



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE-CCBS

PAULO ROBERTO NUNES DA SILVA

**DINÂMICA ESPAÇO - TEMPORAL DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DE
RESERVATÓRIOS EM CASCATAS DA BACIA DO ALTO RIO PARAÍBA**

CAMPINA GRANDE – PB
DEZEMBRO DE 2012



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE-CCBS

PAULO ROBERTO NUNES DA SILVA

**DINÂMICA ESPAÇO - TEMPORAL DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DE
RESERVATÓRIOS EM CASCATA NA BACIA DO ALTO RIO PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado como requisito básico para obtenção
do título de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientadora: Janiele de França Vasconcelos
Co-orientador: José Etham de Lucena Barbosa

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

S586d Silva, Paulo Roberto Nunes da.
Dinâmica espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica de reservatórios em cascata na Bacia do Alto Rio Paraíba. [manuscrito] / Paulo Roberto Nunes da Silva. – 2012.
48 f. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2012.
“Orientação: Profa. Ma. Janiele de França Vasconcelos, Departamento de Biologia.”
“Co-Orientação: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa, Departamento de Biologia.”

1. Fitoplâncton. 2. Cianobactérias. 3. Ecossistemas aquáticos. I. Título.

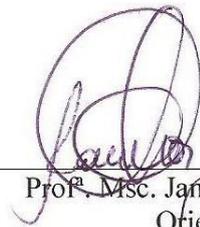
CDD 21. ed. 577.6

PAULO ROBERTO NUNES DA SILVA

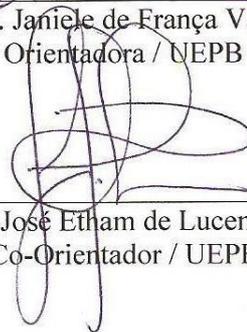
**DINÂMICA ESPAÇO - TEMPORAL DA COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA DE RESERVATÓRIOS EM CASCATA NA BACIA DO
ALTO RIO PARAÍBA**

Aprovado em: 04 de dezembro de 2012.

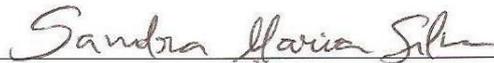
BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Msc. Janiele de França Vasconcelos
Orientadora / UEPB



Prof.º Dr. José Etham de Lucena Barbosa
Co-Orientador / UEPB



Prof.ª Msc. Sandra Maria Silva
Examinadora / UEPB



Msc. Flávia Oliveira Dias
Examinadora

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida: meus pais, **Raimundo e Letinha**, que confiaram no meu potencial para esta conquista. Não conquistaria nada se não estivessem ao meu lado. Obrigado, por estarem sempre presentes a todos os momentos de minha vida, me dando carinhos, apoio, incentivo, determinação e, principalmente AMOR.*

Agradecimentos

À Deus,

pelo dom da vida, pelo seu amor infinito, sem Ele nada sou. Agradeço aos meus pais, Raimundo e Letinha, meus maiores exemplos. Obrigada por cada incentivo e orientação, pelas orações em meu favor, pela preocupação para que estivesse sempre andando pelo caminho correto.

À minha família, por sua capacidade de acreditar e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deu, em alguns momentos, a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

Hoje, vivo uma realidade que parece um sonho, mas foi preciso muito esforço, determinação, paciência, perseverança, ousadia e maleabilidade para chegar até aqui, e nada disso eu conseguiria sozinho. Minha eterna gratidão a todos aqueles que colaboraram para que este sonho pudesse ser concretizado.

Aos meus irmãos, Beto, Leninha, Lia e Marli, a minha cunhada Luizinha obrigado por todo amor e carinho. Aos meus tios, tias, primos e sobrinhos que sempre estiveram presentes, ainda que à distância.

À professora Janiele e o Professor Etham que, com muita paciência e

atenção, dedicou-se do seu valioso tempo para me orientar em cada passo das minhas pesquisas, grato pelas contribuições na minha vida acadêmica e por tanta influência na minha futura vida profissional.

À Professora Sandra Maria e Flávia Dias pela amizade e disponibilidade de participar banca examinadora, meu muito obrigado!

Aos meus amigos e companheiros do LEAq, em especial minha pequena Shakira, Morgana, Virginia, Dani, Evaldo, Ylaura (Iara), Silvana, Neto, Herick, Guga, Cyntia, Juh (frequentadora do LEAq) e Chico... Com eles aprendi o quanto a amizade é valiosa, sem dúvida construí laços eternos. Obrigado por todos os momentos em que fomos estudiosos, brincalhões, cantores e cúmplices. Saibam que em vocês encontrei verdadeiros irmãos. Obrigado pela paciência, pelo sorriso, pelo abraço, pela mão que sempre se estendia quando eu precisava. Esta caminhada não seria a mesma sem vocês...OBRIGADOO!!!

*Minha energia é o desafio,
minha motivação é o impossível,
e é por isso que eu preciso
ser, à força e a esmo, inabalável.*

Augusto Branco

RESUMO

A biodiversidade dos ecossistemas aquáticos é representado em grande parte pelo fitoplâncton, que inclui os organismos fotossintetizantes, sendo fundamental para as cadeias alimentares aquáticas, desempenhando um papel primordial no fluxo energético desses ambientes, tanto pela sua abundância quanto pela sua função de produtor primário. A finalidade deste estudo foi analisar a variação espaço-temporal da estrutura (composição, biovolume, diversidade) da comunidade fitoplanctônica de reservatórios em cascata localizadas na Bacia do Alto Rio Paraíba. Foram realizadas coletas trimestrais de setembro 2010 à setembro de 2011, em uma estação de amostragem em cada reservatório, sendo realizada em quatro profundidades seguindo percentuais de penetração de luz: 100%, 50%, 1% e região mais profunda, de acordo com os parâmetros do disco de Secchi. Foi observado durante os meses de seca e de chuvas médias diferenciadas com relação a transparência da água, foram obtidos valores através do disco de Secchi, para a estação seca (1.48m), (1.25m) e (2.08m) e para estação chuvosa (0.35m), (1.4m) e (2.7m) respectivamente para os açudes Poções, Camalaú e Boqueirão. Dentre os compostos nitrogenados inorgânicos, o que mais se destacou foi a amônia alcançando na região mais profunda P_{max} 122,33 $\mu\text{g/L}$ em dezembro de 2010. Quanto aos reservatórios de Camalaú e Eptácio Pessoa apresentaram concentrações médias de fósforo de 59,7 $\mu\text{g/L}$ e 51,1 $\mu\text{g/L}$ sendo classificados como corpos de água mesotróficos. De modo geral o longo período de amostragens confirma-se variações significativas das concentrações desta variável para todos os reservatórios, principalmente para os meses de março de 2011 a setembro/2011. Na comunidade fitoplanctônica dos três reservatórios estudados, foram identificados durante todo o estudo 37 táxons distribuídas em 6 classes taxonômicas: Chlorophyceae, Cyanobactéria, Bacillariophyceae, Diatomaceae, Euglenophyceae e Zygnemaphyceae. Dentre esses grupos taxonômicos as cianobactérias foram a melhor representada em número de táxons, destacando-se *Coelomonon sp.*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria sp.* e *Planktothrix agardhii* os quais estiveram presente nos três reservatórios. Dos resultados obtidos com os compostos da série fosfatada, as concentrações médias variaram entre 11,0 $\mu\text{g/L}$ nos reservatórios Eptácio Pessoa e Poções e 23,2 $\mu\text{g/L}$ em Camalaú. Com base nos resultados obtidos no referido estudo foi possível concluir que as altas concentrações de fósforo e nitrogênio, durante todo período amostral, podem ter sido determinantes na dominância das cianobactérias, já que as mesmas se mostraram bastantes representativas nos reservatórios (Eptácio Pessoa, Camalaú e Poções). De acordo com Índice de estado trófico (IET) os reservatórios se mostraram de mesotrófico a eutrófico o que gera preocupações em relação a utilização da água, sobretudo para o abastecimento público.

Palavras – chave: Fitoplâncton, fatores abióticos, reservatórios em cascata.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa demonstrativo da inserção da bacia hidrográfica do Rio Paraíba.....	22
Figura 2: imagem do reservatório Epitácio Pessoa.....	24
Figura 3: imagem do reservatório de Camalaú.....	24
Figura 4: imagem do reservatório de Poções.....	25
Figura 5: Variação na precipitação (coluna) e volume dos reservatórios (linhas) Boqueirão, Camalaú e Poções no período de chuva (A) e seca (B).....	28
Figura 6: Variação temporal da transparência do disco de Sechi nos três reservatórios nos períodos de seca e chuva.....	29
Figura 7: Temperatura da água nos reservatórios de Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no meses de setembro/2010 a setembro/2011.....	30
Figura 8: Distribuição da amônia nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 setembro/2011.....	31
Figura 9: Distribuição do nitrito nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 a setembro/2011.....	32
Figura 10: Distribuição do nitrato nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 a setembro/2011.....	32
Figura 11: Distribuição do fósforo total, nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 a setembro/2011.....	33
Figura 12: Ordenação (NMDS) dos casos referentes a composição da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções.....	36
Figura 13: Variação do biovolume dos organismos fitoplanctônicos nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções no período de setembro de 2010 a setembro de 2011.....	37
Figura 14: Ordenação (NMDS) dos casos referentes ao biovolume da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções.....	38
Figura 15: Biovolume da Comunidade fitoplactônica observado nos três reservatórios.....	39
Figura 16: Contribuição das classes da Comunidade Fitoplanctônica nos três reservatórios.....	39
Figura 17: Demonstração as taxas algais mais abundantes em ambos os reservatórios, a alga <i>Planktothrix agardhii</i> , apresentou predominância em relação a outras taxas algais, com ocorrência em todos os reservatórios.....	40
Figura 18: Representação do número de células cianobacterianas encontradas no reservatório Poções, durante os períodos de seca e chuva, em várias profundidades.....	41

