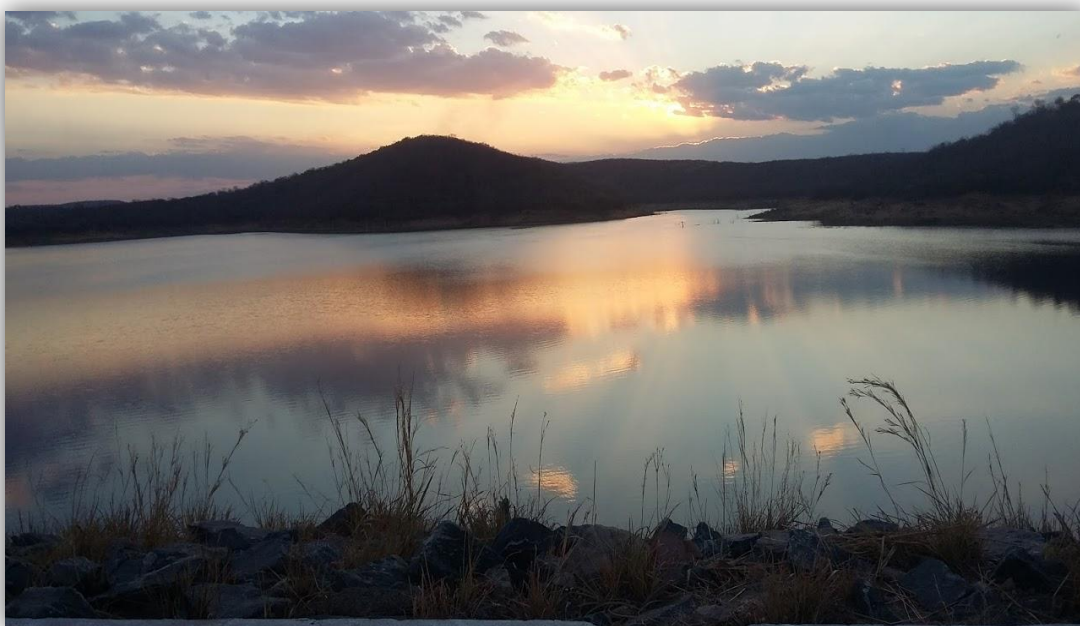
A maior parte do semiárido brasileiro se estende pelos estados localizados na Região Nordeste do país, onde secas periódicas demarcam um cenário frequente comprometendo fauna, flora e atividades humanas. Com base em tal levantamento bibliográfico torna-se notório que a construção de reservatórios é fundamental para garantir a disponibilidade de água durante esses eventos de seca extrema, no entanto, constatou-se que a maior parte desses mananciais já se encontram eutrofizados ou em processo, comprometendo-os qualitativamente e inviabilizando sua utilização pelos seres humanos.

Estudos com a comunidade fitoplanctônica associados aos fatores abióticos surgem como uma alternativa para entendermos a dinâmica desses ecossistemas, auxiliando o monitoramento e o manejo dessas águas. Pode-se perceber também que a maioria dos trabalhos aqui mencionados aponta a divisão Chlorophyta (principalmente a classe Chlorophyceae) como predominante entre a ficoflora, seguida de Cyanobacteria, sendo esta última a predominante de forma quantitativa.

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Reservatório Olho D'Água (Deputado Luiz Otacílio Correia) (Figura 2) está inserido na Sub-Bacia do Rio Salgado, localizado no Município de Várzea Alegre, sul do Estado do Ceará, na Região do Cariri, distante 467 km da capital Fortaleza, apresenta área de 835,709 km² e uma população estimada em 40.255 habitantes (IBGE; IPCE, 2016).

Figura 2 – Vista parcial do Reservatório Olho D'Água, Município De Várzea Alegre-CE.



Fonte: Arquivo pessoal, agosto de 2016.

A Sub-Bacia do Rio Salgado posiciona-se na porção meridional do estado do Ceará, limita-se a oeste com a Sub-Bacia do Alto Jaguaribe, ao sul com o estado de Pernambuco, ao leste com o estado da Paraíba e a Nordeste com a Sub-Bacia do Médio Jaguaribe (SANTANA, 2009). Essa sub-bacia é composta por 23 municípios, devido a sua abrangência, foi dividida em cinco microbacias, apresenta um potencial de acumulação de águas superficiais de 447,41 milhões m³, sendo que a gerência tem garantido cerca de 30% deste total. São 13 açudes públicos gerenciados pela Companhia das Águas, que mantém regularizado cerca de 350 km de vale perenizado (COGERH 2008a).

Este mesmo reservatório foi construído pelo 3º Batalhão de Engenharia e Construções do Exército, com recursos do Governo Federal e da Secretaria de Recursos Hídricos e concluído no ano de 1998. A finalidade da sua construção baseou-se na necessidade de abastecimento humano da sede municipal de Várzea Alegre e do distrito de Riacho Verde, além dos usos para dessedentação animal, recreação de contato primário e o desenvolvimento de projetos de piscicultura (COGERH, 2008b).

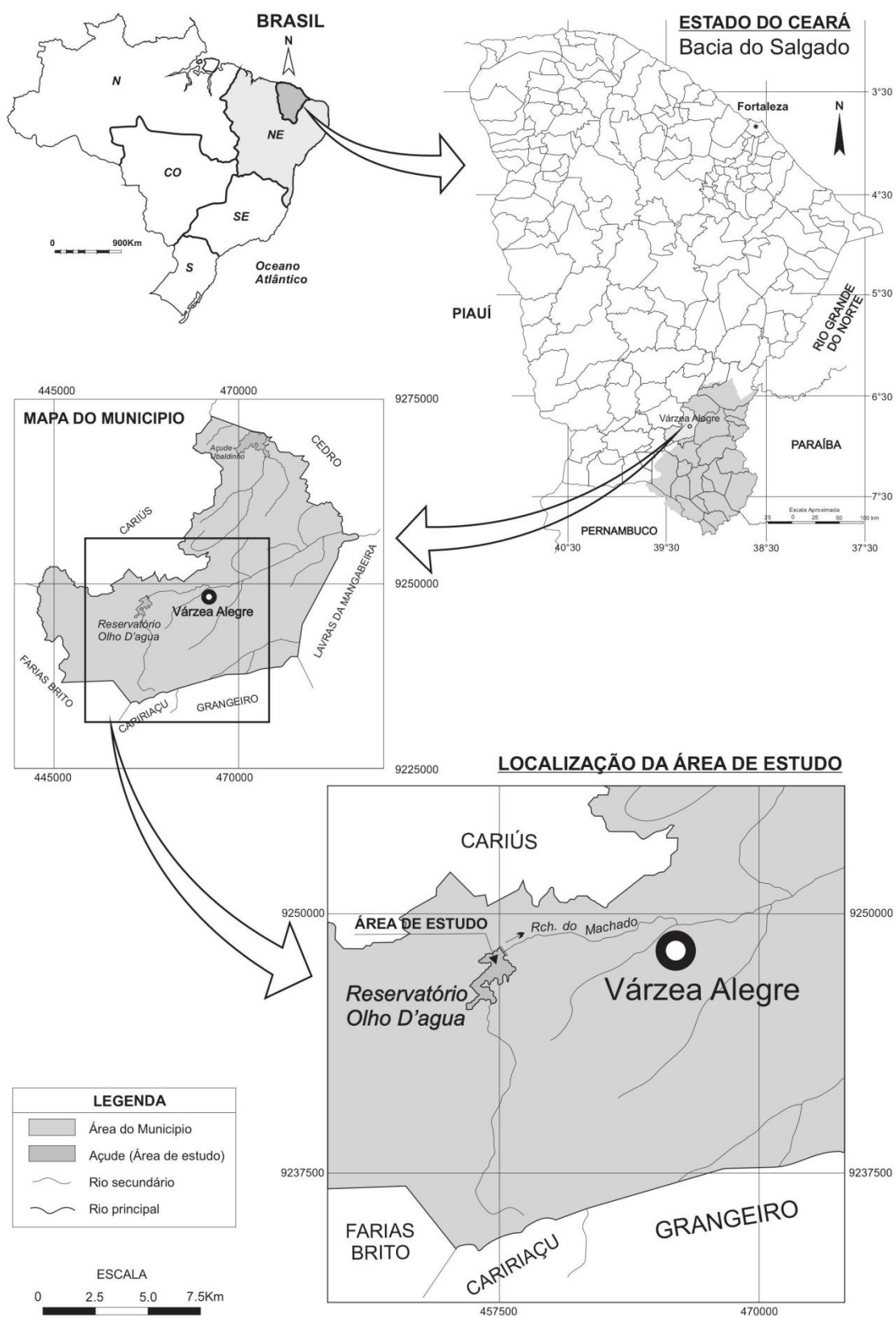
O referido reservatório barra o Riacho Machado e é composto por uma barragem de terra zoneada, localizada nas coordenadas geográficas 458.750 E e 9.249.600 N. Possui área de espelho d'água de 456 hectares e capacidade de armazenamento de 21 milhões de metros cúbicos com vazão regularizada de 0,126 m³/s e altura máxima de 26 m dentre outras características hidrológicas e morfométricas (Tabela 1 e Figura 3) (CEARÁ, 2007 apud COGERH, 2008b; SRH, 2017).

Tabela 1 – Características técnicas do Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE.

DETALHES DO AÇUDE: Olho D'Água (Concluído em 1998)	
Município:	Várzea Alegre
Coordenada E:	458.620
Coordenada N:	9.249.589
Bacia:	Salgado
Rio/Riacho Barrado:	Riacho do Machado
BARRAGEM	
Tipo:	Terra Zoneada
Capacidade (m ³):	21.000.000
Bacia Hidrográfica (Km ²):	71,800
Bacia Hidráulica (ha):	456,000
Vazão Regularizada (m ³ /s):	0,126
Extensão pelo Coroamento(m):	381,0
Largura do Coroamento(m):	6,00
Cota do Coroamento(m):	353,00
Altura Máxima(m):	26,00
SANGRADOURO	
Tipo:	Soleira espessa
Largura(m):	50,0
Lâmina Máxima(m):	1,40
Cota da Soleira(m):	350,0
Cota da Soleira(m):	350,0
TOMADA D'ÁGUA	
Tipo:	Galeria
Diâmetro (mm):	600
Comprimento(m):	

Fonte: SRH, (2015).

Figura 3 – Localização geográfica do Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE.



Fonte: Adaptado do mapa de Infraestrutura Hídrica-SRH/COGERH.

A bacia hidrográfica do Reservatório Olho D'Água está inserida na microrregião serrana de Caririaçu, apresentando clima tropical quente semiárido com baixos a médios índices pluviométricos, aproximadamente 965,3 mm/ano, concentrados de janeiro a abril. A temperatura varia de 26 a 28 °C e a região possui alto poder de evaporação, que provoca um regime de escoamento superficial de alta variabilidade, com cursos d'água intermitentes, apresentando vazões nulas por longos períodos. No trecho a montante do barramento as declividades variam numa média de 0,83% (SRH, 1995, apud COGERH, 2008b; COGERH, 2008b; FUNCEME; IPECE, 2016).

A bacia hidrográfica onde esta inserido o Município de Várzea Alegre apresenta, portanto, características predominantes do semiárido nordestino, encravada em terrenos de baixa permeabilidade constituídos por depressões sertanejas e maciços residuais com vegetação rala do tipo caatinga arbustiva densa, cerrado, floresta caducifólia espinhosa e floresta subcaducifólia tropical pluvial. Os seus solos podem ser classificados como solos aluviais, solos litólicos e podzólico vermelho-amarelo, de médio a alto potencial agrícola. Com relação ao uso e ocupação do solo, ao longo da bacia hidrográfica são cultivados feijão, tomate e milho, inclusive utilizando-se das várzeas (COGERH, 2008b; SANTANA, 2009; IPECE, 2016; SRH, 2017).

O reservatório em estudo além de ser utilizado para abastecimento humano contribui economicamente para a população, alavancando as atividades pecuaristas da região (caprinocultura, ovinocultura e bovinocultura), agricultura de vazantes, fruticultura irrigada e piscicultura (atualmente desativadas) desenvolvida pela associação Aquidágua (COGERH, 2010).

O manancial estudado torna-se para a população varzealegrense indispensável ao uso, uma vez que, os produtos advindos da agricultura/fruticultura, necessitam de suas águas para irrigação e abastecimento. Estes mesmos são comercializados na feira agroecológica em Várzea Alegre, transformando-se em oportunidade de incremento da renda, e ainda, por sua vez cultivam a *Typha* sp., popularmente a Taboa, planta típica de brejo e espelhos de água presente no entorno do reservatório, a partir da qual, a associação comunitária de mulheres do Sítio São Vicente (“Mulheres de Fibra”), produzem artesanato que é comercializado em todo Ceará (NASCIMENTO, 2015).

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Amostragens e Variáveis Limnológicas

Para realização desta pesquisa delimitou-se no Reservatório Olho D'Água um ponto fixo convizinho à captação de água, frente à parede do reservatório, coincidente ao qual a Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH) realiza suas campanhas bimestrais. Foram efetuadas duas coletas em escalas nictemerais contemplando dois períodos sazonais distintos, seco (10 e 11 de novembro/2015) e chuvoso (07 e 08 de março/2016) (FUNCEME, 2016). As mesmas foram conduzidas com intervalos de três horas entre uma amostragem e outra, com duração média de 25 min cada. Optou-se por horários de coletas que atendessem a amostragem ao período claro (06:00, 09:00, 12:00 e 15:00) e escuro (18:00, 21:00, 00:00 e 03:00), totalizando nove coletas em cada período.

A profundidade máxima do ponto de amostragem foi obtida no momento da primeira coleta com auxílio de um profundímetro digital, onde a partir daí três diferentes estratos na camada d'água foram selecionados para obtenção de amostras de parâmetros abióticos, clorofila *a* e fitoplâncton total, sendo estes, superfície (1 m), meia/água (8 m) e fundo (15 m). As amostras de água para análises físico-químicas e biológicas foram coletadas com auxílio de uma garrafa coletora do tipo Van Dorn, com capacidade de 3,5 litros.

Os dados de pluviosidade e volume do reservatório foram extraídos do banco de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2016). Em campo foram determinadas algumas variáveis limnológicas físico-químicas: transparência da coluna d'água (Disco de Secchi com 30 cm de diâmetro), potencial hidrogeniônico (pHmetro digital Hanna HI 8424), oxigênio dissolvido e temperatura da água (Sensor térmico do oxímetro Hanna HI 9146), sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica e temperatura do ar (Conduvímetero Hanna HI 99300).

A zona eufótica foi calculada segundo Cole (1975), como 2,7 vezes a transparência da água medida com o disco de Secchi. Foi considerada estratificação térmica, quando a diferença de temperatura entre a subsuperfície e fundo foi superior a 1,5 °C, de acordo com Frempong (1981).

Para análise dos pigmentos fotossintéticos coletou-se 700 mL de água, sendo que este material permaneceu em frascos opacos para evitar contato com a luz e em baixas temperaturas (4 a 10 °C) até serem filtradas e processadas, etapa a qual ocorreu no Laboratório de Limnologia e Aquicultura (LLA/URCA). Para a determinação da clorofila *a*, 500 mL das amostras foram filtradas com filtro de fibra de porosidade de 0,45 µm. Com o auxílio de uma pinça os filtros foram retirados e colocados sobre papel absorvente para enxugar, em seguida procedeu-se a extração. Usou-se acetona a 90% como solvente por 24 horas sob refrigeração, as amostras foram centrifugadas para verificação das absorbâncias em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 665 e 750 nm antes e após a acidificação (0,5 mL de HCL a 0,1%) (GOLTERMAN; CLYMO; OHNSTAD, 1978). Vale ressaltar que todo o procedimento foi efetuado em ambiente com luz tênue e sempre com os tubos com o extrato devidamente protegidos da luz.

6.2 Coleta e Análise das Amostras Fitoplanctônicas

As análises iniciais do estudo qualitativo da comunidade fitoplanctônica foram realizadas no Laboratório de Botânica da Universidade Regional do Cariri (LaB/URCA). Posteriormente, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia Aquática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Lamaq/UFRN), onde se procedeu uma avaliação taxonômica mais precisa e a compilação do inventário florístico, sendo em seguida realizadas as análises do estudo quantitativo, conforme metodologias descritas a seguir.

6.2.1 Estudo Qualitativo

Para análise qualitativa do fitoplâncton foram coletadas amostras com auxílio de rede de plâncton com abertura de malha de 20 µm, através de arrastos subsuperficiais na água, realizados em um trecho delimitado paralelamente a parede do reservatório (aproximadamente 400 m). Em seguida, as amostras foram alocadas em frascos de polietileno de 300 mL, etiquetadas e preservadas em solução de formol a 4% (NEWELL; NEWELL, 1968). O estudo taxonômico da comunidade fitoplanctônica,

procedeu-se em microscópio óptico Motic BA310 com ocular micrometrada e câmera fotográfica acoplada.

Os organismos foram identificados quando possível, em nível genérico e infragenérico, com base nas características morfológicas e métricas das populações e apoio de fotografias, guias e chaves de identificação. Optou-se por uma correta identificação a um nível taxonômico baixo do que uma identificação duvidosa em um nível taxonômico mais alto (VIEIRA, 2013).

Para a identificação e sistematização do fitoplâncton do Reservatório Olho D'Água, consultaram-se as seguintes bibliografias especializadas: Komárek e Fott (1983), Sant'Anna (1984), Nogueira (1991), Comas (1996), Godinho (2009), Godinho; Comas; Bicudo (2010), Rodrigues; Sant' Anna; Tucci (2010), Rosini; Sant' Anna; Tucci (2012 e 2013a), Ramos et al. (2012) para algas verdes; Hüber-Pestalozzi (1955), Tell e Conforti (1986), Menezes (1994) para Euglenophyceae; Castro e Sant' Anna (1991) para Cryptophyceae; Komárková-Legnerová e Cronberg (1994), Azevedo e Sant' Anna (1996), Azevedo e Sant'Anna (1999, 2003), Komárek e Azevedo (2000), Rosini; Sant'Anna; Tucci (2013b) e Sant'Anna et al. (2004) para Cyanobacteria; Ferragut et al. (2005), Sant'Anna et al. (1989), Sant'Anna et al. (2012), Tucci et al. (2006) para a comunidade em geral.

6.2.2 Estudo Quantitativo (Fito-total)

Para análise quantitativa foram coletados 300 mL de água (em cada estrato da coluna d'água) sendo estas amostras fixadas com solução de lugol acético na proporção de 1:100. Realizou-se conforme Vieira (2013), antes da contagem dos organismos presentes na amostra, um inventário geral dos táxons que foi compilado através de rastreios visuais com diversas ampliações. Com este procedimento obteve-se uma panorâmica da composição da comunidade fitoplanctônica, fator que pode determinar a estratégia de quantificação a adotar. A lista de táxons é posteriormente aperfeiçoada e concluída no decorrer do processo de quantificação.

A quantificação seguiu o método estabelecido por Utermöhl (1958) usando microscópio invertido de marca Olympus, modelo IX70 e câmaras de sedimentação. Foram utilizadas câmaras de sedimentação de 2, 5 e 10 mL, dependendo da concentração do fitoplâncton. O tempo de sedimentação das amostras foi de três horas

para cada centímetro de altura da câmara. Campos aleatórios foram usados para a contagem dos indivíduos (células, colônias, cenóbios e filamentos), sendo o erro menor que 20%, a um coeficiente de confiança de 95% (LUND et al., 1958).

O número de campos variou de uma amostra para outra e a finalização da contagem foi feita tomando como critério a contagem de no mínimo 100 indivíduos da espécie dominante e a curva de estabilização das espécies, obtida a partir da adição de espécies novas adicionadas com o número de campos contados. Os resultados foram expressos na forma de densidade (cel./mL^{-1}) a partir do qual se estabeleceu alguns atributos para comunidade fitoplanctônica.

Os valores de densidade de Cyanophyceae foram comparados aos padrões propostos na Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, para classificação de águas doces. O potencial de risco à saúde dos seres vivos, relacionados aos valores de densidade das Cyanophyceae no Reservatório Olho D'água, foi avaliado assumindo-se os níveis de alerta estabelecidos pela Portaria Nº 2914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde (Federal).

6.3 Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica

6.3.1 Riqueza

Considerou-se como riqueza o número total de espécies encontrada em cada uma das amostras.

6.3.2 Espécies Descritoras da Comunidade

As espécies descritoras foram selecionadas como sendo aquelas que contribuíram com 1% (ou mais) da densidade total relativa e que juntas somaram, no mínimo, 80% da densidade total (cel./mL^{-1}) (TUCCI, 2002).

6.3.3 Espécies Dominantes e Abundantes

Utilizou-se o conceito estabelecido por Lobo e Leighton (1986), onde as espécies dominantes são aquelas cujas densidades contribuíram com mais de 50% da densidade total da amostra e abundantes aquelas cujas densidades superaram a densidade média da amostra. A densidade média da amostra é calculada dividindo-se o valor da densidade total pelo número de espécies (Riqueza) encontradas na referida amostra.

6.3.4 Frequência de Ocorrência das Espécies

A frequência de ocorrência (F) das espécies foi expressa na forma de porcentagem, calculada com base na presença e ausência dos táxons, considerando o número de amostras nas quais cada táxon ocorreu, e o número total de amostras analisadas, através da fórmula descrita por Mateucci e Colma (1982):

F = $P_a / P * 100$, onde:

P_a = número de amostras em que a espécie “a” está presente;

P = número total de amostras analisadas;

100 = fator de conversão para porcentagem.