Figura 19A e 19B: Índice de estado trófico dos reservatórios Boqueirão, Camalaú e Poções no período de chuva (junho/2011) e seca (setembro/2011).....43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista de presença e ausência de táxons fitoplanctônicos nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções.....34

Tabela 2. Classificação do estado trófico dos três ambientes estudados da bacia do rio Paraíba nos períodos de Junho de 2011 e Setembro de 2011, respectivamente chuva e seca.....42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
3. OBJETIVO GERAL.....	21
3.1 Objetivos específicos.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1 Área de Estudo.....	22
4.2 Espaço Amostral.....	25
4.2.1 Amostragem.....	25
4.3 Análises das Amostras.....	25
4.3.1 Fitoplâncton.....	25
4.3.2 Dados químicos.....	26
4.3.3 Dados físicos.....	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
5.1 - Caracterização Limnológica.....	27
5.2 - Composição Taxonômica.....	34
5.3 – Biovolume do Fitoplâncton.....	35
5.4 – Comunidade fitoplanctônica como bioindicadora do estado trófico e da qualidade de água.....	39
5.5 Índice de Estado Trófico.....	41
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
8. REFERÊNCIAS.....	45

1. INTRODUÇÃO

A biodiversidade dos ecossistemas aquáticos é representado em grande parte pelo fitoplâncton, que inclui os organismos fotossintetizantes, sendo fundamental para as cadeias alimentares aquáticas, desempenhando um papel primordial no fluxo energético desses ambientes, tanto pela sua abundancia quanto pela sua função de produtor primário. Esses organismos constituem a base da maioria das cadeias alimentares, e pertencentes a este grupo as chamadas algas unicelulares.

Algas fitoplanctônicas são importantes na avaliação da qualidade da água, refletindo a dinâmica do ecossistema. A maioria destes organismos é dotada de clorofila a e outros pigmentos acessórios, sendo fotoautotróficos, constituindo-se numa fonte primária de alimento para os animais da coluna d'água e dos sedimentos, sendo o grupo principal de produtores primários aquáticos. Segundo Pereira & Soares-Gomes 2002, a produção primária é fundamental para a sustentação de todas as formas de vida na natureza e para a estruturação de todos os ecossistemas, pois através desse processo viabilizam-se fluxos de energia entre o mundo abiótico e os organismos vivos.

A comunidade planctônica sofre alterações em sua estrutura em ambientes por essa grande demanda de nutrientes, daí os organismos respondem às variações ambientais da água onde vivem, de modo que a análise da variabilidade espacial e temporal de sua distribuição torna-se bastante relevante para o biomonitoramento da qualidade da água dos reservatórios (ATTAYDE e BOZELLI 1998).

Entende – se por eutrofização o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de suas produtividades (ESTEVEES, 1998). Esse enriquecimento tem ligação direta com o aumento da produtividade do meio. Nessas condições, as florações de cianobactérias tornam-se comuns causando impacto social, econômico e ambiental. Além do odor e sabor desagradável, a decomposição destas florações libera metabólitos altamente tóxicos para seres humanos, animais e comunidades aquáticas, gerando sérias consequências. Segundo Valente, 1997 a eutrofização causa grande desequilíbrio ecológico, com a diminuição das quantidades das espécies aquáticas. Torna o meio impróprio para o lazer, o qual se converte num local de disseminação de doenças e pode diminuir a atividade piscícola.

A finalidade deste estudo é analisar a variação espaço-temporal da estrutura (composição, biovolume, diversidade) da comunidade fitoplanctônica de reservatórios em cascata localizadas na Bacia do Alto Rio Paraíba.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A vida só se tornou perceptível após o aparecimento da água. Esse líquido é um recurso natural de valor inestimável essencial para a vida. Mais que um insumo indispensável à produção e um recurso estratégico para o desenvolvimento econômico, ela é vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos que mantêm em equilíbrio os ecossistemas, e ainda, é uma referência cultural e um bem social indispensável à adequada qualidade de vida da população (RIBEIRO, 2008).

A água é provavelmente o único recurso natural que tem a ver com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos arraigados na sociedade. É um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário.

O uso irracional da água pode trazer o enriquecimento com nutrientes provenientes de esgotos urbanos, efluentes provenientes de atividades agropastoris e industriais, principalmente nitrogênio e fósforo, é considerado a principal causa da ocorrência de florações de cianobactérias. De acordo com Tundisi, o aumento da concentração de nitrogênio e fósforo desempenha um papel importante na formação das florações porque são elementos que compõem diversos componentes celulares (proteínas, ácidos nucléicos, membranas fosfolipídicas, etc.), todavia, naturalmente, suas concentrações são baixas nos ecossistemas aquáticos. Além disso, pH neutro a alcalino e temperaturas acima de 20°C também favorecerem a ocorrência de florações nos ecossistemas aquáticos (CHORUS & BARTRAM, 1999).

Paerl & Huisman, (2008) relatam que o processo de aquecimento global poderá intensificar a formação de florações em razão do aumento da temperatura média da água em ecossistemas aquáticos, principalmente nos de países de clima temperado, o que promoverá, também, a estratificação térmica por períodos mais longos, condições propícias para a dominância de cianobactérias.

Algumas espécies de cianobactérias têm a capacidade de produzir metabólitos secundários que dão gosto e odor desagradáveis à água, além de poderosas toxinas (FUNASA, 2003).

O processo de eutrofização pode ocorrer naturalmente ou ser induzido pela ação do homem. Quando ocorre de forma natural o processo é considerado lento e é um resultado do acúmulo de nutrientes trazidos pelas chuvas e águas superficiais. Quando esse processo é induzido pelo homem ele acontece de maneira rápida e a eutrofização passa a ser uma doença para os reservatórios de água doce. De acordo com Figueirêdo 2007 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.

As cianobactérias, em ambientes eutrofizados, geralmente dominam a população fitoplanctônica, causando um amplo impacto social, econômico e ambiental, ocasionando sérios problemas para qualidade da água, recursos pesqueiros, aquíicultura e, principalmente para a saúde humana (BOUVY et al., 2000). Entre tais problemas destaca-se o fato das cianobactérias sintetizarem diversos metabólitos secundários, sendo alguns deles potencialmente tóxicos a variados organismos e tipos celulares (BITTENCOURT-OLIVEIRA e MOLICA, 2003).

As cianobactérias, também conhecidas como cianofíceas ou algas azuis, são microorganismos procariontes e autotróficos encontrados em diversos habitats aquáticos. Sua origem foi estimada em cerca de 3,5 bilhões de anos, sendo provavelmente os primeiros produtores primários de matéria orgânica a liberarem oxigênio elementar na atmosfera primitiva (CARMICHAEL, 1994). A capacidade de crescimento nos mais diferentes meios é uma das características marcantes das cianobactérias. Entretanto, ambientes de água doce são os mais favoráveis para o crescimento de cianobactérias, visto que a maioria das espécies apresenta um melhor crescimento em águas neutroalcalinas (pH 6-9), temperatura entre 15°C a 30°C e alta concentração de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo.

De acordo com Sant'Anna e Azevedo, (2000) foi registrada a ocorrência de pelo menos 20 espécies de cianobactérias potencialmente tóxicas, incluídas em 14 gêneros, em diferentes ambientes aquáticos brasileiros. De acordo com esses autores, a espécie *Microcystis aeruginosa* apresenta a distribuição mais ampla no Brasil e *Anabaena* é o gênero com o maior número de espécies potencialmente tóxicas (*A. circinalis*, *A. flos-aquae*, *A. planctonica*, *A. solitaria* e *A. spiroides*).

Segundo a Funasa, (2003) a crescente eutrofização dos ambientes aquáticos tem sido produzida principalmente por atividades humanas, causando um enriquecimento artificial desses ecossistemas. As principais fontes desse enriquecimento têm sido identificadas como

as descargas de esgotos domésticos e industriais dos centros urbanos e a poluição difusa originada nas regiões agricultáveis. Esta eutrofização artificial produz mudanças na qualidade da água incluindo: a redução de oxigênio dissolvido, a perda das qualidades cênicas, ou seja, das características estéticas do ambiente e seu potencial para lazer, a morte extensiva de peixes e o aumento da incidência de florações de microalgas e cianobactérias, com conseqüências negativas sobre a eficiência e custo de tratamento da água, quando se trata de manancial de abastecimento público. Estas florações ou “blooms” se caracterizam pelo intenso crescimento desses microorganismos na superfície da água, formando uma densa camada de células com vários centímetros de profundidade, com conseqüências relacionadas à saúde pública. É amplamente aceito pelos microbiologistas e limnologistas que estudam a formação dessas florações, que a carga de nutrientes, o tempo de retenção da água, a estratificação e a temperatura são os principais fatores que influenciam a formação e intensidade das florações. Em nosso país, este problema é intensificado pelo fato de que a maioria dos reservatórios de água para abastecimento apresenta as características necessárias para o crescimento intenso de cianobactérias durante o ano todo.