As espécies foram enquadradas nas seguintes categorias:

Muito frequente: espécie cuja ocorrência numérica é superior a 70% das amostras;

Frequente: espécie cuja ocorrência é $\leq 70 > 40\%$ das amostras;

Pouco frequente: espécie cuja ocorrência é $\leq 40 > 10\%$ da amostra;

Esporádica: espécie cuja ocorrência é igual ou inferior a 10% das amostras.

6.3.5 Índice de Diversidade (H') (bits.cel⁻¹)

Estimado pelo índice de Shannon e Wiener (1963). Calculado a partir da fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i, \text{ onde:}$$

p_i = n_i/n ;

n_i = número total de indivíduos de cada táxon na amostra;

n = número total de indivíduos na amostra.

Os resultados foram apresentados em bits. Cel^{-1} , considerando-se que um bit equivale a uma unidade de informação. Esses valores podem ser enquadrados nas seguintes classificações:

3,0 bits. Cel^{-1} = alta;

2,0 \geq 3,0 bits. Cel^{-1} = média;

1,0 $>$ 2,0 bits. Cel^{-1} = baixa;

$<$ 1,0 bits. Cel^{-1} = muito baixa.

6.3.6 Índice de Equitabilidade (J')

Avaliado de acordo com Lloyd e Ghelardi (1964). Calculado a partir da fórmula:

$J' = H' / \log_2 S$, onde:

H' = diversidade da amostra;

S = número de táxons na unidade amostral.

Este índice varia de 0 a 1, sendo $> 0,5$ considerado significativo e equitativo, representando uma distribuição uniforme das espécies na amostra, e quanto mais próximo a 0 (zero) menor será a equitabilidade.

6.3.7 Índice de Dominância (DS')

Estimado por meio da fórmula proposta por Simpson (1949). Calculado a partir da fórmula:

$DS' = \frac{\sum ni (ni - 1)}{n (n - 1)}$, onde:

ni = número total de indivíduos de cada táxons na amostra;

n = número total de indivíduos na amostra.

6.4 Índice de Estado Trófico (IET)

Foi analisado o cálculo do Índice de Estado Trófico (IET) com base nos valores de Profundidade de Secchi (transparência da coluna de água) e Clorofila *a* (superfície).

O Índice do Estado Trófico para a Profundidade de Secchi – IET (S) e o Índice do Estado Trófico para a Clorofila *a* – IET (CL), proposto por Carlson (1977) modificado por Toledo Jr. et al. (1984), foram estimados de acordo com as seguintes equações:

$$\text{IET (S)} = 10 \times (6 - \ln S / \ln 2)$$

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((2,04 - 0,68 \times (\ln CL)) / \ln 2)), \text{ onde:}$$

S = profundidade de Secchi em m;

CL = concentração de Clorofila *a* em $\mu\text{g./L}^{-1}$;

ln = logaritmo natural.

O Índice do Estado Trófico Médio (IET Médio) foi obtido pela média aritmética simples dos índices relativos profundidade de Secchi e a Clorofila *a*, segundo a equação:

$$\text{IET Médio} = [\text{IET (S)} + \text{IET (CL)}] / 2, \text{ onde:}$$

IET (S) = Índice do Estado Trófico para a Profundidade de Secchi;

IET (CL) = Índice do Estado Trófico para a Clorofila *a*.

Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para reservatórios utilizados neste trabalho estão descritos na Tabela 2:

Tabela 2 – Classificação do Estado Trófico (IET) segundo o Índice Carlson, modificado por Toledo Jr. et al. (1984).

CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO EM RESERVATÓRIOS		
CRITÉRIO	ESTADO TRÓFICO	CLASSES DO IET
< 20	Ultra-oligotrófico	1
21 – 40	Oligotrófico	2
41 – 50	Mesotrófico	3
51 – 60	Eutrófico	4
>61	Hipereutrófico	5

Esta versão do Índice de Estado Trófico tem-se mostrado mais adequada para a determinação do estado trófico em lagos de clima predominantemente tropical, segundo Tundisi et al. (1995), Calijuri (1988) e Ceballos (1995).

6.5 Índice de Comunidade Fitoplanctônica (ICF)

Estes índices utilizam a dominância dos grandes grupos que compõem o fitoplâncton, a densidade dos organismos e o Índice de Estado Trófico (IET), visando separar em categorias a qualidade da água. Assim estabeleceu-se a ponderação de 1 a 4, conforme mostra a Tabela 3 (CETESB, 2016).

Tabela 3 – Classificação do Índice de Comunidade Fitoplanctônica (ICF), conforme ponderação (1 a 4), níveis estabelecidos e categorias, conforme Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2016).

CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA (ICF)		
PONDERAÇÃO	NÍVEIS	CATEGORIAS
1	Não há dominância entre os grupos Densidade total < 1000 cel./mL IET ≤ 52	ÓTIMA
2	Dominância de Clorofíceas (Desmidiáceas) ou Diatomáceas Densidade total > 1000 e < 5000 cel./mL 52 < IET ≤ 59	BOA
3	Dominância de Clorofíceas (Chlorococcales) Densidade total > 5000 e < 10000 cel./mL 59 < IET ≤ 63	REGULAR
4	Dominância de Cianofíceas ou Euglenofíceas Densidade total > 10000 cel./mL 63 < IET	RUIM

Legenda: Índice de Estado Trófico (IET); Células por mililitro (cel./mL).

O valor final, que gera o diagnóstico ou a classificação final da qualidade será simplesmente a média aritmética dos índices parciais.

6.6 Análises Estatísticas

Os dados de fatores ambientais foram organizados em quatro níveis, (1) dados totais dos fatores ambientais, (2) dados dos fatores ambientais para o estrato Superfície, (3) dados dos fatores ambientais para o estrato Meia/Água e (4) dados dos fatores ambientais para o estrato Fundo. Para os dados da densidade das espécies foi realizada uma preleção das espécies.

Previamente à realização das análises estatísticas, os dados de fatores ambientais e de densidade das espécies foram avaliados quanto a presença de outliers e, adicionalmente, os fatores ambientais foram testados quanto a multicolinearidade seguindo os procedimentos e tomadas de decisão descritos em Zuur et al. (2010) (com algumas modificações). Inicialmente, os fatores ambientais e densidade das espécies

foram testados, separadamente, quanto à ocorrência de outliers através da inspeção de gráfico de Cleveland (CLEVELAND, 1993) e por uma Análise de Componentes Principais preliminar (KOHLER; LUNIAK, 2005). Em seguida, os fatores ambientais foram transformados pelo método da padronização (*z-score*), conservando os dados com o valor de tendência central e desvio, média 0 (zero) e variância 1 (um). Em seguida, os dados foram testados quanto à presença de colinearidade no conjunto multivariado observando-se a matriz de correlação das variáveis ambientais e através do cálculo do fator de variação da inflação (*vif* – *variation inflation factor*). A correlação de Spearman foi preferida pelo fato de desconsiderar as relações lineares entre as variáveis (ZAR, 2010). Como o objetivo das análises era primariamente de caracterização da condição ambiental e, posteriormente de verificar se havia variáveis correlacionadas com os padrões de densidade dos dados, nenhum fator ambiental foi retirado da matriz. Portanto, a colinearidade foi considerada apenas como um passo exploratório. Com relação à matriz de densidade das espécies, devido a grande variância de densidade entre as espécies e o grande número de zero nas amostras foi aplicada uma transformação à raiz quarta de acordo com o proposto por Quinn e Keough (2002).

Após estes passos preliminares, os dados foram inspecionadas através de uma análise de componentes principais (ACP) e, em seguida, avaliados separadamente por análise de comparação de média e mediana (Teste t, Análise de variância e teste de Kruskal-Wallis). Em seguida, correlacionado com a matriz de densidade das espécies através de Análises de Correspondência Canônica (ACC).

Uma ACP com os dados totais dos fatores ambientais foi realizada com o intuito de investigar a variação das características ambientais nos estratos de profundidade (Superfície, Meia/Água e Fundo) e de acordo com o Fator Sazonal (Seco e Chuvoso), considerando as componentes principais que assinalaram uma variância cumulativa a partir de 70%. Nas componentes principais assinaladas foram ainda observadas os valores de loadings (carga de variância dos fatores ambientais) com valores modulares acima de 0,3 como indicativos de variância relevantes para interpretação dos dados.

Após a identificação do panorama geral de variação dos dados ambientais pela ACP foram realizadas análises de diferença de média e mediana para cada variável, separadamente. Para este conjunto de análises, inicialmente, os dados foram testados quanto a sua normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) e pelo teste de homogeneidade de variância de Levene (SOKAL; ROHLF, 1985). Após os testes, os dados que se apresentaram como não paramétricos (não normais e

heterogêneos) foram transformados a logaritmo (log base 10), raiz quadrada, log base $10 + 1$ e raiz quadrada $+1$ de acordo com o proposto por Zar (2010) na tentativa de alcançar a parametricidade. Os testes de normalidade e homogeneidade foram repetidos após cada transformação de dados respectiva. Foram considerados dois fatores de classificação: Sazonal com os níveis Seco e Chuvoso e, Espacial, com os níveis Superfície, Meia/Água e Fundo. Para os dados paramétricos foi utilizado o teste t de Student e a Análise de variância (ANOVA) (ZAR, 2010) de dois fatores para a comparação para somente o fator Sazonal ou, considerando os dois fatores classificatórios, respectivamente. O teste a posteriori escolhido para avaliar as diferenças entre os níveis de cada fator foi o teste de Tukey-Kramer (ZAR, 2010). Para os dados não paramétricos foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis (HOLLANDER; WOLFE, 1973; ZAR, 2010). Devido a ausência de procedimentos estatísticos não-paramétricos bem descritos e referenciados para testes de diferença de mediana para dois fatores (SOKAL; ROHLF, 1985) o teste de Kruskal-Wallis foi realizado separadamente para cada fator. Neste último caso, foram utilizados os testes par-a-par de Wilcoxon com correção do valor de probabilidade proposto por Holm (1979) como teste a posteriori.

Em seguida, uma ACC foi realizada através da função de ajuste ambiental (*enviromental fitting*), uma rotina que traça a correlação máxima das variáveis ambientais com os dados de uma ordenação (densidade das espécies). Foram consideradas na interpretação dos dados e no ajuste ambiental os eixos da ACC que contabilizaram mais de 70% da variação total de dados. A avaliação da significância do ajuste dos vetores ocorreu por permutações ($n = 9999$) utilizando a estatística goodness of fit do coeficiente de correlação quadrado (r^2). Para os fatores ambientais, isto é definido como $r^2 = 1 - SS_w / SS_t$, sendo: SS_w – soma dos quadrados dentro dos grupos e; SS_t – Soma dos quadrados totais (OKSANEN et al., 2012). Além disso, um teste de permutação de Monte Carlo ($n = 9999$) foi realizado como inferência de verificar se os autovalores apresentaram distribuição ao acaso. Somente foram analisados os gráficos da CCA envolvendo os eixos e fatores ambientais que foram significativos de acordo com os respectivos testes mencionados anteriormente. Foi realizada uma ACC para cada nível dos dados ambientais em relação à matriz das densidades de espécies.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012), adotando o nível de significância de 5% (ZAR, 2010). Os seguintes pacotes estatísticos do software R foram utilizados: ‘stats’

(PCA, Teste de Shapiro-Wilks, par-a-par de Wilcoxon, Teste de qui-quadrado; R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012), ‘vegan’ (CCA, *environmental fitting*; OKSANEN et al., 2012) e ‘car’ (Teste de Levene; FOX; WEISBERG, 2011). As análises de componentes principais, correspondência canônica, Krukall-Wallis, teste t de Student e das ANOVAS de dois fatores foram realizadas separadamente para evitar possíveis conflitos computacionais.

6.7 Normatização do Trabalho

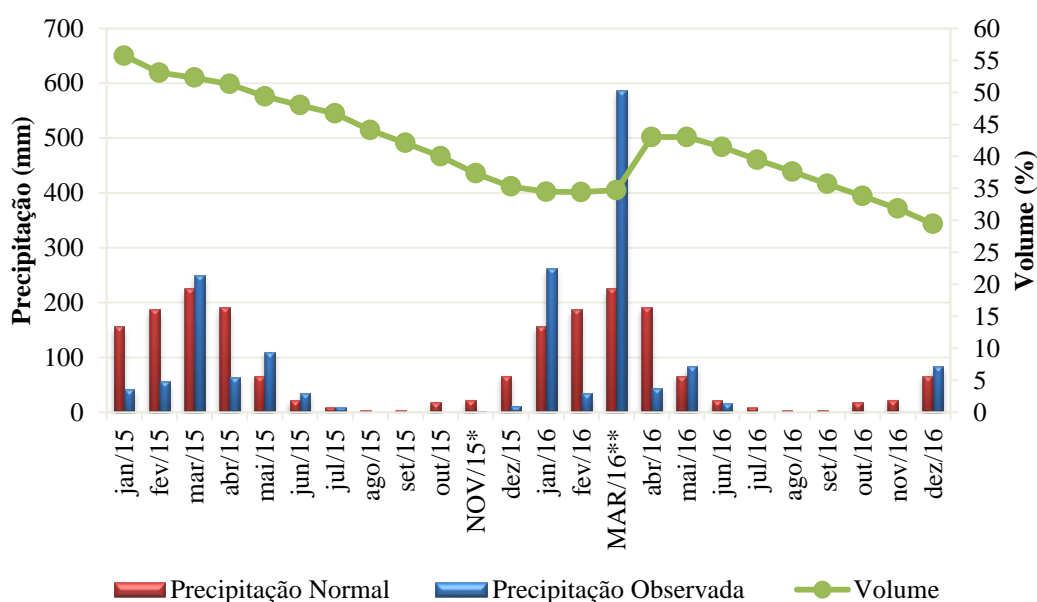
Para normatização do trabalho, foram utilizadas as indicações da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2011), NBR 14.724 de abril de 2011 para a formatação e documentação do trabalho acadêmico a ABNT (2002), NBR 6023 para documentação das referências.

7. RESULTADOS

7.1 Descritores Climatológicos: Pluviosidade e Volume do Reservatório

O total de chuvas precipitado no Município de Várzea Alegre correspondente aos anos de 2015 e 2016 foi de 1687,6 mm, exibindo uma sazonalidade marcante, com distinção do período chuvoso (janeiro a maio) e seco (junho a dezembro). Para os meses de coleta, registrou-se uma pluviosidade de apenas 2 mm em novembro de 2015 (normal climatológica de 22,4 mm) e 587,4 mm em março de 2016 (normal climatológica de 225,4 mm). Em ambos os anos os maiores valores de volume de armazenamento do Reservatório Olho D'Água foram registrados para o período chuvoso estando assim os menores valores condicionados ao período seco (Figura 4, Apêndices II e III).

Figura 4 – Variação na pluviosidade (normal e observada) e no volume do Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE, referente ao período de janeiro de 2015 a dezembro de 2016.



7.2 Descritores Limnológicos

Os valores dos parâmetros limnológicos abióticos (físico-químicos) e bióticos (clorofila *a*) durante o estudo nictemeral/sazonal encontram-se listados na Tabela 4 e Apêndices IV e V. De todos os fatores ambientais apenas a variável temperatura da

água e clorofila *a* apresentaram diferenças de médias tanto para os fatores sazonal e espacial ($p < 0,05$). No entanto, as análises não identificaram diferença significativa na interação entre estes fatores (sazonal vs. espacial, $p > 0,05$), somente nos fatores isolados (sazonal, $p < 0,05$; espacial, $p < 0,05$).

A temperatura do ar apresentou médias de $28,76\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1,55$) no período seco e $30,12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,22$) no período chuvoso, em ambos os períodos ocorreu um aumento acentuado com pico máximo às 12:00 seguido de um posterior decréscimo. De acordo com o teste t de Student seus valores não apresentaram diferença de média na avaliação do fator sazonal ($p > 0,05$).

Os maiores valores de transparência da água foram registrados durante o período seco com valor médio de $2,14\text{ m}$ ($\pm 0,01$) e o período chuvoso apresentou média de $1,76\text{ m}$ ($\pm 0,02$). A zona eufótica esteve entre $4,91$ e $6,13\text{ m}$, com médias de $5,79\text{ m}$ ($\pm 0,03$) e $5,13\text{ m}$ ($\pm 0,05$) nos períodos seco e chuvoso, respectivamente. Para ambas as variáveis apenas o fator sazonal foi testado pelo teste t de Student que indicou nas duas avaliações maiores médias para o período seco ($p < 0,05$) (Apêndice VIb,c).

A temperatura da água apresentou perfil térmico estratificado na maioria dos horários amostrados durante todo o estudo, com valores menores durante o período seco e maior durante o chuvoso, sendo as médias $28,63\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1,13$) e $30,61\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1,03$), respectivamente. As diferenças entre a menor e maior profundidade foram de $0,6$ a $2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ no seco e $0,3$ a $3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ no chuvoso. A maior média sazonal foi registrada para o período chuvoso enquanto para o fator espacial houve diferença em todas as comparações ($p < 0,05$) sendo, a menor média no estrato fundo e a maior no estrato superfície (Apêndice VIIIa,b).

A distribuição de oxigênio dissolvido na coluna d'água apresentou-se de forma estratificada durante todo o estudo, exibindo perfil clinogrado com hipóxia nas regiões mais profundas (hipolímnio). As médias foram de $3,73\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ($\pm 0,23$) no período seco e $4,76\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ($\pm 0,89$) no período chuvoso. Esse parâmetro apresentou diferenças somente para o fator espacial ($p < 0,05$), sendo o estrato fundo com a menor mediana e diferente do estrato meia/água e superfície. Além disso, não houve diferença de mediana entre os estratos meia/água vs. superfície (Apêndice VII).

O potencial hidrogeniônico apresentou-se com perfis variando de levemente ácidos e alcalinos no período seco com média de $7,27$ ($\pm 1,04$) e neutroalcalinos no chuvoso, com média $8,12$ ($\pm 0,51$). Houve diferença de médias somente para o fator

sazonal na ANOVA de dois fatores ($p < 0,05$), sendo a maior média para a estação chuvosa (Apêndice VIa).

As médias para a condutividade elétrica foram de $236,7 \mu\text{S./cm}^{-1}$ ($\pm 5,18$) e $234,36 \mu\text{S./cm}^{-1}$ ($\pm 11,7$) e para os sólidos totais dissolvidos foram de $118,2 \text{mg./L}^{-1}$ ($\pm 2,12$) e $117,44 \text{mg./L}^{-1}$ ($\pm 7,3$), nos períodos seco e chuvoso, respectivamente. Em ambos os períodos sazonais estes foram os parâmetros que apresentaram menor coeficiente de variação, apresentando valores levemente superiores no período seco. De acordo com a ANOVA de dois fatores realizada não foi detectada nenhuma diferença estatística nas médias tanto no fator sazonal quanto espacial ($p > 0,05$).

Os valores de clorofila *a* apresentaram média de $16,22 \mu\text{g./L}^{-1}$ ($\pm 13,13$) no período seco e $9,06 \mu\text{g./L}^{-1}$ ($\pm 9,33$) no chuvoso. Em ambos os períodos estudados os maiores valores foram registrados para a superfície, seguida das demais camadas. A maior média sazonal para este fator ambiental foi registrada para o período seco enquanto para o fator espacial, houve diferença em todas as comparações ($p < 0,05$) apresentando a mesma dinâmica destacada para a variável temperatura da água (Apêndice VIIIc,d).

Tabela 4 – Variáveis limnológicas (físico-químicas e clorofila a) nas diferentes profundidades no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE durante os períodos seco (nov./2015) e chuvoso (mar./2016), respectivamente.

VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS	PERÍODO SECO									PERÍODO CHUVOSO									
	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	00:00	03:00	06:00	09:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	00:00	03:00	06:00	09:00	
Temperatura do Ar (°C)	27,80	36,10	35,10	28,00	27,60	27,40	26,20	25,00	25,60	30,52	39,20	33,10	29,40	28,70	27,90	26,60	25,50	30,20	
Transparência (m)	2,20	2,27	1,82	-	-	-	-	2,23	2,22	1,85	1,9	1,65	-	-	-	-	1,56	1,88	
Zona Eufótica (m)	5,94	6,12	4,91	-	-	-	-	6,02	5,99	4,99	5,13	4,45	-	-	-	-	4,21	5,07	
Temperatura da Água (°C)	S	29,00	30,50	30,62	29,70	29,40	29,30	28,60	28,80	29,70	30,30	31,80	32,80	32,70	31,50	31,20	31,00	30,70	31,30
	M/A	29,00	29,60	29,20	28,70	28,00	27,20	26,00	29,00	29,40	30,10	31,20	31,00	30,70	30,30	30,20	30,00	30,70	31,00
	F	28,40	29,40	28,60	28,50	27,70	27,00	26,70	27,10	27,80	30,00	30,10	29,90	29,40	29,20	29,00	28,70	29,00	29,90
Oxigênio Dissolvido (mg./L ⁻¹)	S	8,41	8,90	6,07	5,48	4,90	4,63	3,90	7,63	8,40	6,44	5,25	7,94	6,09	8,43	7,92	6,64	7,02	7,80
	M/A	4,91	5,37	5,23	4,68	3,60	3,33	3,03	4,40	5,40	6,43	7,63	5,68	7,29	7,91	6,97	6,56	6,60	8,52
	F	0	0,81	0,43	0	0	0,34	0,30	0,14	0,53	0	0	0	0	0,35	0,70	0,16	0	0,36
Potencial Hidrogeniônico (pH)	S	9,10	8,20	8,16	7,49	7,28	7,48	7,39	6,37	6,34	8,66	7,70	8,09	7,67	8,52	8,00	8,02	8,29	7,81
	M/A	8,54	8,60	7,53	7,53	7,37	6,53	6,50	6,50	6,54	8,73	7,28	8,25	8,10	8,57	8,55	8,45	8,36	8,05
	F	7,45	7,34	7,50	6,50	6,80	6,02	6,14	7,38	7,79	8,21	7,54	7,84	7,83	8,30	8,29	8,43	8,14	7,57
Condutividade Elétrica (µS./cm ⁻¹)	S	216	237	234	242	244	239	237	238	242	276	232	233	231	231	231	232	232	233
	M/A	236	236	234	236	236	237	236	236	235	235	231	231	231	231	231	236	232	231
	F	239	236	243	239	237	237	236	236	236	240	232	236	234	233	235	232	234	237
Sólidos Totais Dissolvidos (mg./L ⁻¹)	S	108	119	117	121	122	120	119	119	121	144	116	117	116	116	116	116	116	116
	M/A	118	118	117	118	118	118	118	118	117	117	115	116	115	116	116	116	116	116
	F	119	118	121	119	118	119	118	118	116	120	116	118	117	116	117	116	117	118
Clorofila a (µg./L ⁻¹)	S	33,15	37,42	10,69	15,50	10,69	28,33	22,23	16,57	55,06	33,74	20,53	11,07	12,14	11,60	9,07	10,53	39,56	11,76
	M/A	7,48	17,11	6,42	13,90	14,43	21,38	14,21	11,76	45,44	3,21	9,62	2,14	2,14	1,07	11,07	8,07	11,60	6,95
	F	2,14	3,21	1,60	11,76	9,62	3,74	2,14	14,43	7,48	2,14	5,88	5,88	2,14	1,07	0,90	7,20	1,07	2,67

Legenda: Profundidades: Superfície (S); Meia/Água (M/A) e Fundo (F).

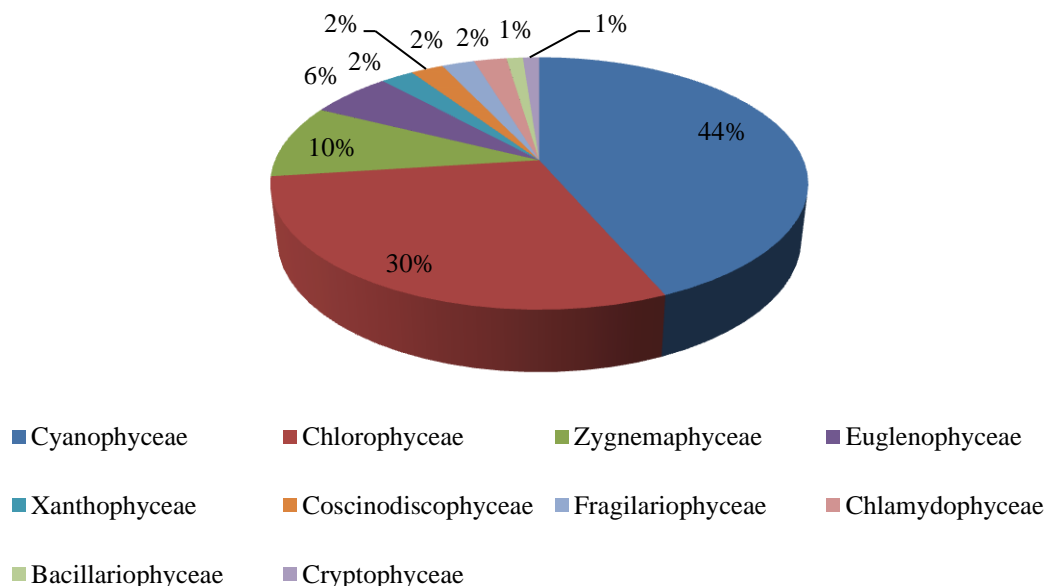
7.3 Descritores Biológicos

7.3.1 Composição Fitoplanctônica e Variação Espaço-Temporal

A análise das 54 amostras coletadas no Reservatório Olho D'Água permitiu inventariar 85 táxons durante o período amostrado, distribuídos entre as divisões Cyanobacteria, Xanthophyta, Bacillariophyta, Cryptophyta, Euglenophyta e Chlorophyta. Os táxons estiveram distribuídos em 10 classes, 13 ordens, 24 famílias e 55 gêneros (Tabela 6).

As espécies distribuíram-se da seguinte forma: 37 para a classe Cyanophyceae (44%), 25 para Chlorophyceae (30%), oito para Zygnemaphyceae (10%), cinco para Euglenophyceae (6%). As demais classes estiveram representadas por apenas dois táxons: Chlamydoephyceae, Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae e Xanthophyceae (2% cada), e uma espécie de Bacillariophyceae e Cryptophyceae (cada uma com 1%) (Figura 5).

Figura 5 – Distribuição das espécies fitoplanctônicas (%), por classes identificadas no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE, durante a variação nictemeral sazonal.



Em relação à variação espacial dos táxons, verificou-se uma distribuição uniforme do fitoplâncton na coluna d'água durante os dois ciclos nictemerais (seco e

chuvoso). Os maiores valores de riqueza de espécies foram atribuídos às amostras referentes à superfície ($r= 365$), seguida das demais profundidades, meia/água ($r= 359$) e fundo ($r= 302$). No geral, 58 táxons foram comuns às três profundidades estudadas, quatro espécies ocorreram exclusivamente nas amostras da subsuperfície e uma para a meia/água e fundo.

A análise sazonal mostrou que a maioria dos táxons ocorreu no período chuvoso com 83 spp. (24 exclusivas), enquanto que, 61 spp. ocorreram no período seco (duas exclusivas) e 59 táxons foram comuns aos dois períodos sazonais (Tabela 5). As classes Cyanophyceae e Chlorophyceae predominaram em ambos os períodos, com maior riqueza no chuvoso.

Tabela 5 – Sinopse dos táxons inventariados no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE, durante a variação nictemeral/sazonal. Continua...

CYANOBACTERIA

CYANOPHYCEAE

Cianobactéria filamentosa não identificada

Chroococcales

Chroococcaceae

Chroococcus minutus (Kützing) Nägeli

Chroococcus turgidus (Kützing) Nägeli

Merismopediaceae

Aphanocapsa delicatissima West & G.S.West

Aphanocapsa elachista West & G.S.West

Aphanocapsa holsatica (Lemmermann) Cronberg & Komárek

Coelomoron tropicale P.A.C.Senna, A.C.Peres & Komárek

Coelosphaerium sp.[▲]

Merismopedia glauca (Ehrenberg) Kützing

Merismopedia punctata Meyen

Merismopedia tenuissima Lemmermann

Snowella sp.

Synechocystis aquatilis Sauvageau

Microcystaceae

Gloeocapsa sp.*

Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing

Microcystis panniformis Komárek *

Microcystis protocystis Crow *

Synechococcaceae

Aphanothece sp.

Cyanodictyon sp.₁

Cyanodictyon sp.₂

Cyanothece sp.[▲]

Synechococcus sp.

Oscillatoriales

Phormidiaceae

Phormidium sp.

Planktothrix sp.

Spirulina sp.*

Pseudanabaenaceae

Geitlerinema amphibium (C.Agardh ex Gomont) Anagnostidis

Leptolyngbya sp.*

Planktolynghya limnetica (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg

Pseudanabaena catenata Lauterborn

Pseudanabaena mucicola (Naumann & Huber-Pestalozzi) Schwabe

Romeria sp.

Nostocales

Nostocaceae

Anabaena sp.

Anabaena circinalis Rabenhorst ex Bornet & Flahault*

Anabaenopsis sp.

Aphanizomenon sp.*

Cylindrospermopsis cf. *raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju

Rivulariaceae

Calothrix sp.*

XANTHOPHYTA

XANTHOPHYCEAE

Mischococcales

Pleurochloridaceae

Isthmochloron lobulatum (Nägeli) Skuja

Tetraplektron torsum (Skuja) Dedusenko Scegoleva

BACILLARIOPHYTA

COSCINODISCOPHYCEAE

Thalassiosirales

Stephanodiscaceae

Tabela 5 – Sinopse dos táxons inventariados no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE, durante a variação nictemeral/sazonal. Continuação...

<i>Cyclotella</i> sp. ₁	CHLOROPHYCEAE
<i>Cyclotella</i> sp. ₂	Klebsormidiales
FRAGILARIOPHYCEAE	Coccomyxaceae
Fragilariales	<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille
Fragilariaceae	<i>Elakatothrix linearis</i> Pascher
<i>Fragilaria</i> sp.	<i>Elakatothrix</i> sp.
<i>Synedra</i> sp.	Chlorococcales
BACILLARIOPHYCEAE	Dictyosphaeriaceae
Naviculales	<i>Botryococcus braunii</i> Kützing
Naviculaceae	<i>Botryococcus protuberans</i> West & G.S.West*
<i>Navicula</i> sp.	<i>Botryococcus terribilis</i> Komárek & Marvan*
CRYPTOPHYTA	Oocystaceae
CRYPTOPHYCEAE	<i>Ankistrodesmus bernardii</i> Komárek*
Cryptomonadales	<i>Ankistrodesmus densus</i> Korshikov*
Cryptomonadaceae	<i>Ankistrodesmus spiralis</i> (W.B.Turner) Lemmermann
<i>Cryptomonas</i> sp.	<i>Closteriopsis longissima</i> (Lemmermann) Lemmermann*
EUGLENOPHYTA	<i>Kirchneriella rosolata</i> Hindák
EUGLENOPHYCEAE	<i>Monoraphidium</i> sp.
Euglenales	<i>Nephrocytium</i> sp.*
Euglenaceae	<i>Oocystis lacustris</i> Chodat
<i>Euglena</i> sp.	<i>Oocystis marssoni</i> Lemmermann*
<i>Trachelomonas armata</i> (Ehrenberg) F.Stein	Palmellaceae
<i>Trachelomonas</i> sp. ₁	<i>Sphaerocystis</i> sp.*
<i>Trachelomonas</i> sp. ₂	Radiococcaceae
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Svirenko	<i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek
CHLOROPHYTA	<i>Eutetramorus tetrasporus</i> Komárek
CHLAMYDOPHYCEAE	<i>Radiococcus hindakii</i> (J.Komárek) I.Kostikov, T.Darienko, A...*
Chlamydomonadales	<i>Radiococcus planktonicus</i> J.W.G.Lund
Chlammydomonadaceae	<i>Thorakochloris planktonica</i> B.Fott
<i>Chlamydomonas</i> sp.	Scenedesmaceae
Volvocaceae	<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli
<i>Pandorina morum</i> (O.F.Müller) Bory*	<i>Coelastrum (Hariotina) reticulatum</i> (P.A.Dangeard) Senn*

Tabela 5 – Sinopse dos táxons inventariados no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE, durante a variação nictemeral/sazonal. Conclusão.

Crucigenia quadrata Morren*

Treubariaceae

Treubaria sp.*

ZYGNEMAPHYCEAE

Desmidiales

Desmidiaceae

Closterium sp.₁

Closterium sp.₂

Cosmarium sp.₁*

Cosmarium sp.₂*

Staurastrum leptocladum Nordstedt

Staurastrum sp.₁

Staurastrum sp.₂*

Staurastrum sp.₃*

Legenda: Táxons exclusivos do Período Seco (▲); Táxons exclusivos do Período Chuvoso (*).

7.3.2 Densidade Fitoplanctônica (cel./mL⁻¹)

De maneira geral a densidade do fitoplâncton (Tabela 6) apresentou valores maiores durante o período seco, representado por 8.931.569 cel./mL⁻¹, enquanto no chuvoso apresentou 2.425.337 cel./mL⁻¹.

Tabela 6 – Distribuição da densidade (cel./mL⁻¹) por classes fitoplanctônicas durante a variação nictemeral/sazonal nas diferentes profundidades amostradas para o Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE.

RESUMO DAS DENSIDADES FITOPLANCTÔNICAS (cel./mL ⁻¹)								
CLASSES	PERÍODO SECO				PERÍODO CHUVOSO			
	S	M/A	F	Total Classe	S	M/A	F	Total Classe
Cyanophyceae	3986099	2285785	2530513	8802397	1045157	987557	330094	2362808
Chlorophyceae	31688	27032	56009	114729	27972	23682	3672	55326
Coccinodiscophyceae	1612	1590	1448	4650	580	137	96	813
Zygnemaphyceae	1651	1093	563	3307	1450	594	388	2432
Euglenophyceae	376	1529	898	2803	588	933	634	2155
Bacillariophyceae	449	842	107	1398	279	76	174	529
Cryptophyceae	162	402	187	751	97	48	12	157
Fragilariophyceae	434	308	0	742	198	186	88	472
Xanthophyceae	370	7	267	644	306	273	34	613
Chlamydomphyceae	148	0	0	148	0	32	0	32
Total=	4022989	2318588	2589992	8931569	1076627	1013518	335192	2425337
Densidade Total= 11356906								

Legenda: Profundidades, (S) superfície; (M/A) meia/água e (F) fundo.

A classe fitoplanctônica que mais se destacou durante todo o estudo foi Cyanophyceae, com média de 98% da densidade total, correspondendo a 8.802.397 cel./mL⁻¹, no período seco (99%), e 2.362.808 cel./mL⁻¹ no chuvoso (98%). As Chlorophyceae (2%) apresentaram a segunda maior contribuição, variando entre os períodos sazonais de 114.729 (seco) à 55.326 cel./mL⁻¹ (chuvoso). As densidades das demais classes representaram menos de 1% do total de organismos quantificados para este estudo.

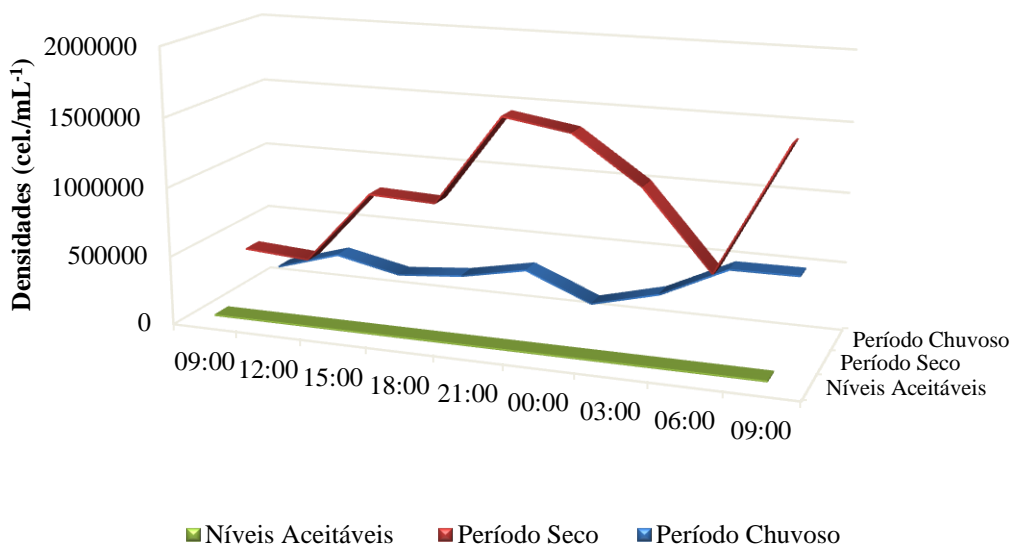
Foi observada variação quantitativa entre as profundidades amostradas (variação vertical), com maior densidade de organismos até a profundidade de 1 m (superfície). A

concentração percentual das classes fitoplanctônicas para esta profundidade (1 m) entre os períodos seco e chuvoso, representaram respectivamente: 99 e 97% para Cyanophyceae ($3.986.099$ e $1.045.157$ cel./mL⁻¹) e 1% e 3% para Chlorophyceae (31.688 e 27.972 cel./mL⁻¹). As demais classes representaram menos de 1% da densidade total, estando melhores representadas nas profundidades de 8 m (meia/água) e 15 m (fundo).

Cyanophyceae representaram > 98 % da densidade total do fitoplâncton durante o estudo, mas não apresentou um padrão definido de distribuição. Populações de *Aphanocapsa delicatissima* e *Planktolyngbya limnetica* representou até 47,16% e 19,01%, respectivamente, da densidade total do fitoplâncton, sendo consideradas as espécies mais representativas da comunidade, juntamente com *Microcystis aeruginosa* e *Aphanocapsa holsatica*.

As densidades de Cyanophyceae durante todo período de estudo (nictemeral/sazonal) estiveram acima dos níveis aceitáveis (até 50.000 cel./mL⁻¹) pela resolução CONAMA 357/2005 para águas doce de classe 2 e pelo padrão de potabilidade da água para consumo humano estabelecido pela Portaria N° 2.914 do Ministério da Saúde (MS) de 2011 (Figura 6).

Figura 6 – Densidade de Cyanophyceae (cel./mL⁻¹) durante a variação nictemeral/sazonal no Reservatório Olho D'água, Município de Várzea Alegre-CE, comparada aos níveis aceitáveis pela resolução do CONAMA 357/2005 e pela Portaria N° 2.914 do Ministério da Saúde (MS) de 2011.



Florações mistas de Cyanophyceae estiveram presentes no reservatório, compostas principalmente por *Aphanocapsa delicatissima* ($5.356.376$ cel./mL⁻¹),

Planktolyngbya limnetica (2.158.870 cel./mL⁻¹), *Microcystis aeruginosa* (2.149.126 cel./mL⁻¹), e *Aphanocapsa holsatica* (689.973 cel./mL⁻¹) e se alternaram temporalmente (nictemeral e sazonalmente). A espécie *Aphanocapsa delicatissima* prevaleceu na maior parte dos horários estudados, representando até 52,5% e 31,2% das Cyanophyceae nos períodos seco e chuvoso, respectivamente.

7.3.3 Espécies Descritoras, Dominantes e Abundantes

As espécies descritoras (Tabela 7) da comunidade fitoplancônica selecionadas a partir da densidade total relativa (cel./mL⁻¹) somaram: 94,09% (oito táxons) no período seco e 91,52 % (13 táxons) no período chuvoso, totalizando 14 espécies descritoras para ambos períodos. Cyanophyceae foi à classe mais representativa quanto à contribuição de táxons descritores (13), sendo que Chlorophyceae contribuiu com apenas um.

Considerando os períodos seco e chuvoso, observou-se que das 14 espécies descritoras da comunidade fitoplancônica, destacaram-se *Aphanocapsa delicatissima* (em ambos os períodos), *Planktolyngbya limnetica* e *Microcystis aeruginosa* (no período seco) e *Anabaena* sp. e *Aphanocapsa holsatica* (no período chuvoso), por contribuírem com os maiores valores de densidades durante o estudo.

Tabela 7 – Espécies descritoras com base na porcentagem de contribuição em densidade relativa (%) no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE. *Valores em negrito representam as espécies que contribuíram com os maiores valores de densidade relativa nos períodos seco e chuvoso.

ESPÉCIES DESCRITORAS	DENSIDADE RELATIVA	
	SECO	CHUVOSO
CYANOPHYCEAE		
<i>Anabaena</i> sp.	-	30,37
<i>Aphanizomenon</i> sp.	-	1,00
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	51,73	17,46
<i>Aphanocapsa holsatica</i>	2,98	14,01
<i>Aphanotece</i> sp.	2,45	1,88
<i>Chroococcus minutus</i>	3,21	1,51
<i>Merismopedia punctata</i>	-	1,07
<i>Merismopedia tenuissima</i>	2,62	-
<i>Microcystis aeruginosa</i>	9,06	11,47
<i>Microcystis panniformis</i>	-	2,10
<i>Microcystis protocystis</i>	-	1,23
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	21,06	6,37
<i>Planktothrix</i> sp.	-	1,61
CHLOROPHYCEAE		
<i>Kirchneriella rosolata</i>	1,0	1,44
Densidade Total=	94,09	91,52

Durante o estudo evidenciou-se uma predominância das Cyanophyceae com relação ao número de táxons considerados dominantes (2 spp.) e abundantes (15 spp.), sendo que somente uma espécie de Chlorophyceae enquadrou-se como abundante. As espécies de Cyanophyceae *Aphanocapsa delicatissima* foi dominante em 66% dos horários estudados no período seco (09:00, 18:00, 21:00, 00:00, 03:00) e em 22% dos horários do período chuvoso coincidindo com a espécie *Microcystis panniformis*, dominante apenas nesse período (12:00 e 03:00).

As espécies abundantes, cuja ocorrência foi superior ao valor médio de organismos da amostra, estiveram representadas em número de 16, sendo que sete destas ocorreram nos dois períodos estudados: *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanocapsa elachista*, *Aphanocapsa holsatica*, *Aphanotece* sp., *Chroococcus minutus*, *Microcystis aeruginosa* e *Planktolyngbya limnetica*, sete foram abundantes somente no período chuvoso: *Anabaena* sp., *Aphanizomenon* sp., *Kirchneriella roselata* (Chlorophyceae), *Leptolyngbya* sp., *Merismopedia punctata*, *Microcystis protocystis*, e *Planktothrix* sp., e duas abundantes somente no seco: *Merismopedia tenuissima* e *Snowella* sp.