Vários gêneros e espécies de cianobactérias que formam florações produzem toxinas. As toxinas de cianobactérias, que são conhecidas como Cianotoxinas, constituem uma grande fonte de produtos naturais tóxicos produzidos por esses microorganismos e, embora ainda não estejam devidamente esclarecidas as causas da produção dessas toxinas, têm-se assumido que esses compostos tenham função protetora contra herbivoria, como acontece com alguns metabólitos de plantas vasculares (CARMICHAEL,1992). As toxinas de cianobactérias são caracterizadas como endotoxinas por serem, geralmente, liberadas apenas quando acontece o rompimento da célula. Podem ser incluídas em três grandes grupos, de acordo com suas estruturas químicas: os peptídeos cíclicos, os alcalóides e os lipopolissacarídeos. Entretanto, por sua ação farmacológica, as duas principais classes de cianotoxinas até agora caracterizadas são as neurotoxinas e hepatotoxinas.

As neurotoxinas têm sido identificadas como alcalóides ou organofosforados neurotóxicos e são produzidas por espécies incluídas nos gêneros: *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Trichodesmium* e *Cylindrospermopsis* (CARMICHAEL *et al.* 1990). Estas toxinas interferem no funcionamento do sistema nervoso e frequentemente causam a morte em poucos minutos pela indução da paralisia dos músculos respiratórios (CARMICHAEL 1994). No entanto, os tipos mais comuns de cianotoxinas são as hepatotoxinas (peptídicas ou alcalóides hepatotóxicos). As espécies já identificadas como

produtoras dessas hepatotoxinas estão incluídas nos gêneros *Microcystis*, *Anabaena*, *Nodularia*, *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Cylindrospermopsis*, *Umezakia* e *Aphanizomenon* (CHORUS & BARTRAM 1999). A maioria das hepatotoxinas, até agora caracterizada, são heptapeptídios cíclicos conhecidos como microcistinas ou um pentapeptídeo chamado nodularina, e ainda um alcalóide hepatotóxico, chamado de cilindrospermopsina (LUUKKAINEN *et al.* 1994).

As microcistinas (MCYSTs) foram as primeiras hepatotoxinas identificadas, isoladas da espécie *Microcystis aeruginosa* (BISHOP *et al.* 1959). A estrutura dessas microcistinas foi determinada como sendo um heptapeptídeo monocíclico, composto de três D-aminoácidos, dois L-aminoácidos e dois aminoácidos não usuais: N-metildehidroalanina (Mdha) e 3-amino-9-metoxi-10-fenil-2,6,8-trimetil-deca-4, 6-ácido dienóico, conhecido abreviadamente como Adda (LUUKKAINEN *et al.* 1994). Atualmente são conhecidos mais de 70 tipos diferentes de MCYSTs. A diferença estrutural das mesmas depende principalmente da variação de um dos dois L-aminoácidos e da presença ou ausência de grupos metilados em β -Me-Asp e/ou Mdha (SPOOF *et al.* 2003).

As microcistinas são extremamente tóxicas para animais e já foram envolvidas em acidentes de intoxicação em humanos levando-os a morte e também em casos de envenenamento em animais (JOCHIMSEN *et al.* 1998). Essas hepatotoxinas provocam danos no fígado por promoverem uma desorganização dos microfilamentos de actina que compõe parte do citoesqueleto (RUNNEGAR & FALCONER, 1986). Esta desorganização leva a uma densa agregação desses microfilamentos para o centro da célula, que resulta na perda do suporte celular. Com a destruição das células parênquimais e sinusóides do fígado, ocorrem hemorragia intra-hepática e o choque hipovolêmico, causando morte entre poucas horas a poucos dias (CARMICHAEL, 1994).

Segundo Harris, (1986) as variações do fitoplâncton dependem do tempo, da duração e do tipo das perturbações do ambiente aquático. O fitoplâncton pode reagir a estímulos fisiológicos dependendo da intensidade dessas perturbações, seja ela mais intensa ou branda. Para os fatores prolongados ou fortes esses organismos poderão responder, por exemplo, a dominâncias de espécies, sendo assim ocorrendo mudança diretamente na estrutura da comunidade fitoplanctônica.

O tamanho, a estrutura, a diversidade, a variação espaço - temporal da comunidade fitoplanctônica irá depender da dinâmica estabelecida pelas variáveis limnológicas, pois é a partir delas que se possível estudar essas comunidades aquáticas. Para Huszar *et al.*, (2000) o estudo da variabilidade temporal na estrutura da comunidade fitoplanctônica é de grande

importância para o entendimento da dinâmica de ecossistemas aquáticos, e suas flutuações podem adquirir caráter preditivo sobre possíveis mudanças do hábitat. A variação temporal da comunidade fitoplanctônica sofre repetidas e contínuas reorganizações na composição e abundância relativa das espécies, como resultado da interação entre diversos fatores físicos, químicos e biológicos (REYNOLDS, et, al 1984).

Comunidades fitoplanctônicas de diferentes lagos podem apresentar sincronia caso estejam expostos aos mesmos fatores exógenos (e.g. precipitação, temperatura) (KENT et al., 2007). Entretanto, outros fatores, como dispersão e interações interespecíficas, também podem sincronizar as populações (LANDE et al., 1999). Esses fatores atuam de forma integrada (RUXTON, 1996; LANDE et al., 1999) e são fortemente dependentes da escala (LANDE et al., 1999). Estudos de sincronismo da comunidade fitoplanctônica em lagos urbanos são importantes para se determinar as causas das flutuações de atributos, como a densidade e diversidade específica destas comunidades. Além disso, comunidades não sincrônicas podem revelar a influência de fatores locais, tais como características morfológicas de cada lago, ou ainda indicar que essas comunidades apresentam dinâmica caótica (BJØRNSTAD, 2000).

3. OBJETIVO GERAL

A finalidade deste estudo é analisar a variação espaço-temporal da estrutura (composição, biovolume, diversidade) da comunidade fitoplanctônica de reservatórios em cascata localizadas na Bacia do Alto Rio Paraíba.

3.1 Objetivos específicos

- ✓ Descrever a estrutura e a composição da comunidade fitoplanctônica de acordo com a riqueza de espécies.
- ✓ Avaliar a variação espaço - temporal do fitoplâncton, correlacionando-os aos parâmetros físicos e químicos dos reservatórios estudados;
- ✓ Caracterizar com base na comunidade fitoplanctônica as condições tróficas dos ambientes estudados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba (Figura 1), com uma área de 20.071,83 km², compreendida entre as latitudes 6°51'31'' e 8°26'21'' Sul e as longitudes 34°48'35'' e 37°2'15'' Oeste de Greenwich, sendo a segunda maior do Estado da Paraíba (PARAÍBA,2007).



Figura 1. Mapa demonstrativo da inserção da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e os reservatórios em estudo compondo parte do curso do rio em cascata: Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa.

Segundo o relatório anual sobre a situação dos Recursos Hídricos no Estado da Paraíba (Ano Hidrológico 2008/2009), a bacia do Rio Paraíba é uma das mais importantes do semi-árido nordestino e a maior bacia do Estado da Paraíba, composta pela sub-bacia do Rio Taperoá e Regiões do Alto, Médio e Baixo curso do rio Paraíba. O rio Paraíba percorre 38% do território paraibano, ocupando uma área de 20.071,8 Km² acolhendo 52% da população ao longo de seu percurso, além da região metropolitana de João Pessoa, capital do Estado e Campina Grande, seu segundo maior centro urbano (AESAs, 2006).

Por possuir uma bacia hidrográfica com ocupação diversificada, a bacia do Rio Paraíba registra-se desde atividades agrícolas, agropastoris, comerciais e industriais, está

potencialmente comprometida a desenvolver estágios acelerados de eutrofização. Aliado a estes problemas acrescenta-se o da sua localização está à montante da Cidade de Campina Grande, fato que a faz um receptor natural das descargas de drenagem pluviais urbanas e dos efluentes de estações de tratamento de esgotos da cidade. Estes fatores, certamente, terão reflexos na deterioração da qualidade da água.

Os sistemas aquáticos de trecho do médio Paraíba respondem por 1/3 do volume de acumulação do Estado e são o elo de sustentabilidade econômica e social de 40% da população paraibana. A crescente poluição presente nesta bacia hidrográfica decorrente de fontes antropogênicas tem restringido a qualidade e, conseqüentemente, a utilização das águas para o abastecimento das populações humanas, ocasionando sérios problemas à saúde pública e ao meio ambiente (CEBALLOS, 1995). Nesta região localizam-se os mais baixos valores do Índice de Desenvolvimento Humano, com média de esgotamento sanitário abaixo de 6% das cidades, raros processos de tratamento de águas residuárias e tratamento de resíduos sólidos desestruturados (IBGE, 2000).

Considerando que as represas estão dispostas em cascatas como sistemas interdependentes, algumas previsões podem ser feitas quanto às conseqüências de eventos físicos, químicos e biológicos ao longo do curso do rio através do estudo que possibilitem o acompanhamento integrado dos principais fatores que interferem no estado de qualidade das águas dessa bacia.

Neste contexto, o monitoramento e caracterização destes ecossistemas artificiais, da qualidade de sua água e das bacias hidrográficas na qual se inserem essas represas são de fundamental importância para o desenvolvimento sustentado dos recursos hídricos do Estado. Conservação da qualidade e quantidade da água de represas é um problema complexo que demanda um conhecimento científico integrado e interdisciplinar de forma a se encontrar alternativas e soluções otimizadas.