7.3.4 Frequência de Ocorrência

A sinopse referente à frequência de ocorrência das espécies registradas no Reservatório Olho D'Água encontram-se representados na Tabela 8. Com relação à frequência de ocorrência, quatro táxons (5%) foram considerados como muito frequentes, todos pertencentes à Cyanophyceae, sendo estes: *Aphanocapsa delicatissima*, *Cyanodictyon* sp.₁, *Planktolyngbya limnetica* e *Synechocystis aquatilis*, ocorrendo em ambos os períodos estudados com oscilações populacionais em gradiente vertical.

Foram classificados como frequentes 13 táxons (15%): *Aphanocapsa holsatica*, *Aphanotece* sp., *Chroococcus minutus*, *Coelomoron tropicale*, *Merismopedia punctata*, *Merismopedia tenuissima* (Cyanophyceae), *Elakatothrix linearis*, *Kirchneriella roselata*, *Monoraphidium* sp., *Radiococcus planktonicus* (Chlorophyceae), *Staurastrum* sp.₁ (Zygnemaphyceae), *Trachelomonas* sp.₁ (Euglenophyceae) e *Navicula* sp. (Bacillariophyceae). Os demais táxons apresentaram-se durante o estudo pouco frequente (32 spp.; 38%) e esporadicamente (36 spp.; 42%).

7.3.5 Riqueza, Índices de Diversidade, Equitabilidade e Dominância

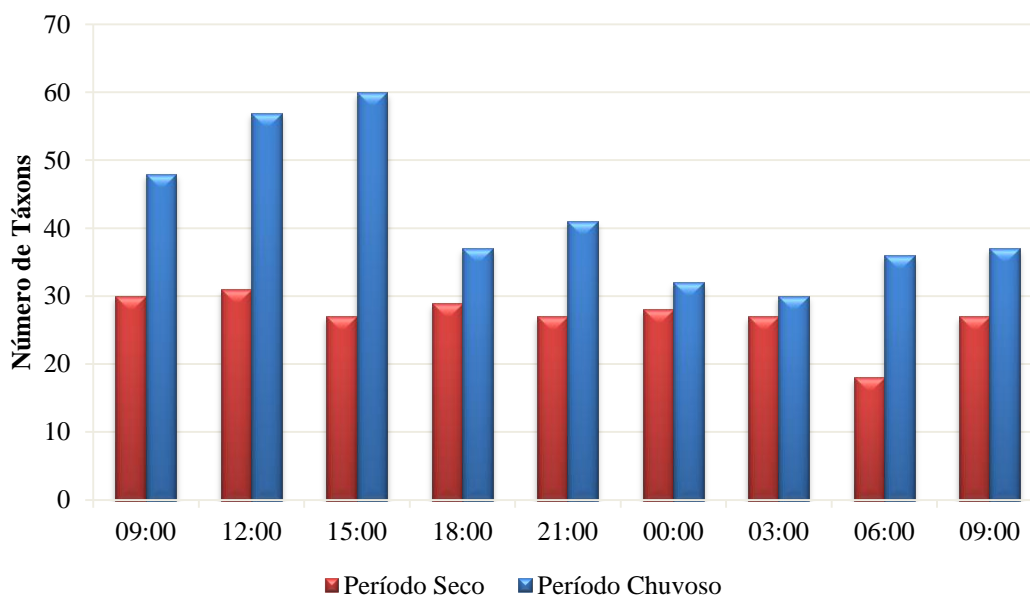
A Riqueza (R), os índices de Diversidade (H'), Equitabilidade (J') e Dominância (DS') apresentaram variações entre os horários e períodos de estudo (Tabela 9).

Tabela 9 – Valores de Riqueza (R), dos Índices de Diversidade (H'), Equitabilidade (J') e Dominância (DS') estimada a partir da densidade (cel./mL^{-1}), durante a variação nictemeral/sazonal no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE. * Valores em negrito representam a maior e a menor variação para cada índice avaliado nos períodos seco e chuvoso.

DENSIDADES (cel./mL^{-1})					
	HORÁRIOS	R	H' (bits.cel^{-1})	J'	DS' (cel./mL^{-1})
PERÍODO SECO	09:00	30	2,51	0,51	0,32
	12:00	31	2,50	0,50	0,28
	15:00	27	2,84	0,60	0,21
	18:00	29	2,23	0,46	0,34
	21:00	27	1,68	0,35	0,43
	00:00	28	1,54	0,32	0,43
	03:00	27	1,59	0,34	0,48
	06:00	18	1,48	0,36	0,56
	09:00	27	2,18	0,46	0,31
PERÍODO CHUVOSO	09:00	48	2,93	0,52	0,21
	12:00	57	2,51	0,43	0,34
	15:00	60	3,63	0,61	0,11
	18:00	37	2,83	0,54	0,19
	21:00	41	2,81	0,52	0,21
	00:00	32	3,10	0,62	0,17
	03:00	30	2,27	0,46	0,32
	06:00	36	2,79	0,54	0,20
	09:00	37	2,71	0,52	0,21

A riqueza de espécies fitoplanctônicas (Figura 7) durante o ciclo nictemeral foi superior no período chuvoso (média de 42 táxons; $\pm 10,70$) e menor no período seco (média de 27 táxons; $\pm 3,72$), sendo que o maior valor observado foi às 15:00 no período chuvoso (60 spp.) enquanto que o menor foi às 06:00 no período seco (18 spp.). No presente estudo as ordens que mais se destacaram foram Chroococcales e Chlorococcales (22 spp., cada), seguida de Oscillatoriales (9 spp.), Desmidiiales (8 spp.), Nostocales (6 spp.) e Euglenales (5 spp.).

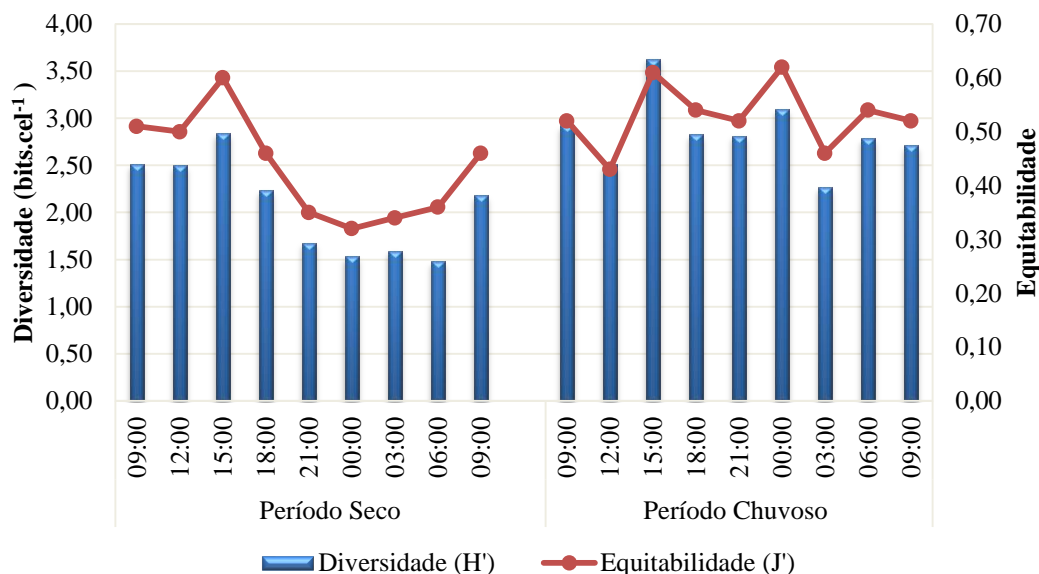
Figura 7 – Variação nictemeral/sazonal nos valores do Índice de Riqueza de espécies fitoplanctônicas durante o período de estudo no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE.



Os Índices de Diversidade Específica e Equitabilidade das espécies fitoplanctônicas identificadas no Reservatório Olho D'Água encontram-se representados na Figura 8. A diversidade específica foi média para ambos os períodos e horários amostrados. Durante o período seco, a diversidade apresentou valores menores (média de $H' = 2,06; \pm 0,50$), variando de $1,48 \text{ bits.cel}^{-1}$ no horário das 06:00 a $2,84 \text{ bits.cel}^{-1}$ às 15:00. No período chuvoso, a diversidade apresentou valores maiores (média de $H' = 2,84; \pm 0,38$), variando de $2,27 \text{ bits.cel}^{-1}$ no horário das 03:00 a $3,63 \text{ bits.cel}^{-1}$ às 15:00. A estrutura da comunidade no reservatório esteve representada 67% por uma diversidade média, 22% baixa e apenas 11% alta.

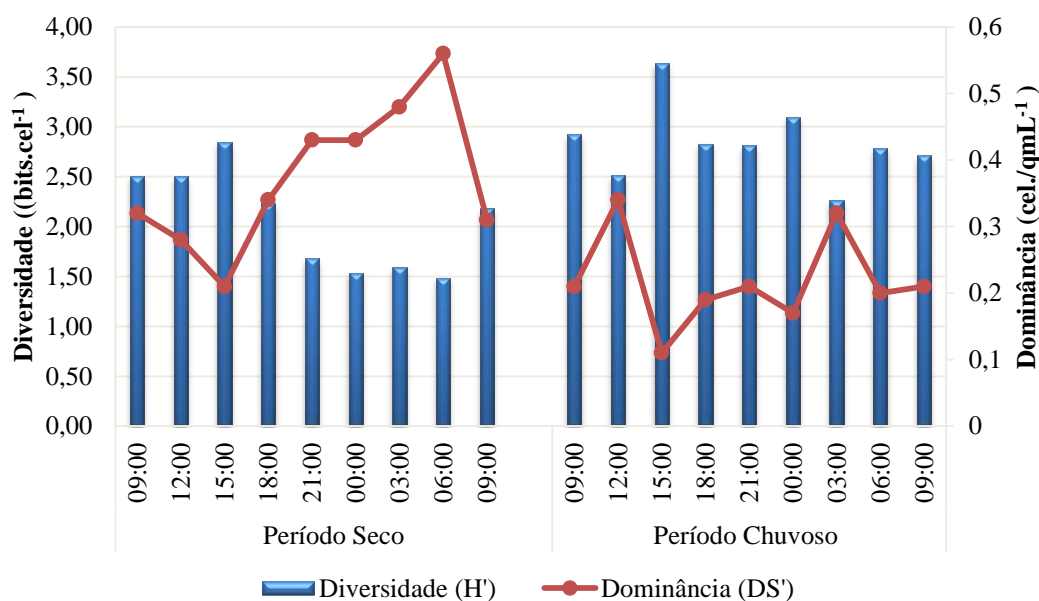
A equitabilidade registrada no período seco foi considerada baixa (média de $J' = 0,43; \pm 0,10$), variando de 0,32 (00:00) a 0,60 (15:00), no entanto demonstrou certa uniformidade das espécies durante o período chuvoso (média de $J' = 0,53; \pm 0,06$), variando de 0,43 (12:00) a 0,61 (15:00). Em relação à equitabilidade, a comunidade fitoplanctônica apresentou em 56% das amostras, distribuição uniforme durante o período de estudo, e distribuição não uniforme 39%, indicando domínio de populações de uma ou mais espécies.

Figura 8 – Índice de Diversidade Específica (Shannon e Wiener – H') e Equitabilidade (Lloyd e Ghelardi – J') das espécies fitoplanctônicas identificadas no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE, durante a variação nictemeral/sazonal.



Para o Índice de Dominância, os maiores valores foram registrados no período seco (média de $DS' = 0,37; \pm 0,11$), variando de 0,21 (15:00) a 0,56 cel./mL⁻¹ (06:00). No período chuvoso, registrou-se os menores valores de dominância (média de $DS' = 0,22; \pm 0,07$), variando de 0,11 (15:00) a 0,34 cel./mL⁻¹ (12:00) (Figura 9).

Figura 9 – Índice de Diversidade Específica (Shannon e Wiener – H') e Dominância (Simpson – DS') das espécies fitoplanctônicas identificadas no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE, durante a variação nictemeral/sazonal.



7.4 Índice de Estado Trófico (IET) e Índice de Comunidade Fitoplanctônica (ICF)

A avaliação do Índice de Estado Trófico (IET) de maneira geral permitiu classificar o Reservatório Olho D'Água como mesotrófico/eutrófico (Tabela 10). O valor da média ponderada dos IET Secchi e Clorofila *a* (superfície) foram semelhantes durante os períodos estudados, sendo levemente menor no seco (variando de 51 a 43; média= 47,20, \pm 3,59) e maior no chuvoso (variando de 52 a 43; média= 47,38, \pm 4,07).

Tabela 10 – Índice de Estado Trófico para as variáveis da Profundidade de Secchi (IET – S), Clorofila *a* (IET – CL), a média (IET – Médio) e sua classificação para o Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE, durante a variação nictemeral/sazonal.

		IET (S)	IET (CL)	IET (Média)	ESTADO TRÓFICO	CLASSE DO IET
PERÍODO SECO	09:00	56,58	44,77	51	Eutrófico	4
	12:00	56,44	44,95	51	Eutrófico	4
	15:00	57,40	43,10	50	Mesotrófico	3
	18:00	-	43,65	44	Mesotrófico	3
	21:00	-	43,10	43	Mesotrófico	3
	00:00	-	44,54	45	Mesotrófico	3
	03:00	-	44,18	44	Mesotrófico	3
	06:00	56,52	43,75	50	Mesotrófico	3
	09:00	56,54	45,52	51	Eutrófico	4
PERÍODO CHUVOSO	09:00	57,33	44,80	51	Eutrófico	4
	12:00	57,21	44,06	51	Eutrófico	4
	15:00	57,83	43,15	50	Mesotrófico	3
	18:00	-	43,29	43	Mesotrófico	3
	21:00	-	43,22	43	Mesotrófico	3
	00:00	-	42,86	43	Mesotrófico	3
	03:00	-	43,08	43	Mesotrófico	3
	06:00	58,07	45,03	52	Eutrófico	4
	09:00	57,26	43,24	50	Mesotrófico	3

O Índice de Comunidade Fitoplanctônica (ICF) foi aplicado, com base em observações da composição fitoplanctônica, da densidade total e do Índice de Estado Trófico (IET). De acordo com este índice, a qualidade da água do reservatório em estudo em ambos os períodos analisados (seco e chuvoso) pode ser classificada na categoria Ruim, ponderação quatro (4), ocorrendo dominância do grupo das Cyanophyceae com densidade total > 10000 cel./mL⁻¹ e valores IET < 63 .

7.5 Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise de Correlação Canônica (ACC)

Na análise de componentes principais os quatro primeiros componentes principais somaram 77,25% de variação dos dados (CP1: 40,27%, CP2: 15,62%, CP3: 11,07% e CP4: 10,28%) (Tabela 11).

Tabela 11 – Análise de Componentes Principais para os dados de fatores ambientais amostrados durante a variação nictemeral/sazonal. Loadings: Carga de variação dos fatores ambientais. * Loadings em negrito destacam as variáveis de maior variação em cada componente.

CP	AUTOVALOR	VAR (%)	VARC (%)	
1	7.65169	40.272	40.272	
2	2.9694	15.628	55.9	
3	2.10403	11.074	66.974	
4	1.9541	10.285	77.259	
LOADINGS	CP1	CP2	CP3	CP4
TAr	0.1548	0.196	-0.06322	-0.00451
TÁg_(S)	0.3235	-0.01829	-0.08926	0.1238
TÁg_(M)	0.3294	-0.0211	0.1208	0.1304
TÁg_(F)	0.3197	0.1788	0.0832	0.102
OD_(S)	0.1682	-0.08474	0.3912	-0.2755
OD_(M)	0.3323	-0.04462	0.09408	0.08447
OD_(F)	-0.0152	-0.1012	0.3331	-0.3376
pH_(S)	0.193	0.3372	-0.04081	-0.3208
pH_(M)	0.2694	0.2243	0.1005	-0.1793
pH_(F)	0.2875	-0.0244	0.2503	0.05044
CE_(S)	-0.08856	0.3117	0.2813	0.4714
CE_(M)	-0.3088	0.08759	0.09343	-0.06435
CE_(F)	-0.1518	0.4181	0.04064	-0.1483
STD_(S)	-0.06987	0.3392	0.285	0.4473
STD_(M)	-0.3154	0.1363	0.07697	-0.1901
STD_(F)	-0.1415	0.4774	-0.08484	-0.1298
CL_(S)	-0.1005	-0.0382	0.5273	-0.06202
CL_(M)	-0.2018	-0.2711	0.3893	0.01443
CL_(F)	-0.1666	-0.1693	-0.0767	0.3424

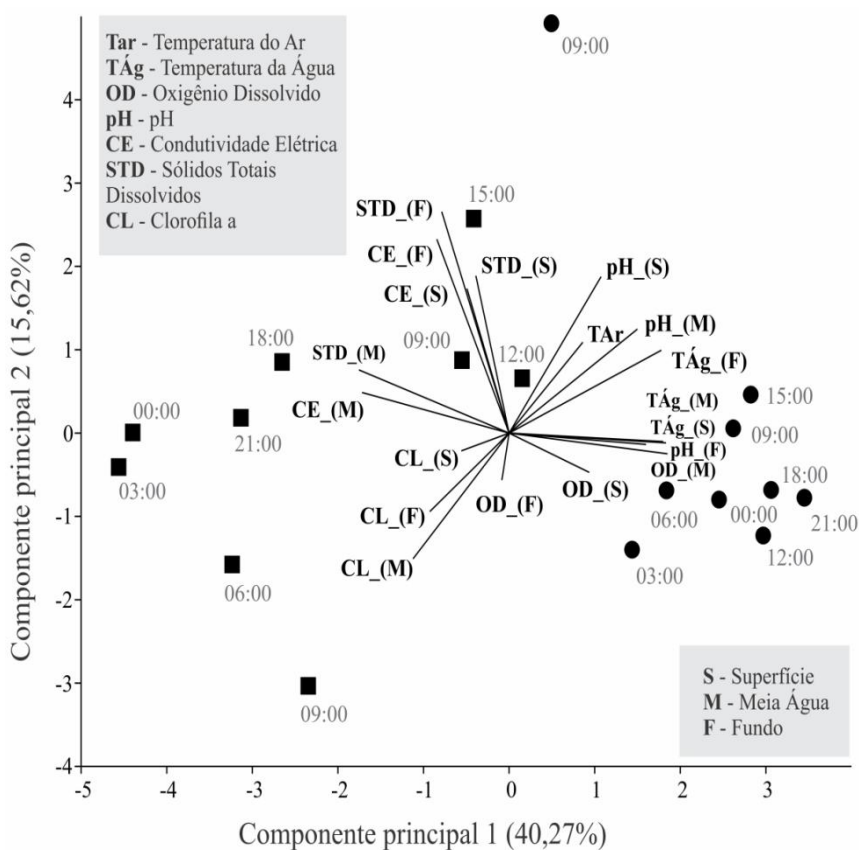
Legenda: Componente Principal (CP), Variância (Var), Variância acumulada (VarC); Loadings: Temperatura do Ar (TAr); Temperatura da Água Superfície (TÁg_S); Temperatura da Água Meio (TÁg_M); Temperatura da Água Fundo (TÁg_F); Oxigênio Dissolvido Superfície (OD_S); Oxigênio Dissolvido Meio (OD_M); Oxigênio Dissolvido Fundo (OD_F); Potencial Hidrogeniônico Superfície (pH_S); Potencial Hidrogeniônico Meio (pH_M); Potencial Hidrogeniônico Fundo (pH_F); Condutividade Elétrica Superfície (CE_S); Condutividade Elétrica Meio (CE_M); Condutividade Elétrica Fundo (CE_F); Sólidos Totais Dissolvidos Superfície (STD_S); Sólidos Totais Dissolvidos Meio (STD_M); Sólidos Totais Dissolvidos Fundo (STD_F); Clorofila Superfície (CL_S); Clorofila Superfície Meio (CL_M) e Clorofila Fundo (CL_F).

O teste de diferença dos valores médios e medianos dos fatores ambientais corroborou grande parte da dinâmica observada na análise de componentes principais. O panorama geral de variação dos fatores ambientais coletados apresentou interpretações principalmente associadas à classificação sazonal amostrado durante o período de estudo.

Na avaliação dos dois primeiros componentes principais foi possível observar uma forte tendência de características ambientais distintas para cada período sazonal. Todas as amostras do período seco foram agrupadas exceto a amostra no horário de 09:00 (último horário do intervalo de estudo).

As principais variáveis com associação positiva ao período seco foram temperatura da água (três estratos), pH (estrato meia/água e fundo), oxigênio dissolvido (estrato fundo). Em ordem decrescente às variáveis temperatura do ar, pH (superfície) e oxigênio dissolvido (superfície). Já para o período chuvoso, as variáveis com associação positiva em ordem decrescente foram condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (meia/água), em seguida, clorofila *a*, condutividade elétrica (superfície e fundo) e sólidos totais dissolvidos (fundo) (Tabela 11, Figura 10).

Figura 10 – Biplot das duas primeiras componentes principais dos dados de fatores ambientais amostrados no durante a variação nictemeral/sazonal, seco (quadrados) e chuvoso (círculos), respectivamente.



Comparando a relação espacial de disposição das amostras de cada período sazonal também traz uma importante informação, a variação de dados é mais restrita no período seco (maior proximidade das amostras do respectivo grupo) enquanto no chuvoso há uma maior variação das variáveis (menor proximidade das amostras do respectivo grupo). A interpretação da combinação com os demais eixos foi semelhante.

Nos diversos ensaios da análise de correlação canônica (CCA) (fatores ambientais vs. espécies separados por cada extrato e, fatores ambientais vs. medidas de diversidade biológica) não foi encontrada associação diferente da esperada ao acaso de acordo com o procedimento de permutações de Monte Carlo para as CCAs (número de permutações = 999, $p > 0,05$).

8. DISCUSSÃO

O Reservatório Olho D'Água, localizado no Município de Várzea Alegre-CE está situado na região semiárida e inserido no “Polígono da Seca”, apresentou características típicas de ambientes variando de mesotrófico a eutrófico. No presente estudo a precipitação mostrou dois períodos sazonais bem definidos, com período chuvoso de baixa intensidade, ocorrendo em uma pequena etapa do ano, com maior volume registrado de janeiro a maio.

De acordo com Costa et al. (2009) estudos realizados em reservatórios do semiárido brasileiro mostraram que fatores como a seca prolongada, a evaporação intensa e o longo tempo de residência da água, agem decisivamente na determinação das condições hidrológicas da bacia hidrográfica e estão relacionadas com o estado de trofia do ambiente. Bouvy et al. (2003) também relataram um regime pluviométrico semelhante ao longo do ano nesta região, resultando em intensas flutuações sazonais no nível da água. Estes períodos caracterizam-se geralmente pela mudança de estado trófico do sistema, resultando em má qualidade da água devido ao aumento da turbidez e da biomassa de algas conseqüentemente ocorrendo inviabilidade do uso da maioria dos reservatórios para várias atividades humanas.

Na presente pesquisa foram observadas maiores temperaturas para a camada d'água superficial (1m) em ambos os períodos sazonais, assim como também registrado por Dantas et al. (2008). Estes autores apontaram que a temperatura da água foi uma das principais variáveis que influenciaram na comunidade fitoplanctônica do Reservatório Mundaú (PE), tanto em aspecto espacial quanto temporal (diferentes horários e períodos sazonais). Resultados semelhantes também foram verificados por Chellappa et al. (2007) e Vieira, Cardoso e Costa (2015) com maiores valores de temperatura no período chuvoso. Diferentemente do presente estudo, Moura et al. (2006; 2007a), Eskinazi-Sant'Anna et al. (2007) e Dantas et al. (2008) registraram maiores valores no período seco.

O reservatório em estudo mostrou-se estratificado na maioria dos horários amostrados em ambos os períodos sazonais, sofrendo influência da elevada temperatura do ar, a qual pode ocasionar também um aumento da temperatura da camada superficial. A temperatura apresenta um comportamento vertical que afeta a disponibilidade de luz e nutrientes, e é determinante na dinâmica sazonal de fitoplâncton (BECKER; HUSZAR;

CROSSETTI, 2009). De acordo com Frempong (1981) a estratificação térmica ocorre quando diferenças de temperatura entre subsuperfície e fundo atingem valores superiores a $1,5^{\circ}\text{C}$, no entanto outros autores, como por exemplo, Payne (1986) considera que em reservatórios de regiões tropicais, diferenças de até $0,5^{\circ}\text{C}$ podem resultar na ocorrência de microestratificações estáveis. Estudos realizados por Esteves (2011) apontaram que em regiões tropicais ocorre diariamente estratificação e desestratificação térmica com variações de temperatura bastante significativas se comparadas a variações sazonais, ou seja, nos lagos tropicais a amplitude de variação diária é maior do que a amplitude sazonal.

A ocorrência de temperaturas diferenciadas e a variação brusca destas entre determinadas profundidades geram camadas d'água com diferentes densidades, viscosidade, pressão, solubilidade e oxigênio dissolvido, que impede a mistura da água e cria condições de estabilidade térmica, funcionando assim como uma barreira para muitos grupos fitoplanctônicos. A entrada diurna de calor e a pronunciada variabilidade local na velocidade do vento durante o dia são fatores determinantes nas mudanças diárias no processo de estratificação térmica da coluna da água, podendo resultar também em ocorrências de estratificação química, física e biológica (PADISÁK; REYNOLDS, 1988; REYNOLDS, 1999; BARBOSA; PADISÁK, 2002; ESTEVES, 2011).

Maiores valores de transparência da água foram observados no período seco, seguido dos maiores valores de zonação eufótica, fato este que pode ser explicado pela menor quantidade de chuvas, o que diminui o transporte de material alóctone via escoamento para o reservatório (MALLASEN et al., 2012). Estes valores são importantes para a distribuição do fitoplâncton, pois, é na zona eufótica que essa comunidade encontra as melhores condições de luminosidade para o seu metabolismo. Nos ecossistemas aquáticos o fator mais importante é a sua transparência, pois esse parâmetro pode afetar profundamente as características da biota aquática (ESTEVES, 2011; PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Os valores de transparência registrados no reservatório em estudo foram maiores que nos reservatórios eutróficos do Estado do Pernambuco (BOUVY et al., 2003; DANTAS; MOURA; BITTENCOURT-OLIVEIRA, 2011) e Rio Grande do Norte (ESKINAZI-SANT'ANNA et., 2007; COSTA et al., 2009).

Em reservatórios de regiões tropicais, a distribuição vertical do oxigênio é determinada principalmente, pela alta temperatura e pelas características morfométricas

do corpo hídrico. Essas últimas favorecem ou dificultam a ação do vento, influenciando a distribuição de oxigênio no interior do ecossistema. Ventos fortes podem aumentar as concentrações desse gás, especialmente na camada superficial (ESTEVES, 2011). Para a presente pesquisa o padrão de distribuição do oxigênio dissolvido observado foi do tipo estratificado exibindo um perfil clinogrado com déficit de oxigênio no fundo do reservatório corroborando com os trabalhos de Dantas et al. (2008), Lira et al. (2014), Silva e Costa (2015) e Vieira, Cardoso e Costa (2015).

O perfil clinogrado clássico apresenta uma diminuição do oxigênio dissolvido à medida que aumenta a profundidade, geralmente as regiões mais profundas (hipolímnio) apresenta-se em hipóxia (com pouco oxigênio) ou anoxia (ausência de oxigênio), de modo geral o perfil clinogrado é observado em lagos e reservatórios eutróficos (FIORUCCI; FILHO, 2005). Segundo Vieira, Cardoso e Costa (2015) supõe-se que o período de estratificação para o oxigênio dissolvido se deve à baixa vazão e pouca mistura das massas de água na região limnética. Presume-se também que a desestratificação do mesmo se deve à alta vazão, promovendo a homogeneização ao longo da coluna d'água. A mesma justificativa pode ser aplicada ao comportamento da temperatura ao longo da profundidade.

O potencial hidrogeniônico no Reservatório Olho D'Água durante o período seco apresentou-se variando de levemente ácido a alcalino, enquanto que, no período chuvoso apresentou-se neutroalcalino, corroborando com os trabalhos de Moura et al. (2006; 2007a) e Dantas et al. (2008), em reservatórios eutróficos do Estado do Pernambuco, e Chellappa et al. (2007) e Lopes e Henry-Silva (2014) em reservatórios mesotróficos do Estado do Rio Grande do Norte. Segundo Braga et al. (2005) o pH é importante porque muitas reações químicas que ocorrem no meio ambiente são intensamente afetadas pelo seu valor, sistemas biológicos também são bastantes sensíveis ao valor do pH, sendo que, usualmente, o meio aquático deve ter pH entre 6,5 e 8,5 para que os organismos não sofram grandes danos.

Carvalho et al. (2000) afirmam que com o aumento das chuvas, o pH tende a subir e aproximar-se da neutralidade, pois ocorre a maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamento mais rápido, causado por um aumento no volume de água; isto faz com que a acidez da água diminua, fato ocorrido durante a estação do verão. Esteves (2011) afirma que algas podem elevar o pH do meio através da assimilação do CO₂ durante o processo fotossintético e onde ocorrem florações de algas.

A condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos foram os parâmetros que apresentaram menor coeficiente de variação durante o presente estudo, com valores levemente superiores no período seco, corroborando com os trabalhos de Moura et al. (2006; 2007b) e Chellappa, Câmara e Rocha (2009). De acordo com Bouvy et al. (2003), a elevada condutividade elétrica é um dos fatores que condicionam um aumento na biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*) em reservatórios, criando condições favoráveis ao desenvolvimento de cianobactérias, o que pode ser constatado por Panosso et al. (2007) e Chellappa, Câmara e Rocha (2009) que associaram os elevados valores de condutividade elétrica à dominância das cianobactérias.

De acordo com Margalef (1983), as águas naturais, em geral, apresentam condutividade de até $100\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ e segundo Matsuzaki et al. (2004) valores elevados desse parâmetro indicam alto grau de decomposição de matéria orgânica que libera maior quantidade de íons na coluna de água. Tundisi e Matsumura Tundisi (2008) relatam que os sólidos totais dissolvidos incluem todos os sais presentes na água e os componentes não iônicos; compostos orgânicos dissolvidos contribuem para os sólidos totais dissolvidos. Os valores de sólidos totais dissolvidos tem correlação direta e proporcional com a condutividade elétrica devido à concentração de íons presente nas amostras.

Os resultados de clorofila *a* foram influenciados espacialmente e temporalmente, apresentando maiores valores para a superfície (1 m) durante o período seco e horários de luminosidade. Em ambientes aquáticos, plantas, algas unicelulares e cianobactérias (algas azuis-esverdeadas) são as produtoras primárias mais importantes (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). As algas têm no seu organismo compostos muito eficazes na absorção da radiação, destacando-se clorofilas, os carotenoides e as xantofilas (ESTEVES, 2011). A clorofila *a* é utilizada para estimar a biomassa fitoplanctônica, e considera os organismos viáveis do ecossistema, ou seja, os que ainda são capazes de converter energia luminosa em energia química armazenada que pode ser disponibilizada para os demais níveis tróficos (WETZEL, 2001).

A clorofila *a* pode corresponder, dependendo das espécies presentes, de 1 a 2% do peso seco das algas planctônicas. Assim, a clorofila *a* pode ser considerada uma importante variável indicadora do estado trófico de ambientes aquáticos e uma ferramenta útil na avaliação de impacto de contaminantes orgânicos e inorgânicos e outros distúrbios (CETESB, 2014). A biomassa de espécies do fitoplancton em reservatórios depende de uma combinação complexa de fatores, tais como temperaturas,

luminosidade, disponibilidade de nutrientes e da comunidade zooplancônica (DANTAS; BITTENCOURT-OLIVEIRA; MOURA, 2012).

Os resultados das análises estatísticas mostraram que os fatores ambientes foram influenciados principalmente pela sazonalidade, corroborando com os trabalhos de Lira, Bittencourt-Oliveira e Moura (2007), Lira et al. (2011; 2014) e Vieira Cardoso e Costa (2015). A ocorrência de modelos para muitos parâmetros físicos e químicos é bastante comum em reservatórios tropicais, os quais são definidos basicamente pelas fortes influências das precipitações pluviométricas (SANTOS; CALIJURI, 1998; HUSZAR et al., 2000; FIGUEIREDO; GIANI, 2001; DOMITROVIC, 2003; LOPES et al., 2005; BORGES et al., 2008 apud LIRA et al., 2011).

Na composição fitoplanctônica do Reservatório Olho D'Água houve predomínio na riqueza específica para as classes Cyanophyceae e Chlorophyceae, juntas representaram 74% da comunidade, corroborando com outros trabalhos, em que estas classes também foram as mais representativas, na região Nordeste, em reservatórios de abastecimento público do Estado do Pernambuco (TRAVASSOS JÚNIOR et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2006; MOURA et al., 2007a; MONTEIRO, NASCIMENTO, MOURA, 2007; DANTAS et al., 2008; MOURA; NASCIMENTO; DANTAS, 2012; LIRA et al., 2014), Estado do Rio Grande do Norte (PANOSSO et al., 2007; COSTA et al., 2009; CÂMARA et al., 2015) e Estado do Ceará (OLIVEIRA et al., 2008; MOLISANI et al., 2010; LUCAS et al., 2016).

De acordo com Sant'Anna, Gentil e Silva (2006) e Tucci et al. (2006) Cyanophyceae e Chlorophyceae são as classes mais representativas quanto à riqueza de táxons, principalmente em ambientes eutrofizados e rasos, situação que se assemelha à realidade dos reservatórios da região nordeste do semiárido brasileiro, assim como Mariani et al. (2006) estudando reservatório da bacia hidrográfica da represa Billings, na região sudeste do país, Riacho Grande (SP), também associaram a presença de cianobactérias e clorofíceas ao processo de eutrofização do ambiente.

A maioria das cianobactérias é de água doce, podem viver no plâncton e/ou no perifíton. As espécies planctônicas são mais importantes em virtude dos problemas que podem causar nos ecossistemas aquáticos, tanto do ponto de vista ecológico, como sanitário, através da formação de florações ou liberação de cianotoxinas (SANT'ANNA et al., 2006). Em ecossistemas de água doce, são considerados os principais organismos fixadores de nitrogênio e importantes componentes de lagos e/ou reservatórios eutróficos (ARAGÃO et al., 2007; ESTEVES, 2011).

De acordo com Franceschini et al. (2010) as Chlorophyceae (algas verdes) ocupam praticamente todos os habitats, ocorrendo tanto em água doce (maioria da espécies) e em oceanos. Podem ser planctônicas, perifíticas, bentônicas ou subaéreas. Tucci et al. (2006) e Rodrigues, Sant'Anna e Tucci (2010) afirmam que a classe Chlorophyceae está amplamente distribuída nas águas continentais brasileiras, onde é quase sempre dominante em termos de riqueza, apresentam preferências por águas tropicais, geralmente com elevado grau de trofia.

A ficoflora no reservatório Olho D'Água (85 spp.), durante o estudo nictemeral/sazonal foi maior quando comparada com outros reservatórios da região semiárida do Brasil, no Estado do Pernambuco: Mundaú, 66 spp. (Dantas et al., 2008; 2009), Tapacurá, 22 spp. (ANDRADE et al., 2009); Apipucos, 46 spp. e Prata, 31 spp. (ALMEIDA; MELÃO; MOURA, 2012); Mundaú, 71 spp. (LIRA et al., 2014); Estado do Rio Grande do Norte: Lagoa de Extremoz, 75 spp. (ARAÚJO; COSTA; CHELLAPPA, 2000), Armando Ribeiro, 53 e 63 spp. (CÂMARA et al., 2015; VIEIRA; CARDOSO; COSTA, 2015); Santa Cruz do Apodi e Pau dos Ferros, 47 spp., (SILVA; COSTA, 2015) e Estado do Ceará: Tomaz Osterne de Alencar, 76 spp. (OLIVEIRA et al., 2008); Rosário, 50 spp. (LUCAS, et al., 2016).

O conhecimento sobre a biodiversidade de espécies da comunidade fitoplanctônica é imprescindível em estudos de avaliação, monitoramento e recuperação de ecossistemas aquáticos, permitindo conhecer as relações entre as variáveis ambientais e ocorrência de determinadas espécies, embora a composição taxonômica varie espacial e temporalmente em um corpo de água, caracterizações autoecológicas de condições ambientais baseadas em composição taxonômica devem consistentemente refletir as mudanças físicas e químicas causadas por seres humanos (STEVENSON; SMOL, 2003).

Apesar de ocorridas estratificações na coluna d' água durante o estudo, a distribuição vertical do fitoplâncton, no geral, mostrou-se uniforme. As classes mais representativas para ambas as profundidades estudadas, também foram: Cyanophyceae e Chlorophyceae. O sucesso ecológico e adaptativo destas classes pode ser atribuído à sua história evolutiva e suas características fisiológicas e estruturais, sendo que, a distribuição vertical de espécies fitoplanctônicas em reservatórios depende de um conjunto de fatores que envolvem desde a morfologia e fisiologia dos táxons, até as interações entre o regime de mistura, disponibilidade de radiação subaquática e

nutriente (HUSZAR et al., 2000; BOUVY et al., 2006; BORGES et al., 2008; apud LIRA et al., 2011).

Registrou-se durante a realização desta pesquisa uma maior riqueza de espécies durante o período chuvoso (83 spp.) em relação ao seco (61 spp.), com predomínio das classes Cyanophyceae e Chlorophyceae, em ambos os períodos. Outros estudos também demonstraram uma maior riqueza da comunidade fitoplanctônica em reservatórios durante período chuvoso, a exemplo: Monteiro, Nascimento e Moura (2007), Lira, Bittencourt-Oliveira e Moura (2009) e Moura et al. (2013) no Pernambuco; Panosso et al. (2007), Chellappa et al. (2007) e Costa et al. (2009) no Rio Grande do Norte e Lucas et al. (2016) no Ceará.

As chuvas tem uma forte influência na composição das espécies fitoplanctônicas e na biomassa total. A chuva atua como um fator diluidor e, ao mesmo tempo, como um fator de perturbação das comunidades aquáticas. Por outro lado, a estação seca, que normalmente coincidem com a instabilidade da coluna d' água, constitui um fator determinante nas mudanças da comunidade fitoplanctônica (CARVALHO, 2003).

De acordo com Sant'Anna, Gentil e Silva (2006), durante o período chuvoso, a quantidade de partículas em suspensão na água aumenta, em decorrência das chuvas, que levam várias substâncias para os corpos hídricos. Isso contribui para reduzir a quantidade de luz que atravessa a coluna d' água, diminuindo sua transparência e aumentando sua turbidez. Essas características favorecem o desenvolvimento de cianobactérias, que conseguem manter sua atividade fotossintética, e formar grande biomassa, mesmo em baixa intensidade luminosa.

Os valores de densidade fitoplanctônica (biomassa total), apresentaram-se inversamente proporcional, aos valores de riqueza de espécies, corroborando com a hipótese desse estudo. Maiores densidades foram registradas no período seco, sendo Cyanophyceae a classe predominante, representando 98% da densidade total. De acordo com Arfi (2005) maiores biomassas algais ocorrem quando os níveis dos reservatórios estão baixos. A chuva eleva o nível de sistemas aquáticos, reduzindo a disponibilidade de luz e a biomassa algal, gerando alterações na composição das diferentes associações de algas em sistemas tropicais (CHELLAPPA; BORBA; ROCHA, 2008; DANTAS et al., 2008).

A maior contribuição desta classe também foi verificada em outros estudos com enfoque na comunidade fitoplanctônica, em reservatórios da região nordeste, semiárido brasileiro, no Estado do Pernambuco (TRAVASSOS JÚNIOR et al., 2005; MOURA et

al., 2007a, 2007b; DANTAS et al., 2008; ANDRADE et al., 2009; LIRA et al., 2011), e no Estado do Rio Grande do Norte (PANOSSO et al., 2007; COSTA et al., 2009; CHELLAPPA; BORBA; ROCHA, 2008; VIEIRA; CARDOSO; COSTA, 2015).

Em termos de densidade foram observados variações na distribuição vertical do fitoplâncton, estando as classes Cyanophyceae e Chlorophyceae melhores representadas na profundidade de 1 m (superfície). Considerando os critérios estabelecidos por Reynolds (1984) com relação à distribuição vertical do fitoplâncton, podem ser observados três grupos: 1) algas pesadas com tendência à sedimentação (ex.: diatomáceas); 2) algas capazes de flutuar (ex.: algumas cianobactérias e clorofíceas); e 3) algas neutras, formado por organismos que tem densidades similar a da água (ex.: Chlorococcales) e por espécies que tem autonomia de locomoção (ex.: euglenofíceas e dinofíceas). No Reservatório Olho D'Água, as Cyanophyceae e Chlorophyceae puderam ser enquadradas no segundo grupo, de acordo com suas características estruturais, fisiológicas e ecológicas.

A proliferação excessiva (florações) de algas e cianobactérias nas camadas superficiais podem diminuir a penetração de luz, dificultando e até impedindo a distribuição de outros componentes do fitoplâncton na coluna d' água causando impactos negativos como a depelação de oxigênio (predominância de processo de consumo de oxigênio sobre os de produção) (ESTEVES, 2011). Floresções de cianobactérias constituem um fenômeno comum em ecossistemas de águas continentais em muitos países, no Brasil estas florações estão distribuídas tanto na região tropical como subtropical, dominando a comunidade fitoplanctônica em vários ambientes eutróficos (CHORUS; BARTRAM, 1999; HUSZAR; SILVA, 1999; AZEVEDO, 2002; CALIJURI; ALVES; SANTOS, 2006; BECKER et al., 2004; SANT'ANNA et al., 2006; 2008; COSTA et al., 2009).

Cyanophyceae são um grupo de algas que estão fortemente ligadas aos mais variados problemas ambientais e sanitários que acometem os ecossistemas de água doce, suas densidades estiveram durante todo o estudo acima dos valores recomendados pela resolução do CONAMA 357/2005 (águas doce de classe 2) e pela Portaria N° 2.914 do Ministério da Saúde de 2011, sinalizando a necessidade de um monitoramento acompanhado, visto que, as águas desse reservatório são utilizadas para diversas finalidades, como por exemplo: abastecimento público, atividades agropecuária, irrigação e lazer, garantindo a subsistência de populações rurais e urbanas do Município de Várzea Alegre (CE).