Os três reservatórios diferem consideravelmente na acumulação de água. Enquanto o reservatório Epitácio Pessoa (Figura 2) possui uma área de acumulação de 411.686.287 m³, o reservatório Camalaú (Figura 3) apresenta a capacidade 46.437.520 m³ seguido de Poções (Figura 4) com 29.861.562 m³. Quanto aos seus usos múltiplos, os reservatórios em estudo têm finalidades para abastecimento público e irrigação, além da prática de recreação nos reservatórios Epitácio Pessoa e Camalaú.



Figura 2: imagem do reservatório Epitácio Pessoa



Figura 3: imagem do reservatório de Camalaú.



Figura 4: imagem do reservatório de Poções.

4.2 Espaço Amostral

4.2.1 Amostragem – Foram realizadas coletas trimensais de setembro 2010 à setembro de 2011, em dois pontos de amostragem em cada reservatório, sendo realizada em quatro profundidades seguindo percentuais de penetração de luz: 100%, 50%, 1% e região mais profunda, de acordo com os parâmetros do disco de Secchi que registra precisamente a profundidade na qual o padrão gráfico do disco não pode mais ser detectado a luz olho nu. A água foi coletada com garrafa de Van Dorn. Foi utilizada rede de plâncton malha de 20 μm , através do arrasto horizontal, em seguida as amostras coletadas em fracos de PVC de 200 ml devidamente etiquetados. Foram fixadas no formol a 4% segundo a literatura sugerida. As coletas foram realizadas nos reservatórios Epitácio Pessoa (Boqueirão), Camalaú e Poções, situados na bacia hidrográfica do rio Paraíba, nos municípios de Boqueirão, Camalaú e Monteiro, respectivamente, no estado da Paraíba.

4.3 Análises das Amostras

4.3.1 Fitoplâncton: O período de sedimentação estabelecido foi de três horas para cada centímetro de altura da cubeta de sedimentação (ROTT, 1981). Após esse período, as subamostras foram contadas em microscópio invertido, segundo o método de Uthermöh

(1958). Na contagem dos organismos (células, colônias, filamentos, etc.), foi utilizado o método dos campos aleatórios, procurando-se contar tantos campos aleatórios quanto os necessários para a estabilização do número de espécies adicionadas por campo (área mínima) ou no mínimo 100 organismos da (s) espécie(s) mais abundante (s), sendo desta forma, o erro inferior a 20%, com coeficiente de confiança de 95% (LUND et al., 1958). As células fitoplanctônicas foram medidas para determinação das classes de tamanho (μm) e biovolume (μm^3), utilizando-se ocular milimetrada. Para determinação do biovolume, foram empregadas as fórmulas geométricas e adaptações descritas em Edler (1979). A coleta de amostras qualitativas foi realizada através de uma rede de plâncton com 20 μm de abertura de malha, sendo as amostras posteriormente preservadas com formol neutro a 4%. A identificação dos organismos foi feita utilizando-se um microscópio binocular Zeiss, com até 1000 vezes de aumento e baseada em literatura especializada.

4.3.2 Dados químicos: Amostras de água foram filtradas em filtros Whatman GF/C para análise de nutrientes dissolvidos (fósforo solúvel reativo - SRP, íon amônio – N-NH_4 , nitrato N-NO_3 e nitrito – N-NO_2 , que foram analisadas conforme APHA (1998).

4.3.3 Dados físicos: A Temperatura foi medida pelo método eletrométrico obtendo o resultado em $^{\circ}\text{C}$ através do equipamento termistor Fac e a Transparência foi obtida em metros através do Disco de Secchi.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.2 Caracterização Limnológica

A precipitação pluviométrica tem grande importância no ciclo hidrológico, suas ocorrências influenciam enormemente a dinâmica das bacias hidrográficas. Segundo (SHIKLOMANOV, 1999) A quantidade de precipitação sob a forma de chuva é da ordem de 458 mil km³ nos oceanos e 119 mil km³ nos continentes. Esta quantidade de água é a que sustenta os biomas, mantém a biodiversidade terrestre, e esculpe, através da erosão, a paisagem das terras emersas (ESTEVES, 2011).

Durante o período amostral houve distinção entre estação chuvosa e seca nos reservatórios. Sendo uma de seca, entre os meses de setembro a dezembro/2010, e setembro/2011, o qual se diferenciou por escassas precipitações e baixo volume de acumulação nos reservatórios (figura 5), e outra de chuva, compreendida nos meses de março a junho/2011, com constates precipitações na região e aumento no volume dos reservatórios. Na região do reservatório Poções, foi registrado de intensa precipitação em dezembro/2010.

O açude Boqueirão, obteve a maior média no período de amostragem, houve precipitação total de 226.4 mm. O período chuvoso (Junho/2011) mostrou valores constantes de 56.6 mm, e o período de seca (Setembro/2011) não houve evidência de precipitação (Figura 5 A e 5 B).

No açude Camalaú houve precipitação total de 129.4 mm, sendo o período chuvoso (Junho/2011) a ocorrência constante de 34.7 mm de precipitação e o período de seca (Setembro/2011) a ocorrência de 1.7 mm de precipitação pluviométrica.

No açude Poções precipitou-se um total de 148 mm, sendo o período chuvoso todo o mês de Junho/2011 onde a precipitação foi constante atingindo 35.1mm. O período de seca estendeu-se por todo o mês de Setembro/2011 e teve constante a precipitação de 1.9 mm.

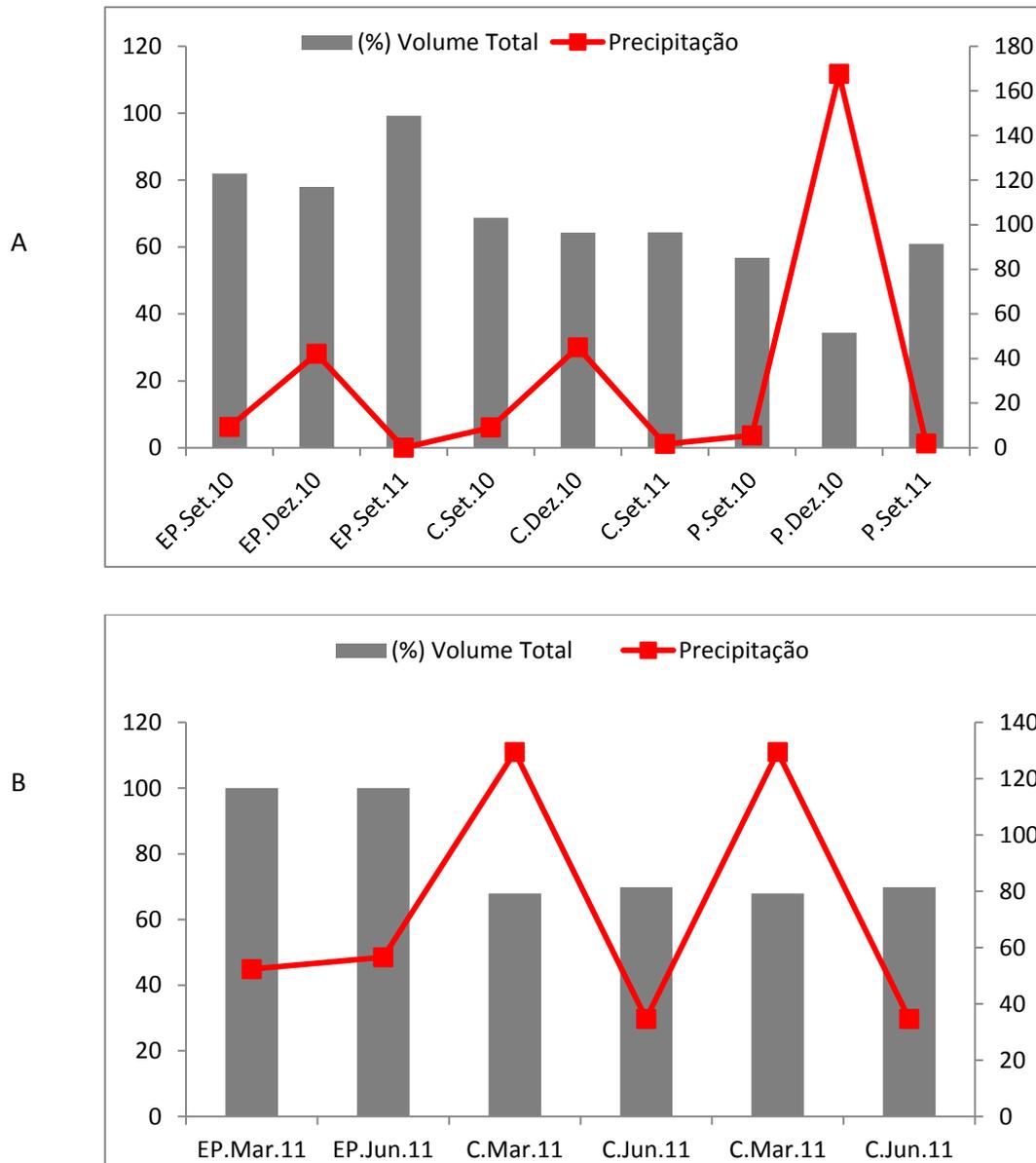


Figura 5: Variação na precipitação (coluna) e volume dos reservatórios (linhas) Boqueirão, Camalaú e Poções no período de chuva (A) e seca (B).

A variação da transparência deve-se a dois fatores principais: introdução de material alóctone, elevando a quantidade de material em suspensão na água e ressuspensão de material do sedimento, provocada pelo vento, principalmente nos períodos em que as cotas hídricas dos sistemas aquáticos estavam baixas, modificando assim, sua transparência (HENRY, 1999). Segundo Wetzel (1993), a transparência medida pelo disco de Secchi é função, essencialmente da reflexão da luz na superfície do corpo d'água sendo, por isso, influenciada pelas características da luz pelas águas dos constituintes de matéria orgânica nela dissolvida ou em suspensão.