Florações de espécies de cianobactérias foram registradas nesta pesquisa: *Aphanocapsa delicatissima* predominou na maioria dos horários (nictemeral) e sazonalmente, co-ocorrendo com *Planktolyngbya limnetica*, *Microcystis aeruginosa* e *Aphanocapsa holsatica* que também se expressaram em termos de elevadas densidades, contribuindo com os ocorridos “blooms”. A maior preocupação por parte desse grupo relaciona-se com a capacidade que algumas espécies têm de produzir endotoxinas, que podem ser liberadas quando as células se tornam senescentes, com riscos a biota e aos seres humanos. Estas toxinas são usualmente chamadas de cianotoxinas e dependendo da sua ação farmacológica podem ser categorizadas em dermatotoxinas, hepatotoxinas e neurotoxinas (SANT’ANNA et al., 2006; 2008; ARAGÃO et al., 2007). De acordo com a classificação dos grupos funcionais de Reynolds et al. (2002) *Aphanocapsa* e *Microcystis* são táxons característicos de águas enriquecidas com nutrientes, tolerantes a altas radiações e sensíveis a descargas e baixa de luz total. Para Bicudo e Menezes (2006) estas espécies juntamente com *Planktolyngbya limnetica* são características de lagos e ambientes eutróficos.

Devido as maiores contribuições em valores de densidades o grupo das Cyanophyceae se sobressaiu em relação aos táxons descritores, dominantes e frequentes para a comunidade fitoplanctônica. De acordo com os trabalhos de Calijuri, Alves e Santos (2006) e Sant’Anna et al. (2006; 2008), das 13 espécies de cianobactérias selecionadas como descritores biológicos da qualidade da água no Reservatório Olho D’Água, dez são consideradas potencialmente tóxicas, sendo estas, *Anabaena* sp., *Aphanizomenon* sp., *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanocapsa holsatica*, *Aphanotece* sp., *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis panniformis*, *Microcystis protocystis*, *Planktolyngbya limnetica* e *Planktothrix* sp. Somente uma Chlorophyceae enquadrou-se como descritora da comunidade sendo esta *Kirchneriella rosolata*, e de acordo com Bicudo Menezes (2006) esta espécie apresenta tolerância por águas com elevados teores de trofia.

Aphanocapsa delicatissima dominou em 66% dos horários estudados durante o período seco e em 22% dos horários do período chuvoso juntamente com *Microcystis panniformis*, ressalta-se que estas espécies alternaram dominância entre horários de luminosidade e escuro e também contribuíram em termos de densidade relativa como táxons descritores sendo importantes para os ocorridos picos de florações. A maior abundância em termos de espécies das classes Cyanophyceae são resultados frequentemente observados em corpos de água do Brasil (GENTIL; TUCCI;

SANT'ANNA, 2008; SANTOS, 2010). De acordo com Sant'Anna, Gentil e Silva (2006) a dominância das cianobactérias em relação aos demais grupos é decorrente de suas estratégias adaptativas, que torna possível o seu intenso desenvolvimento principalmente em condições eutróficas.

Apesar de não de ter sido feito análises para detecção de cianotoxinas, as elevadas densidades apresentadas nesse estudo de espécies ditas como potencialmente tóxicas, chama atenção para prováveis riscos que estes táxons possam vir causar. Para Azevedo (1998) a toxicidade de florações de cianobactérias pode apresentar variação temporal, desde intervalos curtos de tempo até diferenças sazonais e espaciais, provavelmente de alterações na proporção de cepas tóxicas e não tóxicas na população. Essas variações de toxicidade ainda não foram devidamente esclarecidas.

Algumas espécies apesar de pouca contribuição em densidades coexistiram com populações de elevadas biomassa, e mostraram-se frequentes: duas cianobactérias (*Cyanodictyon* sp.₁ e *Synechocystis aquatilis*); quatro clorofíceas (*Elakatothrix linearis*, *Monoraphidium* sp., *Radiococcus planktonicus* e *Staurastrum* sp.₁), um táxon de euglenofíceas (*Trachelomonas* sp.₁) e uma diatomácea (*Navicula* sp.). De acordo com ecologia dessas algas, a maior parte destas toleram condições de eutrofização e podem coexistir com espécies formadoras de florações (BRANCO, 1978; BICUDO; MENEZES, 2006; FRANCESCHINI et al., 2010). As alterações ocorrentes no meio aquático podem alterar a distribuição da comunidade, bem como selecionar espécies muito frequentes e frequentes, estas mesmas alterações podem estar ligada a esporadicidade de algumas espécies.

As ordens mais representativas para o presente estudo em termos de riqueza de espécies foram Chroococcales e Chlorococcales, estas algas possuem elevada razão superfície/volume, o que favorece a absorção de nutrientes permitindo melhores estratégias de sobrevivência frente às condições ambientais dos sistemas. As cianobactérias coloniais, como no caso das Chroococcales, são comuns em ambientes que variam de mesotróficos a eutróficos (KOMÁREK, 2003). De acordo com Round (1883) a poluição inorgânica é prejudicial para as algas, nessa condição as espécies mais sensíveis desaparecem, dando lugar às mais tolerante, como por exemplo, o grupo das Chlorococcales.

A diversidade específica e a equitabilidade da comunidade fitoplanctônica foram influenciadas pelas elevadas densidades das cianobactérias *Aphanocapsa delicatissima*, *Planktolyngbya limnetica*, *Microcystis aeruginosa* e *Aphanocapsa holsatica*,

demonstrando assim certa dominância sobre as demais espécies da comunidade. Em reservatórios eutróficos é comum ter baixos valores para estes índices, pois as condições elevadas em situação de trofia tende ao favorecimento de um pequeno número de espécies que se alternam na dominância da comunidade, apresentando altas densidades (BOUVY et al., 2003; CHELLAPPA; COSTA, 2003).

A diversidade é dependente do número de espécies (riqueza) na comunidade e na distribuição dos organismos entre as espécies (equitabilidade). Em geral, a diversidade está associada diretamente à estabilidade da comunidade ou a complexidade da teia alimentar, e inversamente ao grau de alterações dos sistemas (MARGALEF, 1983). Segundo Ramírez (1996) a diminuição de riqueza, diversidade e equitabilidade ocorrem, especialmente, em ambientes que se tornam extremos num dado momento e, conseqüentemente, favorecem o desenvolvimento de uma determinada espécie. Tais espécies estarão representadas por número excessivo de indivíduos que levam ao aumento dos valores de dominância.

Cianobactérias apresentam estratégias adaptativas tornando possível seu desenvolvimento em condições eutróficas, uma vez que possuem habilidade de armazenar fósforo em suas células; fixação de nitrogênio atmosférico e habilidade de migrar na coluna de água devido à presença de aerótopos, facilitando assim o posicionamento na zona eufótica para aproveitar maior eficácia de luz e nutrientes (MERCANTE; SILVA; COSTA, 2006; SANT'ANNA et al., 2006).

Visto a necessidade de água de boa qualidade e a preocupação com os potenciais riscos que o grupo das cianobactérias pode acarretar, legislações foram pensadas e criadas dentro do território nacional com finalidades de monitoramento e gerenciamento desses recursos, como por exemplo, a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) segundo a qual as águas doces, salobras e salinas são classificadas, de acordo com a qualidade requerida para os seus usos preponderantes. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em usos menos exigentes, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

As águas doces de acordo com esta resolução podem ser classificadas em quatro classes, dentre estas, a avaliação nictemeral/sazonal dos valores médios das amostras referentes à superfície (oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos e clorofila *a*) e da densidade total de cianobactérias permitiu enquadrar o Reservatório Olho D'Água na Classe 3. Os valores de oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos e clorofila

a estiveram dentro do padrão recomendado, com exceção apenas do valor da densidade de cianobactérias, que esteve acima do valor máximo permitido.

De acordo com a Portaria 2914 do Ministério da Saúde de 2011 o monitoramento semanal das Cianobactérias e análise de cianotoxinas a partir de bioensaios tornam-se obrigatórios quando forem observados densidades superiores a $20.000 \text{ cel./mL}^{-1}$ no ponto de captação num manancial de abastecimento público. No Reservatório Olho D'Água os valores de densidade de Cyanophyceae durante as duas campanhas nictemerais excederam consideravelmente os valores limites propostos pelo Ministério da Saúde, tornando-se obrigatórias as análises acima citadas.

Desta forma as águas do reservatório em estudo, de acordo com as Resoluções do CONAMA e Ministério da Saúde só podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano (após tratamento convencional ou avançado), irrigação de culturas (arbóreas, cerealíferas e forrageiras), pesca amadora, a recreação de contato secundário e à dessedentação de animais.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os atributos da comunidade fitoplanctônica juntamente com avaliação das características limnológicas, do índice de estado trófico e índice da comunidade fitoplanctônica, permitiram caracterizar a estação de amostragem (ponto de captação de água) do Reservatório Olho D'Água como mesotrófico/eutrófico, com a qualidade da água ruim, mostrando um ambiente que pode estar sofrendo variações no seu estado trófico.

A dinâmica nictemeral/sazonal da comunidade fitoplanctônica figurou-se como uma resposta rápida e eficaz para avaliação das condições ambientais e ecológicas do reservatório, constatando influência das características ambientais sobre comunidade de microalgas. Cianobactérias apresentou-se como o grupo mais representativo durante todo o estudo, sendo que, suas elevadas densidades juntamente com suas características morfofisiológicas permitiram dominarem espacial (vertical) e temporalmente (nictemeral/sazonal), destacando-se espécies com históricos de produtoras de toxinas.

Há necessidade de um acompanhamento minucioso e mais prolongado com relação ao Reservatório Olho D'Água, procurando detectar as fontes pontuais e difusas das atividades que possam estar contribuindo para a eutrofização do mesmo, bem como fazer uso destes dados para contactar órgãos responsáveis e a população varzealegrense, alertando-os sobre a importância da preservação e manejo correto dos mananciais de abastecimento público, sobretudo, na região semiárida que sofre com escassez contínua e pouca água de qualidade.

Caso a água deste reservatório permaneça com altas densidades de cianobactérias e com a presença de organismos potencialmente tóxicos, é de grande importância para a saúde pública que a empresa distribuidora de água tratada, faça um estudo para a implantação de sistema de tratamento e acompanhamento continuado e estudo de quantificações de cianotoxinas.

Neste contexto, concluímos que estudos envolvendo dinâmicas nictemerais em aspecto sazonal em reservatórios localizados no semiárido brasileiro, surgem como alternativa para entendermos a funcionalidade do sistema como um todo, a fim de evidenciar e prevenir possíveis prejuízos econômicos e socioculturais na região.

10. REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Informação e Documentação - Referências - Elaboração**. Procedimento NBR - 6023, Rio de Janeiro, 2002.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Informação e Documentação - Trabalhos acadêmicos - Apresentação**. Procedimento NBR - 14724, Rio de Janeiro, 2011.

ALMEIDA, I. C. S.; FERREIRA-CORREIA, M. M.; DOURADO, E. C. S.; CARIDADE, E. O. Comunidade fitoplanctônica do Lago Cajari, Baixada Maranhense, no período de cheia. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v. 18, p. 1-9, 2005.

ALMEIDA, V. L. S.; MELÃO, M. G. G.; MOURA, A. N. Plankton diversity limnological characterization in two shallow tropical urban reservoirs of Pernambuco State, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 2, p. 537-550, 2012.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Outorga de direito de uso**. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo%20Executivo/Atlas%20Brasil%20-%20Volume%201%20-%20Panorama%20Nacional.pdf>>. Acesso em: dezembro de 2016.

ANDRADE, C. M.; GOMES, C. T. S.; ARAGÃO, N. K. C. V.; SILVA, E. M.; LIRA, G. A. S. T. Estrutura da comunidade fitoplanctônica com ênfase em Cyanobacteria no reservatório de Tapacurá-PE. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 68, n.1, p.109-17, 2009.

ARAGÃO, N. K. C. V. **Taxonomia, distribuição e quantificação de populações de cianobactérias em reservatórios do estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil)**. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

ARAGÃO, N. K. C. V.; GOMES, C. T. S.; LIRA, G. A. S. T.; ANDRADE, C. M. Estudo da comunidade fitoplanctônica no reservatório do Carpina-PE, com ênfase em Cyanobacteria. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, v. 66, n. 3, p. 240-248, 2007.

ARAGÃO-TAVARES, N. K. C.; SEVERIANO, J. S.; MOURA, A. N. Phytoplankton composition of the Itaparica and Xingó reservoirs, São Francisco River, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 3, p. 616-627, 2015.

ARAÚJO, M. F. F.; COSTA, I. A. S.; CHELLAPPA, N. T. Comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais na Lagoa de Extremoz, Natal-RN, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 12, n. 1, p. 127-140, 2000.

ARFI, R. Seasonal ecological changes and water level variations in the Sélingué Reservoir (Mali, West Africa). **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 30, n. 6, p. 432-441, 2005.

- ARRIGO, K. R. Marine microorganisms and global nutrient cycles. **Nature**, v. 437, n. 7057, p. 349-355, 2005.
- AZEVEDO, M. T. P.; NOGUEIRA, N. M. C.; SANT'ANNA, C. L. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. **Algas**, 8: Cyanophyceae. **Hoehnea**, v. 23, p. 1-38, 1996.
- AZEVEDO, M. T. P.; SANT'ANNA, C. L. Coelosphaerium evidenter-marginatum, a new planktonic species of Cyanophyceae/Cyanobacteria from São Paulo State, Southeastern Brazil. **Algological Studies**, v. 94, p. 35-43, 1999.
- AZEVEDO, M. T. P.; SANT'ANNA, C. L. Sphaerocavum, a new genus of planktic Cyanobacteria from continental water bodies in Brazil. **Algological Studies**, v. 109, p. 79-92, 2003.
- AZEVEDO, S. M. F. O. Cianobactérias tóxicas: causas e consequências para saúde pública. **Revista Virtual de Medicina**, v. 1, n. 3, 1998.
- AZEVEDO, S. M.; CARMICHAEL, W. W.; JOCHIMSEN, E. M.; RINEHART, K. L.; LAU, S.; SHAW, G. R.; EAGLESHAM, G. K. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru-Brazil. **Toxicology**, v. 181, p. 441-446, 2002.
- BARBOSA, F. A.; PADISÁK, J. The forgotten lake stratification pattern: atelomixis, and its ecological importance. **Proceedings-International Association of Theoretical and Applied Limnology**, v. 28, p. 1385-1395, 2003.
- BARBOSA, J. E. L.; ANDRADE, R. S.; LINS, R. P.; DINIZ, C. R. Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, Trópico semiárido Brasileiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, n. 1, p. 81-89, 2006.
- BARBOSA, J. E. L.; FRANÇA, J. C. Educação Ambiental e a conservação da biodiversidade aquática do semiárido. In: ABÍLIO, F. J. P. (Org.). **Educação Ambiental para o semiárido**. João Pessoa-PB. Ed. Universitária da UFPB, 2011. p. 359-384.
- BECKER, V.; CARDOSO, L. D. S.; MOTTA MARQUES, D. Development of Anabaena Bory de Saint-Vincent & Flahault (Cyanobacteria) Glooms in a shallow, subtropical lake in Southern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 16, n. 4, p. 306-317, 2004.
- BECKER, V.; HUSZAR, V. L. M.; 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.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. **Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil (chave para identificação e descrições)**. 2. ed. São Carlos: RIMA, 2006, 502 p.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; DIAS, S. N.; MOURA, A. N.; CORDEIRO-ARAÚJO, M. K.; DANTAS, Ê. W. Seasonal dynamics of cyanobacteria in a eutrophic reservoir (Arcoverde) in a semi-arid region of Brazil. **Brazilian Journal Biology**, v. 72, n. 3, p. 533-544, 2012.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOLICA, R. Cianobactéria Invasora. **Revista de Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 30, p. 82-90, 2003.

- 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, n. 1, p. 115-130, 2003.
- BOZELLI, R.; ESTEVES, F.; CAMARGO, A.; ROLAND, F.; THOMAZ, S. Dinâmica nictemeral dos principais nutrientes inorgânicos e clorofila a em duas lagoas costeiras fluminenses. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 3, p. 319-346, 1990.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2005. 318 p.
- BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à Engenharia Sanitária**. 2. ed. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, 1978. 620 p.
- BRASIL, Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido brasileiro**. Brasília, 2005. 32 p.
- BRASIL. **Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011**. Brasília: Ministério da Saúde (MS), 2011. 8 p.
- BRASIL. **Resolução nº 357 de 15 março de 2005**. Brasília: Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), 2005. 27 p.
- BRASIL. **Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde, 2003. 56 p.
- BURGOS, N.; CAVALCANTI, A. C. **Levantamento detalhado de solos da área de sequeiro do CPATSA, Petrolina, PE**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS; Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1990. 145 p.
- CALIJURI M. C.; ALVES M. S. A.; SANTOS A. C. A. **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais**. São Carlos: RIMA, 2006. 118 p.
- CALIJURI, M. C. **Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplanctônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização**. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1988.
- CALIJURI, M. C.; ALVES, M. S. A. A.; SANTOS, A. C. A. **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais**. São Carlos: RiMa, 2006. 118 p.
- CALIJURI, M. C.; DOS SANTOS, A. C. A.; JATI, S. Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, SP—Brazil). **Journal of plankton research**, v. 24, n. 7, p. 617-634, 2002.
- CÂMARA, F. R. A.; ROCHA, O.; PESSOA, E. K. R.; CHELLAPPA, S.; CHELLAPPA, N. T. Morphofunctional changes of phytoplankton community during pluvial anomaly in a tropical reservoir. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 3, p. 628-637, 2015.

CAMPECHE, D. F. B.; PEREIRA, L. A.; FIGUEIREDO, R. A. C. R.; PAULINO, R. V.; ALVES, M. A.; NOVA, L. L. M. V.; GUEDES, E. A. C. Limnological parameters and phytoplakton in fishponds with tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) in the semi-arid region. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 21, n. 3, p. 333-341, 2009.

CARLOS, A. C. **Dinâmica da população de cianobactérias em um reservatório eutrófico do semiárido brasileiro no período de seca**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013.

CARLSON, R. E. A. A trophic state index for lakes. **Limnology and oceanography**, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1997.

CARRARO, F. G. P. **Estrutura do fitoplâncton e sua utilização como indicador de condições ecológicas no Reservatório de Pedra, Bahia**. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, v. 23, n. 5, p. 618-622, 2000.

CARVALHO, M. C. **Comunidade fitoplanctônica como instrumento de biomonitoramento de reservatórios no Estado de São Paulo**. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CASTRO, A. A. J.; BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas 2: Cryptophyceae. **Hoehnea**, v. 18, n. 1, p. 87-106, 1991.

CAVALCANTE, F. C. **Diversidade fitoplanctônica (exceto Bacillariophyta) de um reservatório de abastecimento público da região do Cariri, CE**. Dissertação (Mestrado em Bioprospecção Molecular) - Universidade Regional do Cariri, Crato, 2014.

CEBALLOS, B. S. O. **Utilização de indicadores microbiológicos na tipologia de ecossistemas aquáticos do trópico semi-árido**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas: Microbiologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Secretaria de Estado do Meio Ambiente (São Paulo). **Norma Técnica L5. 303**. Fitoplâncton de Água Doce. Métodos Qualitativo e Quantitativo. São Paulo, SP, 2005, 23 p.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Secretaria de Estado do Meio Ambiente (São Paulo). **Manual de cianobactérias planctônicas**: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais/CETESB. São Paulo: CETESB, 2013. 47 p.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Secretaria de Estado e Meio Ambiente (São Paulo). **Norma Técnica L5. 303**: Fitoplâncton de Água Doce-métodos qualitativo e quantitativo (método de ensaio). 4. ed. (Revisada). São Paulo, SP, 2012.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Secretaria de Estado do Meio Ambiente (São Paulo). **Índice da Comunidade Fitoplanctônica**. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/06.pdf>>. Acesso em: dezembro de 2016.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Secretaria de Estado e Meio Ambiente (São Paulo). **Análise de Clorofila a como Ferramenta no Monitoramento da qualidade das Águas**. Cadernos da Gestão do Conhecimento. São Paulo, SP, 2014. 83 p.

CHELLAPPA, N. T. A.; BORBA, J. M. A.; ROCHA, O. B. Phytoplankton community and physical-chemical characteristics of water in the public reservoir of Cruzeta, RN, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 3, p. 477-494, 2008.

CHELLAPPA, N. T. A.; 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.

CHELLAPPA, N. T.; BORBA, J. M.; OLIVEIRA, R. K. Diversidade, Co-existência e Dominância da Comunidade Fitoplanctônica da Barragem Cruzeta, Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 126-128, 2007.

CHELLAPPA, N. T.; CHELLAPPA, T.; CÂMARA, F. R.; ROCHA, O.; CHELLAPPA, S. Impact of stress and disturbance factors on the phytoplankton communities in Northeastern Brazil reservoir. **Limnologica**, v. 39, n. 4, p. 273-282, 2009.

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, p. S3-S10, 2003.

CHORUS, E. I.; BARTRAM, J. **Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management**. London: E & FN Spon, 1999, 416 p.

CLEVELAND, W. S. **Visualizing Data**. Hobart Press, 1993.

COGERH, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Cartilha Informativa Hidroambiental - Vamos Conhecer o Salgado - Bacia Hidrográfica do Salgado**. 2. ed. Crato, CE, 2010. 23 p.