Foi observado durante os meses de seca e de chuvas médias diferenciadas com relação a transparência da água, foram obtidos valores através do disco de Secchi, para a estação seca (1.48m), (1.25m) e (2.08m) e para estação chuvosa (0.35m), (1.4m) e (2.7m) respectivamente para os açudes Poções, Camalaú e Boqueirão, sendo este último o que apresentou os maiores valores (figura 6).

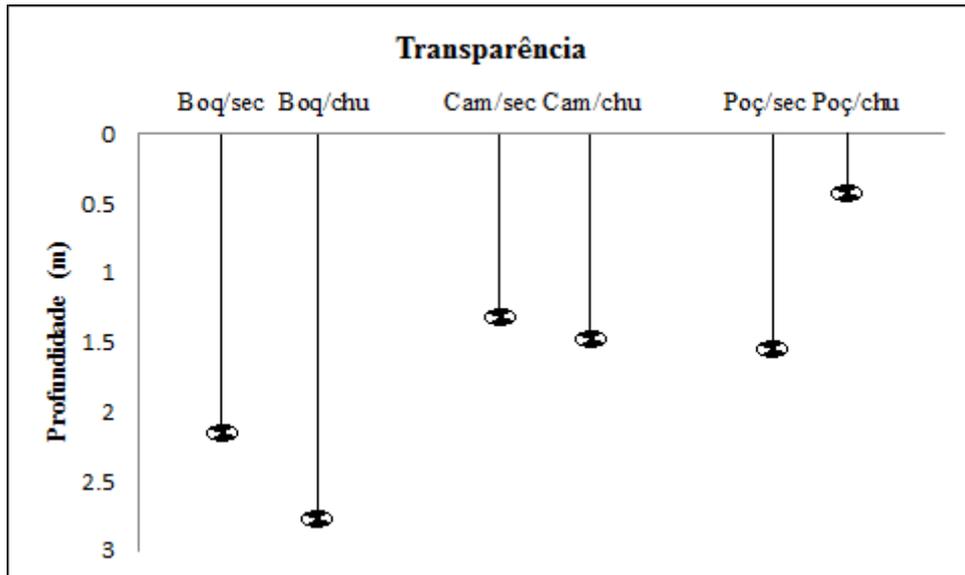


Figura 6: Variação temporal da transparência do disco de Secchi nos três reservatórios nos períodos de seca e chuva.

Foram observadas médias significativas nas temperaturas da água dos reservatórios estudados, variando entre 25 a 28°C, em especial o reservatório de Poções o qual apresentou menores temperaturas. Durante todo o período de amostragens observou-se padrões diferenciados de estratificação e mistura na coluna de água.

O reservatório Epitácio Pessoa apresentou temperaturas variáveis, com amplitudes de 3,8 °C e 6,1 °C no período compreendido entre setembro e dezembro de 2010. Ainda nos períodos citados anteriormente e adentrando em março de 2011, se observou estratificação principalmente entre a superfície e a 50% de profundidade (Figura 7A). O reservatório de Camalaú apresentou-se mais homogênea durante todo o período de estudo, com maiores intensidade entre os meses de junho e setembro de 2011, com amplitudes variando de 2,6 °C a 3,0 °C (Figura 7B). Quanto ao reservatório de Poções foram observadas baixas médias de temperatura durante todo período de amostragem, com maiores variações de amplitude em março de 2011. A partir do último mês citado até o final do período de estudo, houve uma maior homogeneidade, tornando a temperatura baixa, o que pode estar relacionado a

profundidade do reservatório (relativamente raso) o que facilita a ação dos ventos na mistura da água (Figura 7C).

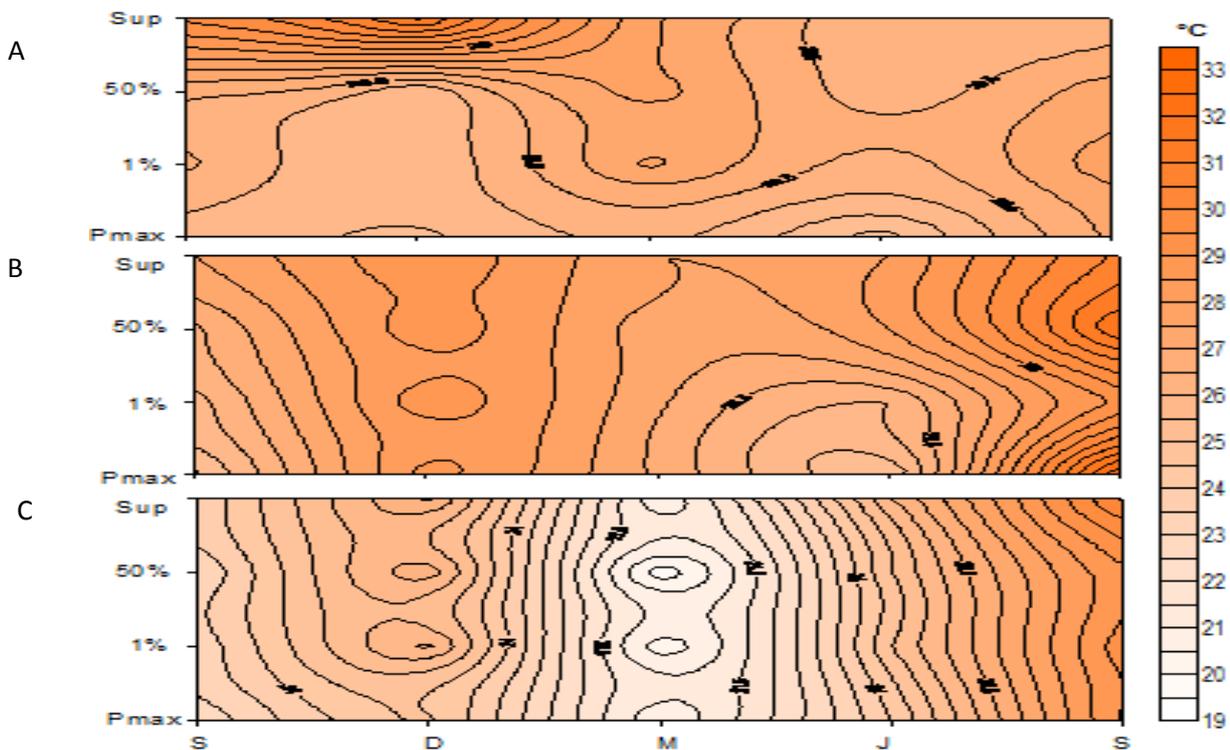


Figura 7: Temperatura da água nos reservatórios de Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no meses de setembro/2010 a setembro/2011.

De acordo com Enrich-Prast *et al.*, (2005), o a série nitrogenada exerce um dos papéis mais importantes na manutenção do metabolismo de sistemas aquáticos, visto que é um macronutriente constituinte das células de todos os seres vivos, utilizado na síntese de DNA, RNA e proteínas, além de limitante à produção primária. Sendo encontrado de diversas formas no ambiente. Este nutriente em excesso no corpo aquático intensifica o processo de eutrofização.

Os resultados obtidos a partir da análise dos nutrientes nitrogenados inorgânicos, o nitrito apresentou maiores concentrações médias nos reservatórios, com exceção do reservatório de Poções. Tal evento pode está relacionado pelas altas concentrações de amônia (figura 10C). As concentrações de nitrito variaram de 2,8 a 4,8 $\mu\text{g/L}$, sem diferenças significativa entre os reservatórios(Figura 9). Quanto a amônia as concentrações médias variaram de 25,4 a 85 $\mu\text{g/L}$, tornando o composto nitrogenado com maiores médias de concentrações dentre os demais compostos nitrogenados analisados. Se observou uma variação nas regiões mais profundas dos reservatórios Poções e Camalaú com valores em

Pmax de 22,33 $\mu\text{g/L}$ em setembro de 2010, 112,23 $\mu\text{g/L}$ em junho de 2011 e 57,33 $\mu\text{g/L}$ em setembro de 2011 para Camalaú (figura 8B) e em Poções (figura 8C) na região mais profunda Pmax os valores registrados foram 122,33 $\mu\text{g/L}$ entre junho e dezembro de 2011. Tal evento pode está associado grandes concentrações de matéria orgânica depositada no sedimento, já que este reservatório se enquadra ao índice de estado trófico elevado (eutrófico). O reservatório Epitácio Pessoa se observou homogeneidade durante todo período de estudo com intensidade de concentrações médias entre os meses de março e junho de 2011.

Quanto ao nitrato apresentando maiores concentrações médias nos reservatórios estudados, exceto Poções, logo a amônia foi mais abundante durante todo o período de amostragem (figura 8C). As concentrações de nitrato tiveram médias de 29,0 $\mu\text{g/L}$; 54,7 $\mu\text{g/L}$ e 80,7 $\mu\text{g/L}$ para os reservatórios Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa, respectivamente, com diferenças significativas apenas para o reservatório Epitácio Pessoa (figura 10A). Vale salientar que nos reservatórios de Poções e Camalaú, ocorrendo aumento nas concentrações deste composto variando nas regiões mais profundas dos reservatórios. Quanto ao nitrito observou-se variações das concentrações entre 2.8 a 4.8 $\mu\text{g/L}$, sem diferenças significativas entre os reservatórios e os meses de coleta (figura 9).

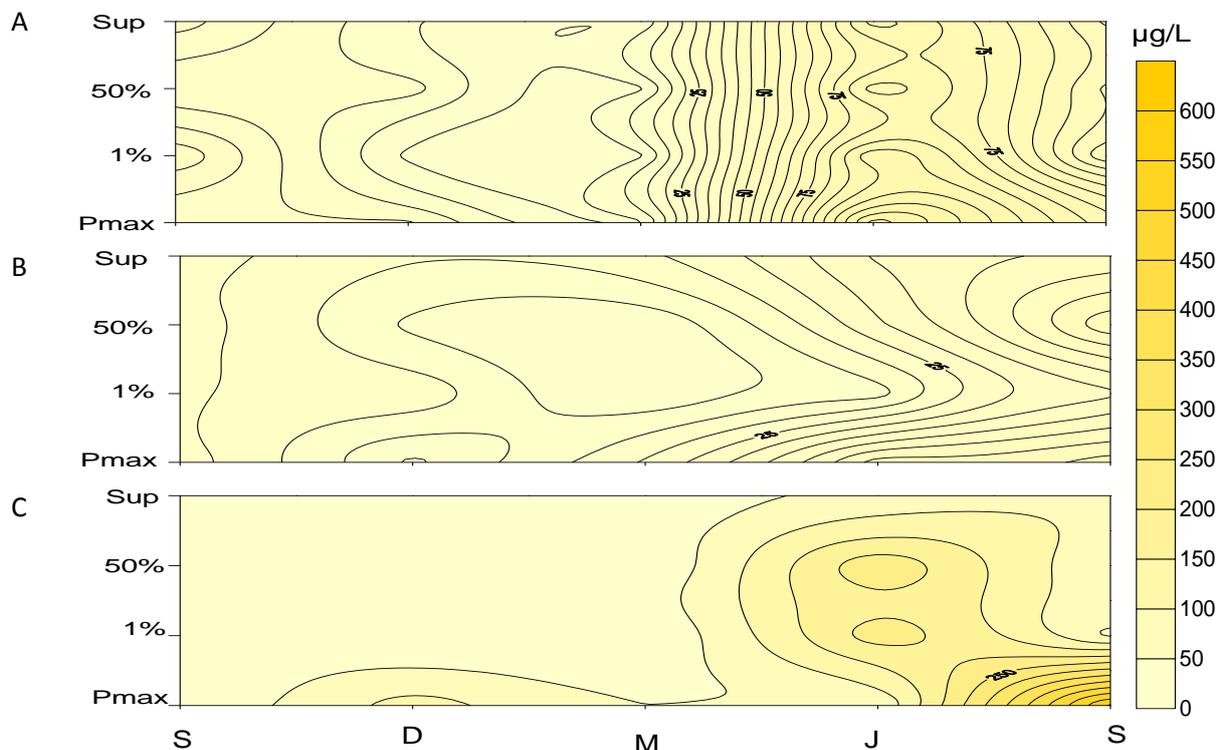


Figura 8: Distribuição da amônia nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 a setembro/2011.

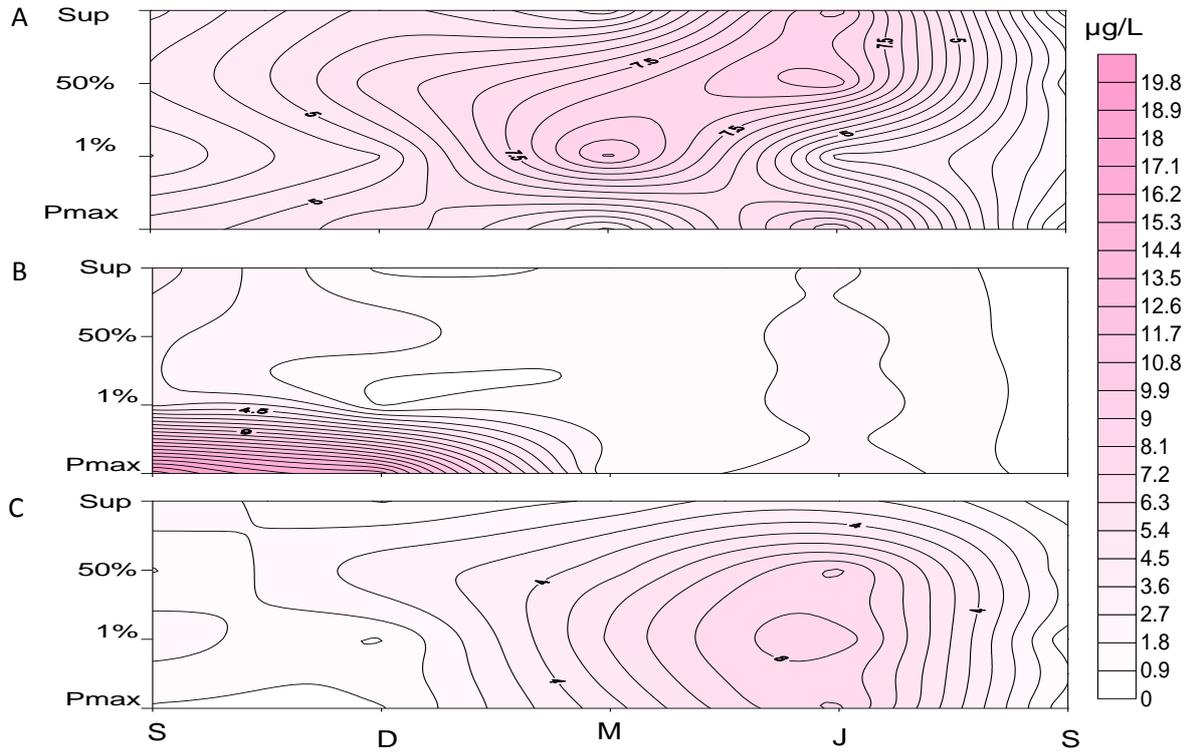


Figura 9: Distribuição do nitrito nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 a setembro/2011.

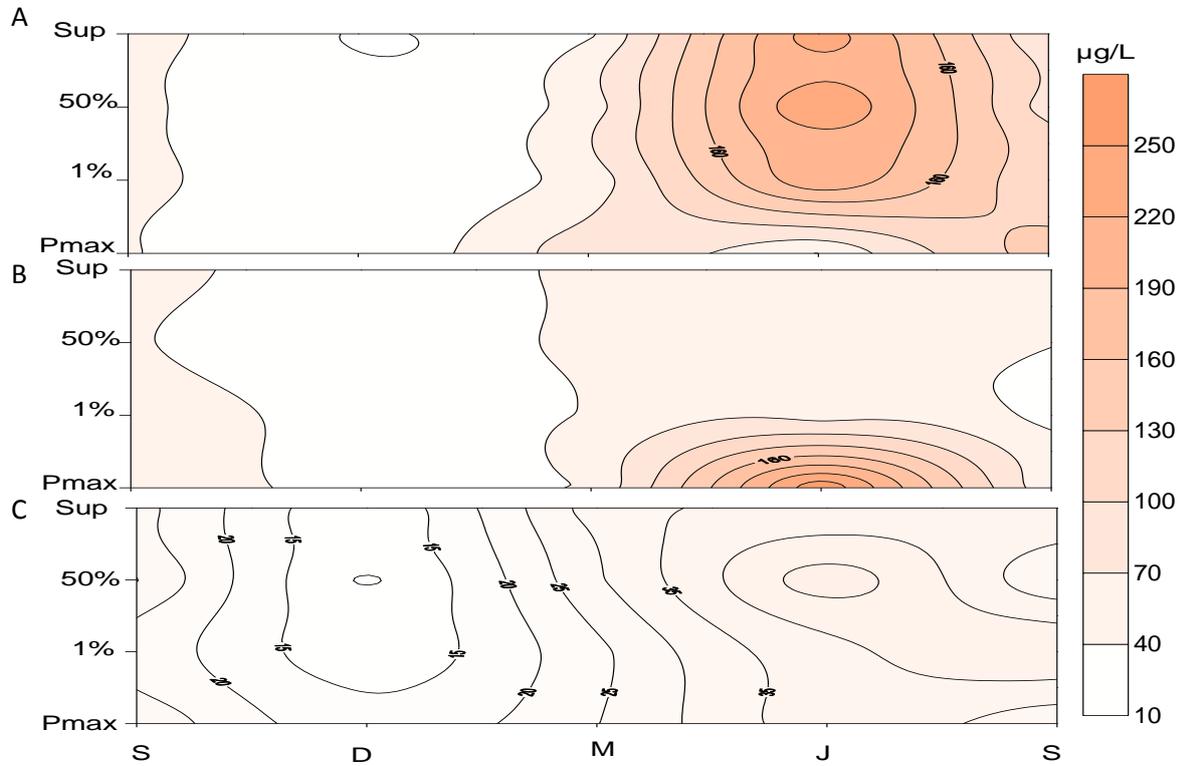


Figura 10: Distribuição do nitrato nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 a setembro/2011.

Grandes concentrações de fósforos podem levar o ambiente a um estado de eutrofização, além de ser limitante para a produção primária, sendo assim um dos nutrientes mais importantes do metabolismo aquático.