COGERH, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Relatório de Vistoria Técnica Açude Olho D'Água - Várzea Alegre - CE**. Crato, CE, 2008b.

COGERH, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Vamos Conhecer o Salgado**. Bacia Hidrográfica do Salgado. 1. ed. Crato, CE, 13 p. 2008a.

COLE, G. A. **Textbook of limnology**. Saint Louis: The C. V. Mosby, 1975. 283 p.

COMAS, A. Las Chlorococcales dulciacuícolas de Cuba. **Bibliotheca Phycologica** 99. Cramer, 1996. 192 p.

CORDEIRO-ARAÚJO, M. K.; FUENTES, E. V.; ARAGÃO, N. K.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA, A. N. Dinâmica fitoplanctônica relacionada às condições ambientais em reservatório de abastecimento público do semiárido brasileiro. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 4, p. 592-599, 2010.

COSTA, C.; ESKINAZI-LEÇA, E.; MOURA JÚNIOR, A. M.; ZICKEL, C. S.; MOURA, A. N. Composição florística do microfitoplâncton no Reservatório de Carpina-PE. . In: MOURA, A. N.; ARAÚJO, E. L.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; ALBUQUERQUE, U. P. (Eds.). **Reservatório do Nordeste do Brasil: Biodiversidade, Ecologia e Manejo**. Bauru: NUPEEA, 2010. p. 33-54.

COSTA, D. F.; DANTAS, Ê. W. Diversity of phytoplankton community in different urban aquatic ecosystems in metropolitan João Pessoa, state of Paraíba, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 4, p. 394-405, 2011.

COSTA, I. A. S.; AZEVEDO, S. M. F. O.; SENNA, P. A. C.; BERNARDO, R. R.; COSTA, S. M.; CHELLAPPA, N. T. Occurrence of toxin-producing cyanobacteria blooms in a brazilian semiarid reservoir. **Brazilian Journal Biology**, v.66, n.1B, p. 211-219, 2006.

COSTA, I. A. S.; CUNHA, S. R. S.; PANOSSO, R. F.; ARAÚJO, M. F. F.; MELO, J. L. S.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 2, p. 382-401, 2009.

CUNHA, D. G. F.; FALCO, P. B.; CALIJURI, M. C. Densidade fitoplanctônica e estado trófico dos rios Canha e Pariquera-Açu, bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, SP, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 3, n. 2, p. 90-105, 2008.

DANTAS, Ê. W.; ALMEIDA, V. L. D. S.; BARBOSA, J. E. D. L.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. D. C.; MOURA, A. N. Efeito das variáveis abióticas e do fitoplâncton sobre a comunidade zooplânctônica em um reservatório do Nordeste brasileiro. **Iheringia: Série Zoologia**, v. 99, n. 2, p. 132-141, 2009.

DANTAS, Ê. W.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; 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.

DANTAS, Ê. W.; MOURA, A. N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. Cyanobacterial blooms in stratified and destratified eutrophic reservoirs in semi-arid region of Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 83, n. 4, p. 1327-1338, 2011.

DANTAS, Ê. W.; MOURA, A. N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; ARRUDA NETO, J. D. T. A.; CAVALCANTI, A. D. C. Temporal variation of the phytoplankton community at short sampling intervals in the Mundaú reservoir, Northeastern Brazil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 22, n. 4, p. 970-982, 2008.

- DIAS, S. N. **Ecologia do fitoplâncton no Reservatório Arcoverde: estudo nictemeral e sazonal**. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.
- ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M.; MENEZES, R.; COSTA, I. S.; PANOSSO, R. F.; ARAÚJO, M. F.; ATTAYDE, J. L. Composição da comunidade zooplânctônica em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 410-421, 2007.
- ESTEVES, F. A. (Coor.) **Fundamentos de Limnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011. 826 p.
- FARIA, D. M. **Diatomáceas perifíticas de um reservatório eutrófico do rio Itaqui: Aspectos qualitativos e quantitativos**. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- FERRAGUT, C.; LOPES, M. R. M.; BICUDO, D. C.; BICUDO, C. E. M.; VERCELLINO, I. S. Ficoflórula perifítica e planctônica (exceto Bacillariophyceae) de um reservatório oligotrófico raso (Lago do IAG, São Paulo). **Hoehnea**, v. 32, p. 137-184, 2005.
- FIGUEIREDO, D. R.; AZEITEIRO, U. M.; ESTEVES, S. M.; GONÇALVES, F. J.; PEREIRA, M. J. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 59, n. 2, p. 151-163, 2004.
- FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI-FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química nova na escola**, n. 22, p. 10-16, 2005.
- FOX, J.; WEISBERG, S. **An {R} Companion to Applied Regression, Second Edition. Thousand Oaks CA: Sage**. Disponível em: <<http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>>. Acesso em: 2011.
- FRANCESCHINI, I. M.; BURLIGA, A. L.; REVIERS, B.; PRADO, J. F.; RÉZIG, S. H. **Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica**. Artmed Editora, 2010. 332 p.
- FREITAS, T. C.; SANT'ANNA, E. M. E.; GUEDES, C. D.; FERREIRA, T. C. R.; GUARDA, V. L.; JARDIM, F. A. Análise qualitativa e toxicológica de uma floração de cianobactérias na lagoa do Gambá em Ouro Preto, MG, e uma Síntese da Ocorrência de Florações de Cianobactérias no Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 3, p. 17-28, 2012.
- FREMPONG, E. Diel variation in the abundance, vertical distribution, and species composition of phytoplankton in a eutrophic English lake. **The Journal of Ecology**, p. 919-939, 1981.
- FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Pluviosidade do Município de Várzea Alegre**. Disponível em: <www.funceme.br/index.php/tempo/chuvas-mensais-municipio>. Acesso em: dezembro de 2016.
- GALLI, C. S.; ABE, D. S. **Disponibilidade, Poluição e Eutrofização das Águas**. Cap.10, p. 165-174. Disponível em; <<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc->

816.pdf>. Acesso em: dezembro de 2016.

GALTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwater**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1978.

GENTIL, R. C.; TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. L. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e aspectos sanitários de um lago urbano eutrófico em São Paulo, SP. **Hoehnea**, v. 35, n. 2, p. 265-280, 2008.

GODINHO, L. R. **Família Scenedesmaceae no Estado de São Paulo: Levantamento florístico**. Tese (Doutorado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica, São Paulo, 2009.

GODINHO, L. R.; COMAS, A. A.; BICUDO, C. E. M. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. **Algas**, 30: Chlorophyceae (família Scenedesmaceae). **Hoehnea**, v. 37, n. 3, p. 513-553, 2010.

HOLLANDER, M.; Wolfe, D. A. **Nonparametric Statistical Methods**. New York: John Wiley & Sons, 1973.

HOLM, S. A simple sequentially rejective multiple test procedure. **Scandinavian Journal of Statistics**, v. 6, p. 65-70, 1979.

HÜBER-PESTALOZI, G. Das phytoplankton des Süßwassers: systematik und biologie: Euglenaceen. **E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung**, v. 16, n. 4, 1955, 605p.

HUSZAR, V. L. M.; SILVA, L. D. A estrutura da comunidade fitoplanctônica no Brasil: cinco décadas de estudos. **Limnotemas**, v. 2, p. 1-21, 1999.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://atlas.srh.ce.gov.br/>>. Acesso em: dezembro de 2016.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal 2016 – Município de Várzea Alegre**. Disponível em: <www.ipece.ce.gov.br/acesso-a-informação/>. Acesso em: dezembro de 2016.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; BURGOS, N.; PESSOA, S. C. P.; SILVEIRA, C. O. **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife: SUDENE, v. 2, 1973.

KOMÁREK, J.; AZEVEDO, M. T. P. Geitlerinema unigranulatum, a common tropical cyanoprokaryote from freshwater reservoirs in Brazil. **Algological Studies**, v. 99, p. 39-52, 2000.

KOMÁREK, J.; FOTT, B. **Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung: Chlorococcales**. In: HUBER PESTALLOZI, G.; HEYNIG, H.; MOLLENHAUER, D. (Eds.). **Des Süßwassersflora Band (1)**. Gustav Fischer: Jena, 1983. 1044 p.

KOMÁREK, J.; KLING, H.; KOMÁRKOVÁ, J. Filamentous Cyanobacteria. In WEHR, J. D., SHEATH, R. G. **Freshwater Algae of North America Ecology and Classification**. San Diego, Califórnia: Academic Press, 2003. p. 117-196.

KOMÁRKOVA-LEGNEROVÁ, J.; CRONBERG, G. Planktic blue-green algae from lakes in South Scania, Sweden. Part I. Chroococcales. **Algological Studies**, v. 72, p. 13-51, 1994.

KOHLER, U.; LUNIAK, M. 2005. Data inspection using biplots. **The Stata Journal**, v. 5, n. 2, p. 208-223, 2005.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LAZZARO, X.; BOUVY, M.; RIBEIRO-FILHO, R. A.; OLIVIERA, V. S.; SALES, L. T.; VASCONCELOS, A. R.; MATA, M. R. Do fish regulate phytoplankton in shallow eutrophic Northeast Brazilian reservoirs?. **Freshwater Biology**, v. 48, n. 4, p. 649-668, 2003.

LIMA, P. L. S. C.; PESSOA, E. K. R.; CHELLAPPA, S.; CHELLAPPA, N. T. Phytoplankton diversity and physical-chemical aspects of water quality of Lake Jiqui, Rio Grande do Norte, Brazil. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 3, p. 97-112, 2013.

LIRA, G. A. S. T.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA A. N. Caracterização Ecológica da comunidade fitoplanctônica em um reservatório de abastecimento do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 219-221, 2007.

LIRA, G. A. S. T.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA, A. N. Structure and dynamics of phytoplankton community in the Botafogo reservoir-Pernambuco-Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 2, p. 493-501, 2009.

LIRA, G. A. S. T.; MOURA, A. N.; VILAR, M. C. P.; CORDEIRO-ARAÚJO, M. K.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. Vertical and temporal variation in phytoplankton assemblages correlated with environmental conditions in the Mundaú reservoir, semi-arid northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3, p. S093-S102, 2014.

LIRA, G. A.; ARAÚJO, E. L.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA, A. N. Phytoplankton abundance, dominance and coexistence in an eutrophic reservoir in the state of Pernambuco, Northeast Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 83, n. 4, p. 1313-1326, 2011.

LLOYD, M.; GHELARDI, R. J. A table for calculating the equitability component of species diversity. **Journal An. Ecology**, v. 33, p. 217-225, 1964.

LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitárias del fitocenosis planctônicas Del sistemas de desembocaduras de rios y esteros de el zona central de Chile. **Revista Biologia Marina**, v. 22, p. 1-29, 1986.

LOPES, I. K. C.; CAPELO NETO, J.; ABREU, A. Z. **Determinação de toxicidade de cianobactérias da comunidade fitoplanctônica do Açude Sítios Novos, Caucaia - CE**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - Água, Desenvolvimento Econômico e Socioambiental, Bento Gonçalves/RS, Anais... 2013.

LOPES, Y. V. A.; HENRY-SILVA, G. G. Efeito da criação de tilápia-do-nilo sobre variáveis limnológicas de um reservatório do semiárido do Rio Grande do Norte em um período de 24 horas. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 3, p. 299-313, 2016.

- LOWE, R. L.; PAN, Y. Benthic algal communities as biological monitors. In: STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Eds.). **Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems**. New York: Academic Press, 1996. p.705-731.
- LUCAS, F. H. R.; RANGEL JÚNIOR, A.; AMORIM, C. A.; COSTA, A. R. S.; CAVALCANTE, F. C.; LACERDA, S. R. Variação temporal da comunidade fitoplanctônica no Reservatório Rosário/CE. **Cadernos de Cultura e Ciência**, v. 14, n. 2, p. 35-43, 2015.
- LUND, J. W. G.; KIPLING, C.; LECREN, E. D. The invert microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. **Hydrobiologia**, v. 11, p. 143-170, 1958.
- MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, DF, 2006. 226 p.
- MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Ômega, 1983. 1010 p.
- MASCARENHAS, G. L.; CUNHA, M. C. C.; MARTINS, L. R.; FERREIRA, J. T.; LOPES, D. V. Caracterização do Fitoplâncton das Bacias do Rio São Francisco, Moxotó e Paraíba, Inseridas no Projeto de Integração do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 5, p. 1050-1068, 2013.
- MATEUCCI, S. D.; COLMA, A. La Metodologia para el Estudio de La Vegetacion. **Collection de Monografias Científicas**, Serie Biología, v. 22, n. 1, p. 1-168, 1982.
- MENDONÇA, I. T. L. **Variação espacial e temporal do microfitoplâncton e sua utilização no monitoramento da qualidade de água do Reservatório de Boa Esperança-PI/MA**. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.
- MENEZES, M. **Fitoflagelados pigmentados de quatro corpos d' água da região sul do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas: Botânica) - Universidade de São Paulo. 1994.
- MERCANTE, C. T. J.; SILVA, D.; COSTA, S. V. Avaliação da qualidade da água de pesqueiros da região metropolitana da São Paulo por meio de uso de variáveis abióticas e clorofila. In: ESTEVES, K. E.; SANT'ANNA, C. L. (Org.). **Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo**. São Carlos: RiMa. 2006. 240 p.
- MOLISANI, M. M.; BARROSO, H. S.; BECKER, H.; MOREIRA, M. O. P.; HIJO, C. A. G.; MONTE, T. M.; VASCONCELLOS, 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.
- MONTEIRO, J. J. F.; NASCIMENTO, E. C.; MOURA, A. N. Diversidade Fitoplanctônica e Características Limnológicas do Reservatório Saco I-Sertão de Pernambuco-Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, pg. 324-326, 2007.
- MORAES, L. A. F. A. visão integrada da ecologia para o manejo sustentável dos ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 4, p. 676-687, 2009.

MORAIS, M. G.; COSTA, J. A. V. Bioprocessos para remoção de dióxido de carbono e óxido de nitrogênio por microalgas visando a utilização de gases gerados durante a combustão do carvão. **Química Nova**, p. 1038-1042, 2008.

MOURA, A. N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; DANTAS, Ê. W.; ARRUDA-NETO, J. D. T. Phytoplanktonic associations: a tool to understanding dominance events in a tropical Brazilian reservoir. **Acta Botanica Brasílica**, v. 21, p. 641-648, 2007a.

MOURA, A. N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MENDONÇA, D. F. P.; OLIVEIRA, H. S. B.; DANTAS, Ê. W.; PIMENTEL, R. M. M. Microalgas e Qualidade da Água de Manancial Utilizado Para Abastecimento Público Localizado na Região Metropolitana da cidade de Recife, PE, Brasil. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 2, 2007b.

MOURA, A. N.; DANTAS, Ê. W.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. Structure of the Phytoplankton in a Water Supply System in the State of Pernambuco – Brazil the State of Pernambuco – Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology, an international journal**, v. 50, n. 4, p. 645-254, 2007.

MOURA, A. N.; NASCIMENTO, E. C.; DANTAS, Ê. W. Temporal and spatial dynamics of phytoplankton near farm fish in eutrophic reservoir in Pernambuco, Brazil. **Revista Biologia Tropical**, v. 60, n. 2, p. 581-597, 2012.

MOURA, A. N.; PIMENTEL, R. M. M.; LIRA, G. A. S. T.; CHAGAS, M. G. S.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. Composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica relacionadas com variáveis hidrológicas abióticas no Reservatório de Botafogo. **Revista de Geografia (Recife UFPE)**, v. 23, n. 3, p. 26-42, 2006.

MOURA, A. N.; SEVERIANO, J. S.; TAVARES, N. K. A.; DANTAS, Ê. W. The role of a cascade of reservoirs and seasonal variation in the phytoplankton structure in a tropical river. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 2, p. 291-298, 2013.

NASCIMENTO, E. C. **Variação espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica em um reservatório eutrófico do semi-árido do Nordeste (Pernambuco-Brasil)**. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

NASCIMENTO, E. C.; LIRA, G. A. S. T.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA, A. N. Variação nictemeral da comunidade fitoplanctônica e características limnológicas do Reservatório Saco I, Serra Talhada - Pernambuco. In: ALBUQUERQUE, U. P.; VERAS, A. S. C.; FREIRE, F.; LIRA JUNIOR, M. A. (Org.). **Caminhos da Ciência**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, v. 1, 2006. p. 79-92.

NASCIMENTO, K. J. **Composição e Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica em Reservatório de Abastecimento Público no Semiárido Cearense**. Dissertação (Mestrado em Bioprospecção Molecular) - Universidade Regional do Cariri, Crato, 2015.

NEWELL, G. E.; NEWELL, R. C. **Marini and Plankton: a practical guide**. London: Hutchison Educational, 1968. 221 p.

NOGUEIRA, I. S. **Chlorococcales sensu lato (Chlorophyceae) do município de Rio de Janeiro e arredores, Brasil: inventário e considerações taxonômicas.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1991.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P. STEVENS, M. H. H.; WAGNER, H. **Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-5.** Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=vegan>>. Acesso em: 2012.

OLIVEIRA, E. C. C.; FERNANDES, U. L.; FERREIRA, V. M.; AQUINO, E. P.; LACERDA, S. R. **Estudo das Microalgas: Um dos Principais Desafios para Ações de Monitoramento da Água.** In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal/RN, Anais... 2008.

PACHECO, C. H. A. **Dinâmica espacial e temporal de variáveis limnológicas e sua influência sobre as cianobactérias em um reservatório eutrofizado: Açude Acarape do Meio-CE.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Sanitária), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

PADISÁK, J.; REYNOLDS, C. S. Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to the cyanoprokaryotes. **Hydrobiologia**, v. 384, n. 1, p. 41-53, 1998.

PANOSSO, R.; COSTA, I. A. S.; SOUZA, N. R.; ATTAYDE, J. L. 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. 11, n. 3, p. 433-499, 2007.

PAYNE, A.L. **The ecology of tropical lakes and rivers.** New York: John Wiley & Sons, 1986.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação.** Londrina: Editora Planta, 2001. 328 p.

QUINN, G.; KEOUGH, M. **Experimental Design and Data Analysis for Biologists.** Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2002. 509 p.

RAMOS, G. J. P., BICUDO, C. E. M., GÓESNETO, A.; MOURA, C. W. N. Monoraphidium and Ankistrodesmus (Chlorophyceae, Chlorophyta) from Pantanal dos Marimbus, Chapada Diamantina, Bahia State, Brazil. **Hoehnea**, v. 39, n. 3, p. 421-434, 2012.

RANGEL, A. J. **Composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica em um reservatório no Ceará.** Dissertação (Mestrado Bioprospecção Molecular) - Universidade Regional do Cariri, Crato, 2015.

TEAM, R. D. C. **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.** Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 2012.

- REYNOLDS, C. S. Phytoplankton assemblages in reservoirs. In: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. (Eds.). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos: International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences of Sciences and Backhuys Publishers, 1999. p. 439-456.
- REYNOLDS, C. S. **The ecology of freshwater phytoplankton**. Cambridge University Press, 1984. 384 p.
- REYNOLDS, C. S.. **The ecology of phytoplankton**. Cambridge University Press, 2006. p. 535.
- REYNOLDS, C. S.; HUSZAR, V.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L.; MELO, S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of plankton research**, v. 24, n. 5, p. 417-428, 2002.
- RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B. A vegetação do bioma caatinga. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; CAMARRA ROJAS, C. F. L. (Eds.). **Vegetação e flora da Caatinga**. Recife: APNE, 2002. p. 11-24.
- RODRIGUES, L. L.; SANT'ANNA, C. L.; TUCCI, A. Chlorophyceae das Represas Billings (Braço Taquacetuba) e Guarapiranga, SP, Brasil. **Revista Brasileira Botânica**, v. 33, p. 247-264, 2010.
- ROSINI, E. F., SANT'ANNA, C. L.; TUCCI, A. Chlorococcales (exceto Scenedesmaceae) de pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Brasil: levantamento florístico. **Hoehnea**, v. 39, p.11-38, 2012.
- ROSINI, E. F., SANT'ANNA, C. L.; TUCCI, A. Scenedesmaceae (Chlorococcales, Chlorophyceae) de pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Brasil: levantamento florístico. **Hoehnea**, v. 40, n. 4, p. 661-678, 2013a.
- ROSINI, E. F.; SANT'ANNA, C. L.; TUCCI, A. Cyanobacteria de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo, Brasil. **Rodriguésia**, v. 64, n. 2, p. 399-417, 2013b.
- ROUND, F. E. **Biologia das Algas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 263 p.
- SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; SENNA, P. A. C.; KOMÁREK, J.; KOMÁRKOVÁ, J. Planktic Cyanobacteria from São Paulo State, Brazil: Chroococcales. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 2, p. 213-227, 2004.
- SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; AJUGARO, L. F.; CARVALHO, M. C.; CARVALHO, L. R.; SOUZA, R. C. R. **Identificação e contagem de Cianobactérias Planctônicas de Águas Continentais Brasileiras**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. 58 p.
- SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; SORMUS, L. Fitoplâncton do Lago das Garças, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil: Estudo Taxonômico e Aspectos Ecológicos. **Hoehnea**, v. 16, p. 89-131, 1989.
- SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; WERNER, W. R.; DOGO, C. R.; RIOS, F. R.; CARVALHO, L. R. Review of toxic species of cyanobacteria in Brazil. **Algological Studies**, v.126, p. 249-263, 2008.