Durante todo período de estudo observou-se homogeneidade nos reservatórios, exceto o mês de setembro de 2011, do qual se observou estratificação na profundidade máxima. As maiores médias de concentrações ficaram compreendidas entre os meses de dezembro de 2010 à junho de 2011. De modo geral, não foram observadas diferenças significativas nas concentrações médias do fósforo solúvel reativo (SRP) entre os reservatórios (Figura 11). As concentrações médias desta variável estiveram compreendidas entre 11,0 $\mu\text{g/L}$ nos reservatórios Epitácio Pessoa (Figura 11A) e Poções (Figura C), já Camalaú apresentou médias de 23,2 $\mu\text{g/L}$ (Figura B). Foram observadas diferenças significativas para o reservatório Poções sendo as concentrações médias de 113,0 $\mu\text{g/L}$, o que segundo os critérios de eutrofização propostos por Thorton e Rast (1993) o classificam como eutrófico (figura 11 C).

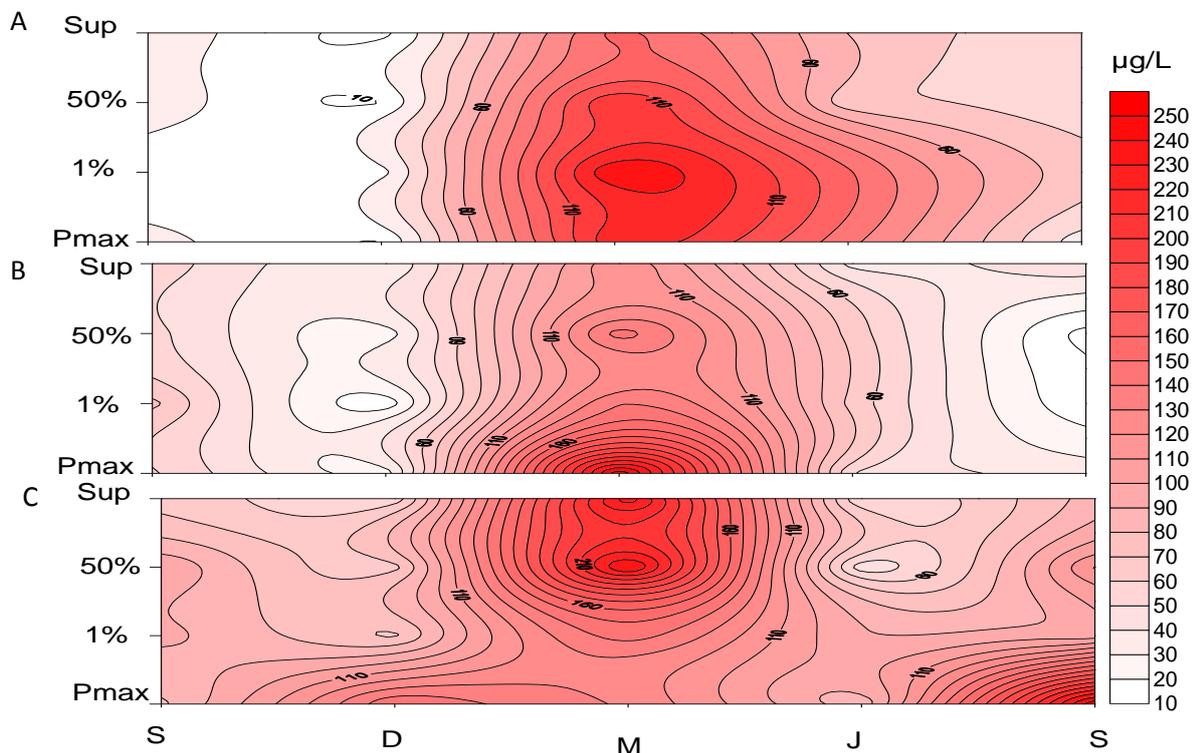


Figura 11: Distribuição do fósforo total, nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 a setembro/2011.

5.2 - Composição Taxonômica

Na comunidade fitoplanctônica dos três reservatórios estudados, foram identificados durante todo o estudo 37 táxons (tabela 2) distribuídas em 6 classes taxonômicas: Chlorophyceae, Cyanobactéria, Bacillariophyceae, Diatomaceae, Euglenophyceae e Zygnemaphyceae. Dentre esses grupos taxonômicos as cianobactérias foram a melhor representadas em número de táxons, destacando-se *Coelomoron sp.*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria sp.* e *Planktothrix agardhii* os quais estiveram presente nos três reservatórios. Nos reservatórios Epitácio Pessoa e Poções foram registrados em comum 7 espécies de cianobactérias e para o Epitácio Pessoa e Camalaú foram observados uma espécie da classe das Chlorophyceae e 5 da classe das cianobactérias (Tabela 2).

Tabela 2: Lista de presença e ausência de táxons fitoplanctônicos nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções.

Espécies	Epitácio Pessoa	Camalaú	Poções
Chlorophyceae			
<i>Actinastrum hantzschii</i>		X	X
<i>Actinastrum sp</i>		X	
<i>Desmodesmus communis</i>			X
<i>Dictyosphaerium sp.</i>			X
<i>Eudorina elegans</i>	X	X	
<i>Pandorina sp.</i>		X	
<i>Scenedesmus sp¹</i>		X	
<i>Senesdesmus sp²</i>		X	
Euglenophyceae			
<i>Trachelomonas volvocina</i>		X	
<i>Trachelomonas sp.</i>		X	X
Cianobactéria			
<i>Aphanocapsa</i>		X	
<i>Coelosphaerion</i>		X	
<i>Coelastrum sp</i>			X
<i>Coelomoron sp</i>	X	X	X
<i>Anabaena circinalis</i>		X	X
<i>Anabaena sp</i>		X	X
<i>Aphanizomenon sp</i>			X
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	X	X	X
<i>Gleitlerinema sp</i>		X	X
<i>Merimospedia mínima</i>	X		X
<i>Merismopedia sp</i>	X		X
<i>Microcystis aeruginosa</i>	X	X	X
<i>Microcystis protocystis</i>		X	X
<i>Microcystis sp</i>			X

<i>Oscillatoria sp.</i>	X	X	X
<i>Planktothrix agardhii</i>	X	X	X
<i>Pseudoanabaena sp</i>		X	X
<i>Radiococcus planktonicus</i>		X	
<i>Sphaerocavum brasiliensis</i>		X	
<i>Sphaerocystis sp.</i>		X	
Bacillariophyceae			
<i>Navícula sp¹</i>	X		X
<i>Navícula sp²</i>		X	
<i>Cyclotella sp</i>	X	X	
Diatomaceae			
<i>Aulacoseira Granulata</i>	X		
Zygnemaphyceae			
<i>Closterium sp¹</i>		X	
<i>Closterium sp²</i>		X	X
<i>Staurastrum sp</i>		X	

5.3 Biovolume do Fitoplâncton

O número de espécies encontradas, compreendido em 37 táxons distribuídas em 6 classes taxonômicas (tabela 2), demonstrou que a diversidade fitoplanctônica do sistema pode ser considerada regular. O biovolume apresentou-se bastante variável entre as estações seca/chuva, com exceção do reservatório de Poções. A maior representatividade nos períodos de seca se dá pelo aparecimento das cianobactérias. Esse fato se deu, em grande parte, devido à contribuição das grandes concentrações de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, já que favorece para a eutrofização desses ecossistemas. O biovolume total por amostra, salvo exceções citadas, pode ser considerado baixo. Por outro lado, organismos colônias destacaram-se por alcançar biovolumes relativos mais elevados dentre as espécies.

Para comprovar se houve distinção significativa acerca da composição da Comunidade Fitoplanctônica dentre os reservatórios, realizou-se o teste da ordenação NMDS o que resultou em um stress = 0,11, com um R = 0,73, podendo comprovar que a ordenação foi capaz de recuperar os principais padrões na composição de espécies fitoplanctônicas nos reservatórios. A ordenação dos casos apresentou padrões de segregação distintos entre os reservatórios (figura 12), o que foi comprovado através do teste de ANOSIM que apontou diferenças significativas entre os três reservatórios ($p < 0,01$). Vale salientar que não houve distinção na composição da Comunidade Fitoplanctônica em relação ao período de seca e chuva.

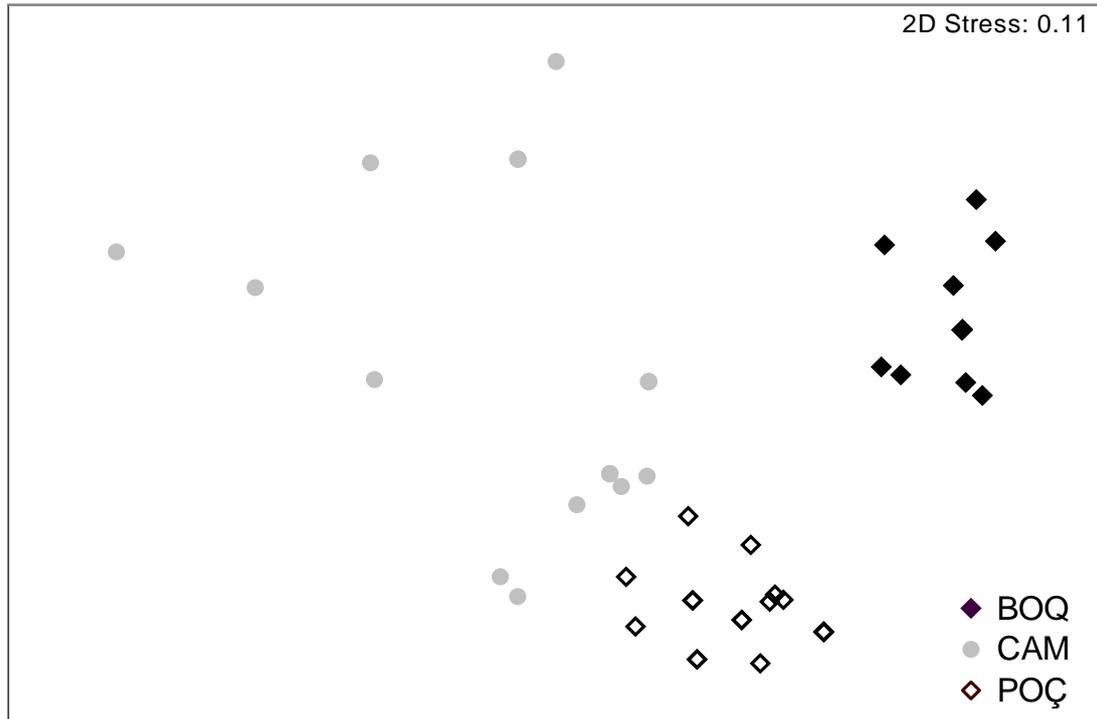


Figura 12: Ordenação (NMDS) dos casos referentes a composição da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios Epitácio Pessoa (BOQ), Camalaú (CAM) e Poções (POÇ).