SANT'ANNA, C. L.; GENTIL, R. C.; SILVA, D. Comunidade fitoplanctônica de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo. In: ESTEVES, K. E.; SANT'ANNA, C. L. **Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo**. São Carlos: Rima, 2006. p. 49-62.

SANT'ANNA, C. L. Chlorococcales (Chlorophyceae) do Estado de São Paulo, Brasil. **Bibliotheca Phycologica**, v. 67, p. 1-348, 1984.

SANTANA, E. W. (Coor.). **Caderno regional da sub-bacia do Salgado**: Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. Fortaleza: INESP. 2009. 131p. : il. – (Coleção Cadernos Regionais do Pacto das Águas. v. 11), 2009.

SANTOS, R. M. **Estrutura das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica, com ênfase na produção secundária do zooplâncton, e fatores ambientais relacionados nos reservatórios do Baixo Rio Tietê, SP**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. University of, 1963.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n.3/4, p. 591-611, 1965.

SILVA, A. P. C.; COSTA, I. A. S. Biomonitoring ecological status of two reservoirs of the Brazilian semi-arid using phytoplankton assemblages (Q index). **Acta Limnologia Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 1-14, 2015.

SILVA, C. L. **Cianobactéria: Bactéria que Parece Alga**. Disponível em: <<http://aquaticos.blogspot.com.br/2010/05/cianobacteria-bacteria-que-parecealga.html>>. Acesso em: dezembro de 2016.

SILVA, M. M. P.; OLIVEIRA, L. A.; DINIZ, C. R.; CEBALLOS, B. S. O. Educação Ambiental para o uso sustentável de água de cisternas em comunidades rurais da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.1, p. 122-136, 2006.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, 1949.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. Biometry. **The principles and practice of biological research**. W. H. Freeman, New York, 1985. 887 p.

SRH, Secretária de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Disponível em: <<http://www.atlas.srh.ce.gov.br>>. Acesso em: fevereiro de 2017.

STEVENSON, R. J.; SMOL, J. P. Use of algae in environmental assessments. **Freshwater Algae in North America: Classification and Ecology**, p. 775-804, 2003.

TELL, G.; CONFORTI, V. **Euglenophyta pigmentadas de la Argentina**. Bibliotheca Phycologica, v. 75, 1986. 301 p.

TOLEDO JUNIOR, A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. A. **A aplicação de modelos simplificados para a avaliação e processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais**. In: Anais do 12º Congresso Brasileiro de Engenharia

Sanitária e Ambiental. Anais... Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1983. p. 1-34.

TRAVASSOS-JÚNIOR, A.; MOURA, A. N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; LIRA, G. A. T.; MENDONÇA, D. F. P. Comunidade fitoplanctônica no reservatório de Jucazinho região agreste do Estado de Pernambuco. **Cadernos FAFIRE, Recife**, v. 4, n. 11, p. 13-15, 2005.

TUCCI, A. **Sucessão da comunidade fitoplanctônica de um reservatório urbano e eutrófico, São Paulo, SP, Brasil**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas: Biologia Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. L.; GENTIL, R. C.; AZEVEDO, M. T. P. Fitoplâncton do Lago das Garças, São Paulo, Brasil: um reservatório urbano eutrófico. **Hoehnea**, v. 33, p. 147-175, 2006.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, 2003.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI-MATSUMURA, T. **The Lobo-Broa Ecosystem Research**. In: *Limnology in Brazil*, Brazilian Academy of Sciences, 1995. p. 219-244.

UTERMÖHL, H. Zur vervollkommung der quantativen phytoplankton-methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, v. 9, n. 2, p. 1-38, 1958.

VIEGAS, V. L.R. **Fitoplâncton das albufeiras do Divôr, Monte Novo e Pêgo do Altar**: contribuição para o estudo da qualidade da água. Dissertação (Mestrado em Biologia Humana e Ambiente) - Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciência, Lisboa/Portugal, 2010.

VIEIRA, P. C. S. **Comunidade fitoplanctônica como discriminador ambiental em açude eutrófico tropical semiárido (Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, RN) e divulgação científica para reflexão social**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

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, northeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 130-144, 2015.

VIEIRA, V. P. P. B.; GONDIM FILHO, J. G. C. Água doce no semi-árido. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G., (Org.). **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. p. 481-505.

WETZEL, R. G. **Limnology: lake and river ecosystems**. San Diego, London: Elsevier, 2001. 1006 p.

ZALEWSKI, M. Ecohydrology-The use of ecological and hydrological processes for sustainable management of water resources/Ecohydrologie-La prise en compte de

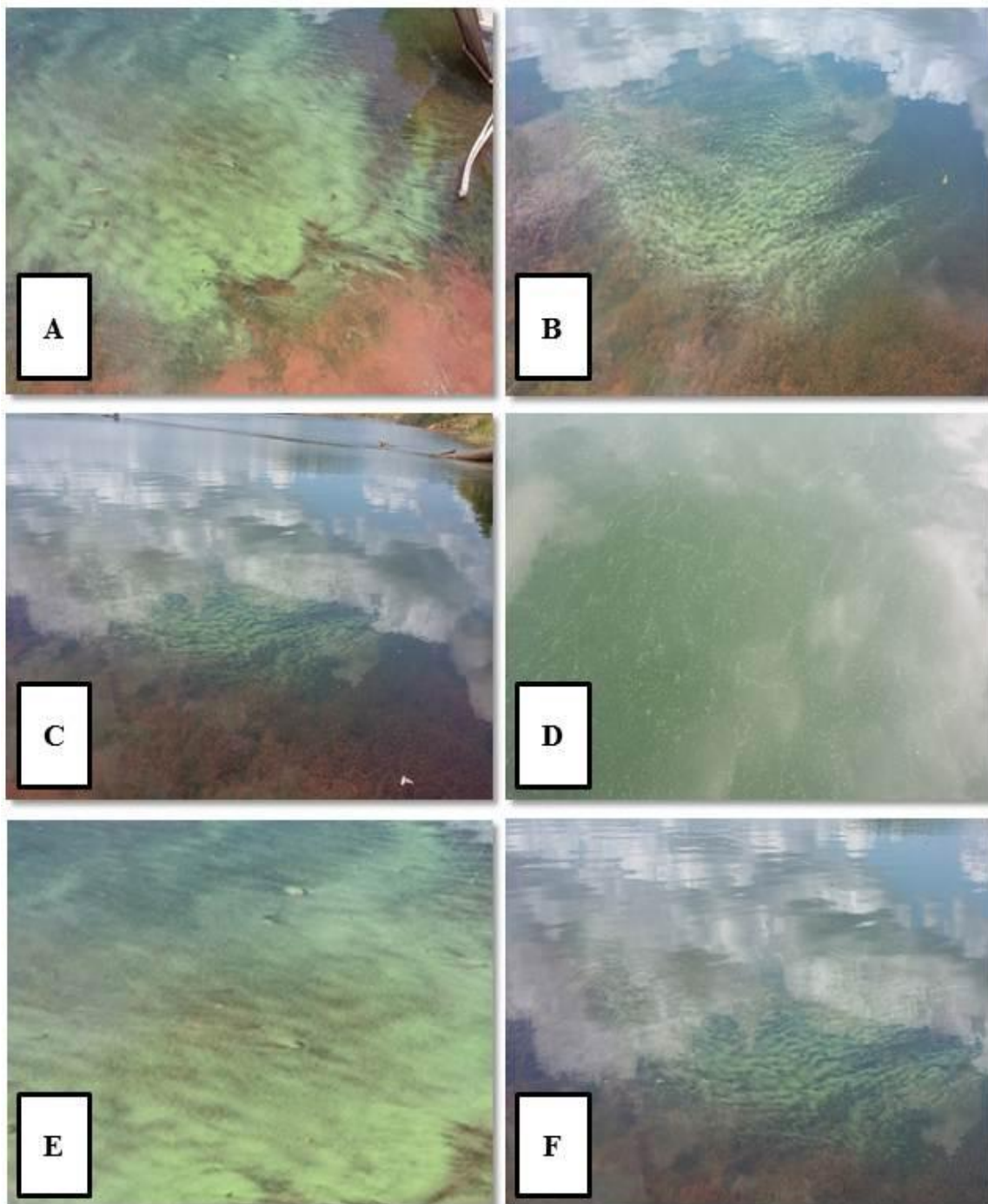
processus écologiques et hydrologiques pour la gestion durable des ressources en eau. **Hydrological Sciences Journal**, v. 47, n. 5, p. 823-832, 2002.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 5th Edition. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 2010. 944 p.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; ELPHICK, C. S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 1, p. 3-14, 2010.

ANEXOS

Anexo I: Registro fotográfico dos picos de florações ocorridos no Reservatório Olho D'Água, Município de várzea Alegre/CE, durante os períodos de estudo referentes a presente pesquisa.



Legenda: (A,B,C): Registro de florações correspondente ao período seco (10 e 11/nov./2015) e (D,E,F): Registro de florações correspondente ao período chuvoso (07 e 08/mar./2016). **Fonte:** Arquivo Pessoal.

Anexo II: Pluviosidade normal e observada registrada no Município de Várzea Alegre/CE, durante os anos de 2015 e 2016, sendo os dados extraídos do banco de dados da FUNCEME. (*) Meses referentes às coletas.

MÊS/ANO	PRECIPITAÇÃO NORMAL (mm)	PRECIPITAÇÃO OBSERVADA (mm)
Janeiro/2015	155,7	42
Fevereiro/2015	187,2	55,6
Março/2015	225,4	249,4
Abril/2015	190,1	63
Maio/2015	65,8	110
Junho/2015	21,8	35
Julho/2015	9	8
Agosto/2015	3,5	0
Setembro/2015	3,7	0
Outubro/2015	17,7	0
Novembro/2015*	22,4	2
Dezembro/2015	66,1	11
Janeiro/2016	155,7	262
Fevereiro/2016	187,2	34,4
Março/2016*	225,4	587,4
Abril/2016	190,1	44
Maio/2016	65,8	83,8
Junho/2016	21,8	17
Julho/2016	9	0
Agosto/2016	3,5	0
Setembro/2016	3,7	0
Outubro/2016	17,7	0
Novembro/2016	22,4	0
Dezembro/2016	66,1	83

Anexo III: Estatística descritiva para observação do volume do Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre/CE, durante os anos de 2015 e 2016, sendo os dados extraídos do banco de dados da FUNCEME. (*) Meses referentes às coletas.

MÊS/ANO	COTA		VOLUME (hm ³)		VOLUME (%)	
	Média	±	Média	±	Média	±
Janeiro/2015	345,138	0,140	10,588	0,191	55,725	1,006
Fevereiro/2015	344,750	0,085	10,084	0,108	53,072	0,567
Março/2015	344,635	0,041	9,937	0,052	52,301	0,276
Abril/2015	344,483	0,065	9,746	0,082	51,296	0,433
Mai/2015	344,193	0,084	9,378	0,107	49,361	0,560
Junho/2015	343,988	0,031	9,119	0,039	47,996	0,203
Julho/2015	343,787	0,112	8,871	0,138	46,686	0,730
Agosto/2015	343,388	0,120	8,377	0,149	44,088	0,781
Setembro/2015	343,082	0,079	7,998	0,097	42,095	0,513
Outubro/2015	342,749	0,124	7,597	0,149	39,983	0,779
Novembro/2015*	342,331	0,115	7,096	0,136	37,347	0,722
Dezembro/2015	342,002	0,085	6,705	0,098	35,290	0,521
Janeiro/2016	341,863	0,064	6,545	0,073	34,448	0,379
Fevereiro/2016	341,858	0,075	6,540	0,085	34,418	0,446
Março/2016*	341,902	0,336	6,595	0,397	34,708	2,083
Abril/2016	343,224	0,066	8,175	0,081	43,025	0,428
Mai/2016	343,223	0,055	8,173	0,068	43,015	0,359
Junho/2016	342,981	0,082	7,876	0,099	41,451	0,525
Julho/2016	342,665	0,086	7,495	0,104	39,450	0,545
Agosto/2016	342,375	0,087	7,148	0,103	37,623	0,547
Setembro/2016	342,065	0,099	6,779	0,117	35,679	0,615
Outubro/2016	341,750	0,089	6,417	0,101	33,773	0,533
Novembro/2016	341,425	0,086	6,049	0,097	31,836	0,511
Dezembro/2016	341,018	0,124	5,590	0,137	29,424	0,718

Anexo IV: Estatística descritiva das variáveis limnológicas (físico-químicas e clorofila *a*) no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE, durante os períodos seco e chuvoso, respectivamente.

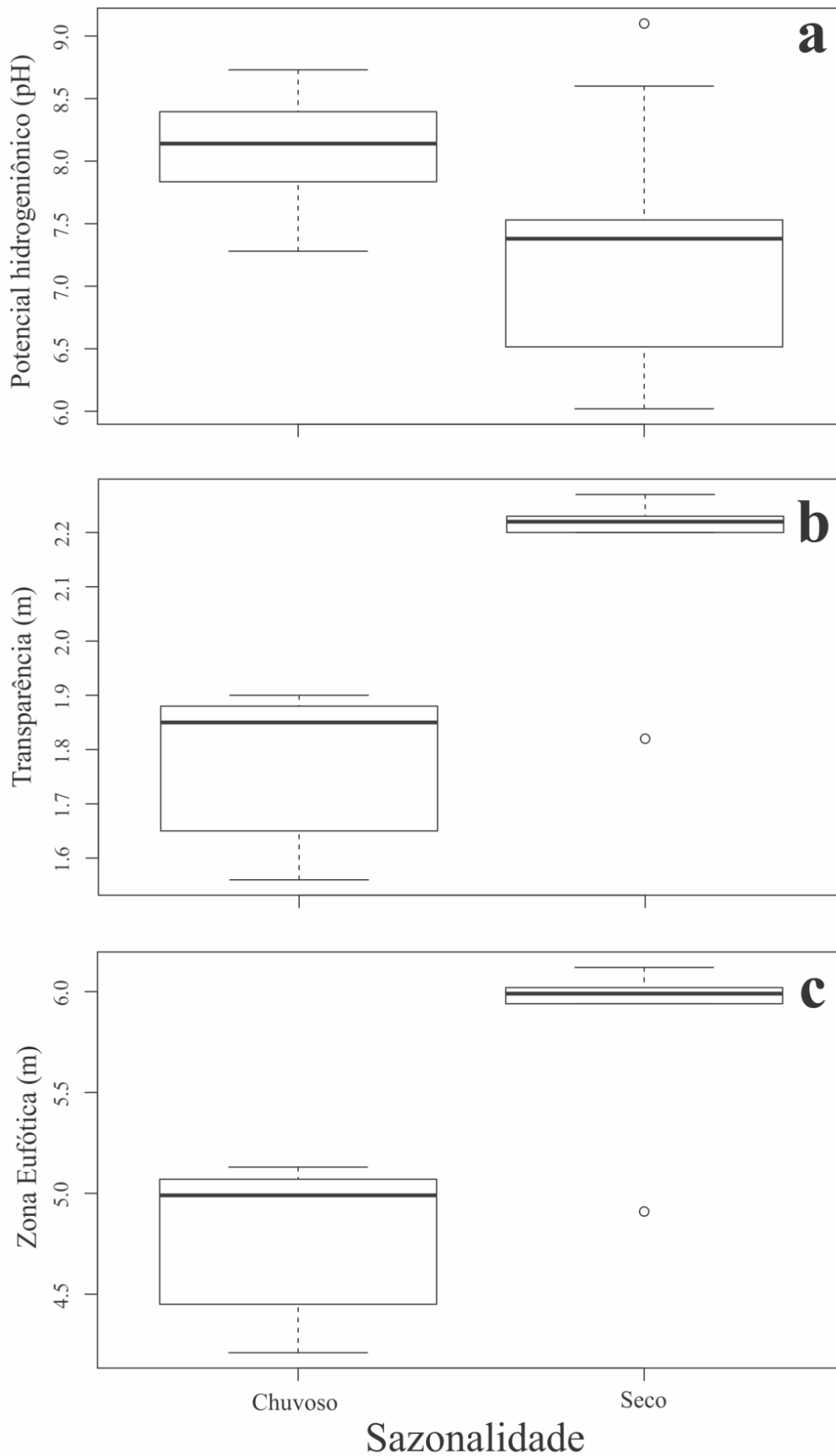
VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS	PERÍODO SECO		PERÍODO CHUVOSO	
	Média	±	Média	±
Temperatura do Ar (°C)	28,76	1,55	30,12	0,22
Transparência (m)	2,14	0,01	1,76	0,02
Zona Eufótica (m)	5,79	0,03	5,13	0,05
Temperatura da Água (°C)	28,63	1,13	30,61	1,03
Oxigênio Dissolvido (mg./L ⁻¹)	3,73	0,23	4,76	0,89
Potencial Hidrogeniônico (pH)	7,27	1,04	8,12	0,51
Condutividade Elétrica (µS./cm ⁻¹)	236,7	5,18	234,36	11,7
Sólidos Totais Dissolvidos (mg./L ⁻¹)	118,2	2,12	117,44	7,33
Clorofila <i>a</i> (µg./L ⁻¹)	16,22	13,13	9,06	9,33

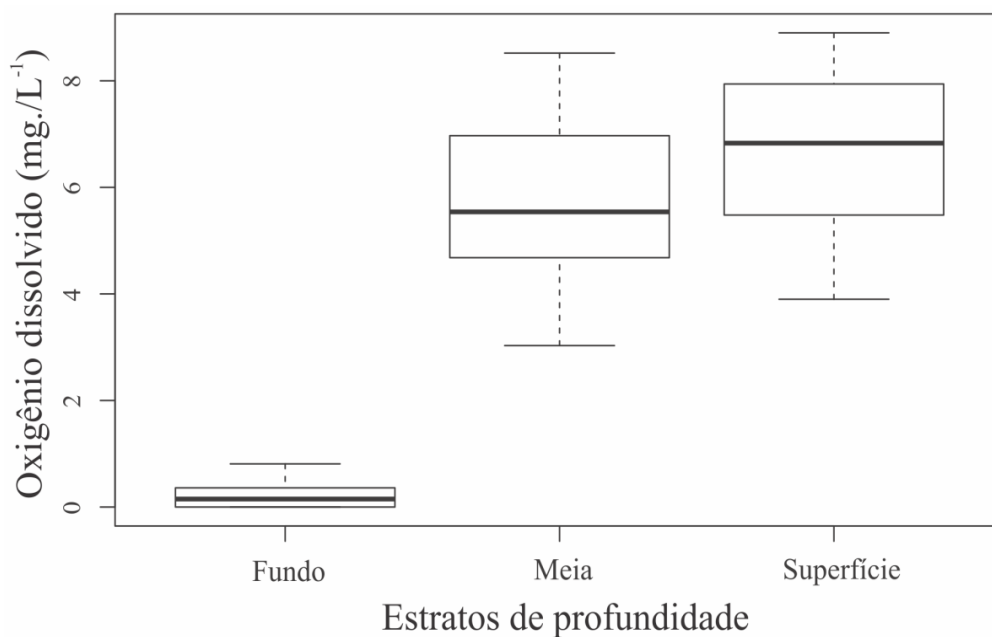
Anexo V: Estatística descritiva das variáveis limnológicas (físico-químicas e clorofila *a*) nas diferentes profundidades no Reservatório Olho D'Água, Município de Várzea Alegre-CE durante os períodos seco e chuvoso, respectivamente.

VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS		PERÍODO SECO		PERÍODO CHUVOSO	
		Média	±	Média	±
Temperatura do Ar (°C)		28,76	1,55	30,12	0,22
Transparência (m)		2,14	0,01	1,76	0,02
Zona Eufótica (m)		5,79	0,03	5,13	0,05
Temperatura da Água (°C)	S	29,51	0,49	31,48	0,71
	M/A	28,46	0,28	30,58	0,64
	F	27,91	0,42	29,47	0,07
Oxigênio Dissolvido (mg./L ⁻¹)	S	6,48	0,01	7,06	0,96
	M/A	4,44	0,35	7,07	1,48
	F	0,28	0,37	0,17	0,25
Potencial Hidrogeniônico (pH)	S	7,53	1,95	8,08	0,60
	M/A	7,29	1,41	8,26	0,48
	F	6,99	0,24	8,02	0,45
Condutividade Elétrica (µS./cm ⁻¹)	S	236,56	18,38	236,78	30,41
	M/A	235,78	0,71	232,11	2,83
	F	237,67	2,12	234,78	2,12
Sólidos Totais Dissolvidos (mg./L ⁻¹)	S	118,44	9,19	119,22	19,80
	M/A	117,78	0,71	115,89	0,71
	F	118,44	2,12	117,22	1,41
Clorofila <i>a</i> (µg./L ⁻¹)	S	25,52	15,50	17,78	15,54
	M/A	16,90	26,84	6,21	2,65
	F	6,24	3,78	3,22	0,38

Legenda: Profundidades, (S) superfície; (M/A) meia/água e (F) fundo.

Anexo VI: Boxplot de variação sazonal dos fatores ambientais (a) pH, (b) Transparência da Água e (c) Zona Eufótica.



Anexo VII: Boxplot de variação espacial do fator ambiental Oxigênio Dissolvido.**Anexo VIII:** Boxplot de variação dos fatores ambientais Temperatura da Água e Clorofila *a* de acordo com os fatores (a,c) Sazonalidade e (b,d) Estratos de profundidade, respectivamente.