Os menores valores obtidos do biovolume dos organismos fitoplanctônicos foram observados no reservatório de Camalaú com uma média de $23,38\text{mm}^3/\text{L}$ e para o reservatório Epitácio Pessoa uma média de $12,31\text{mm}^3/\text{L}$ em todo período amostral. Os maiores valores foram registrados no reservatório de Poções com uma média de $33,94\text{mm}^3/\text{L}$. Em relação às profundidades os maiores valores obtidos para o reservatório Epitácio Pessoa em 1% de intensidade luminosa foram observados os maiores valores de biovolume em setembro de 2010 e 2011 com $0,99\text{mm}^3/\text{L}$. Para o reservatório Camalaú foi registrado maiores valores no mês de dezembro de 2010 com $31,62\text{mm}^3/\text{L}$ em 1% de luz seguido de setembro 2010 com $29,32\text{mm}^3/\text{L}$ em 100% de intensidade luminosa, já para o reservatório Poções foi observado maiores valores em setembro de 2010 com $30,85\text{mm}^3/\text{L}$ em 100% de luz (figuras 13 A, B e C).

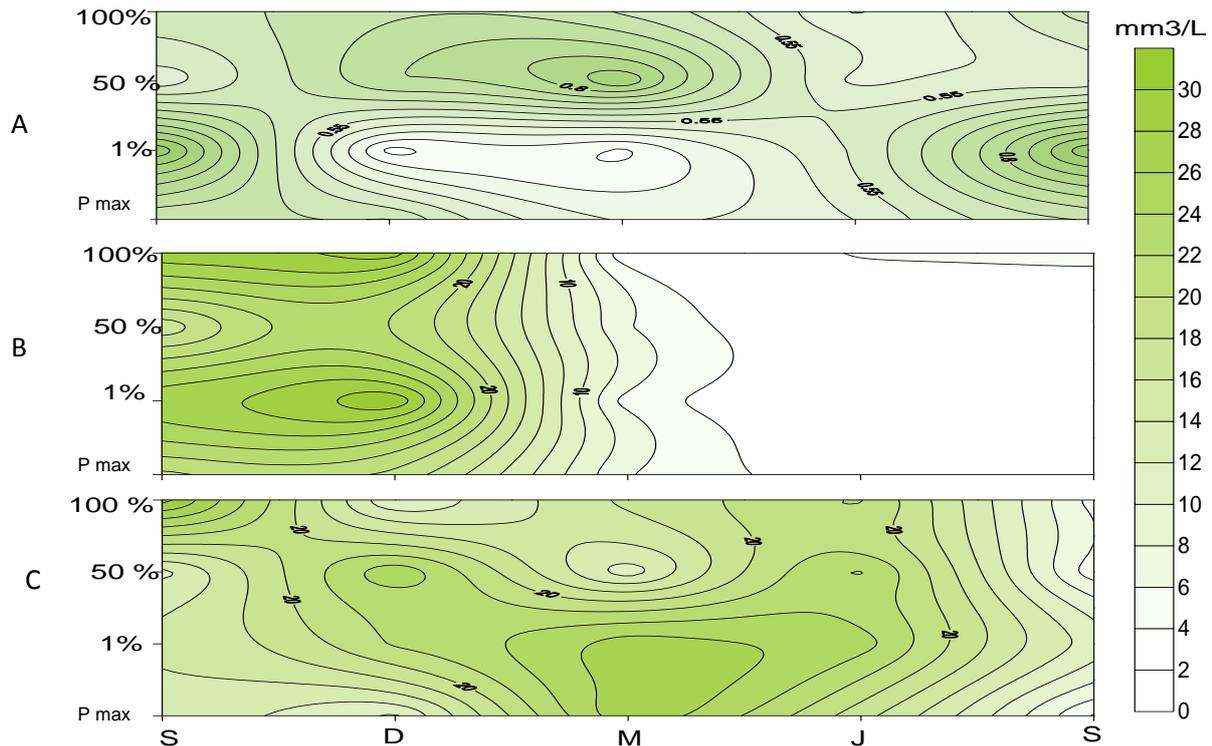


Figura 13: Variação do biovolume dos organismos fitoplanctônicos nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camaláu (B) e Poções (C) no período de setembro de 2010 a setembro de 2011.

Para comprovar se houve distinção significativa acerca do biovolume da Comunidade Fitoplanctônica dentre os reservatórios, realizou-se o teste da ordenação NMDS o que resultou em um stress = 0,12, com um R = 0,75, podendo comprovar que a ordenação foi capaz de recuperar os principais padrões na composição de espécies fitoplanctônicas nos reservatórios. A ordenação dos casos apresentou padrões de segregação distintos entre os reservatórios (figura 14), o que foi comprovado através do teste de ANOSIM que apontou diferenças significativas entre os três reservatórios ($p < 0,01$). Esta diferença relaciona-se a maior abundância de cianobactérias nos reservatórios Poções e Camaláu, onde *Microcystis aeruginosa* apresentou abundância relativa de 87% e 64% da densidade total respectivamente. Já para o reservatório Epitácio Pessoa, a espécie *Planktothrix agardhii* foi dominante com mais de 90% da biovolume total. Vale salientar que não houve distinção no biovolume da Comunidade Fitoplanctônica em relação ao período de seca e chuva.

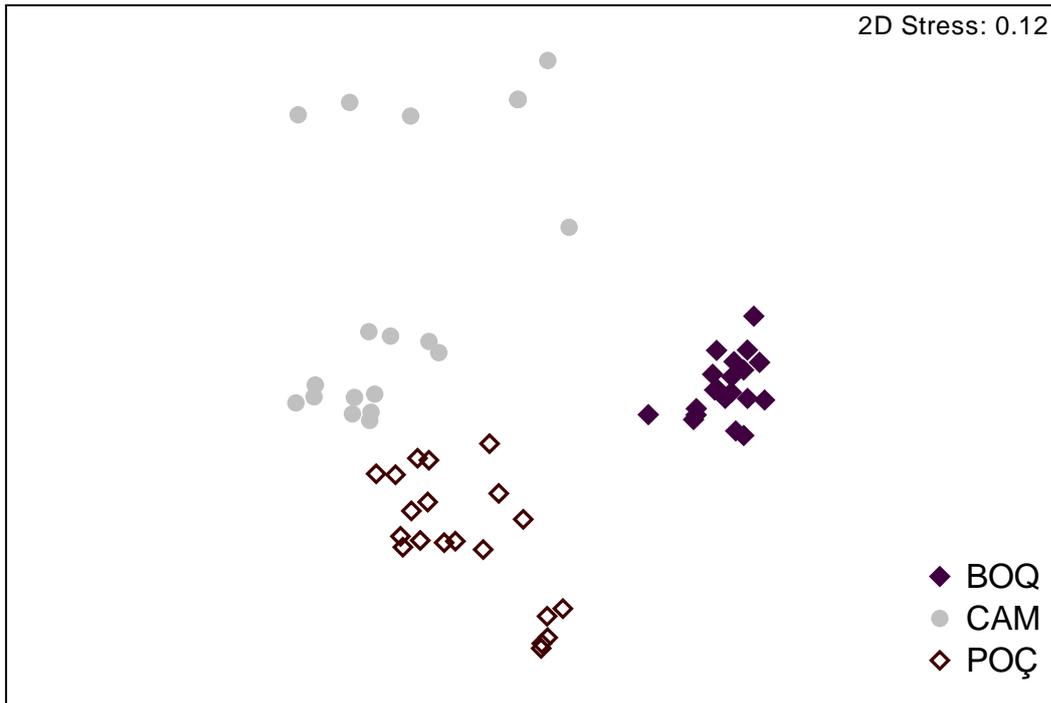


Figura 14: Ordenação (NMS) dos casos referentes ao biovolume da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios Epitácio Pessoa (BOQ), Camalaú (CAM) e Poções (POÇ).

Para cada reservatório foi estimado a contribuição da Comunidade fitoplanctônica (figura 15), através do biovolume. Em análises dos resultados, observou-se que o reservatório que mais se destacou na sua composição algal, foi o reservatório de Camalaú, seguido por Poções que se mostrou bem representativo, sendo Boqueirão o que apresentou menor biovolume. Com relação às contribuições das classes (figura 16) fitoplanctônica verificou-se três classes mais representativas sendo: as *Cianobactérias*, as *Euglenophyceae* e as *Chlorophyceae*.

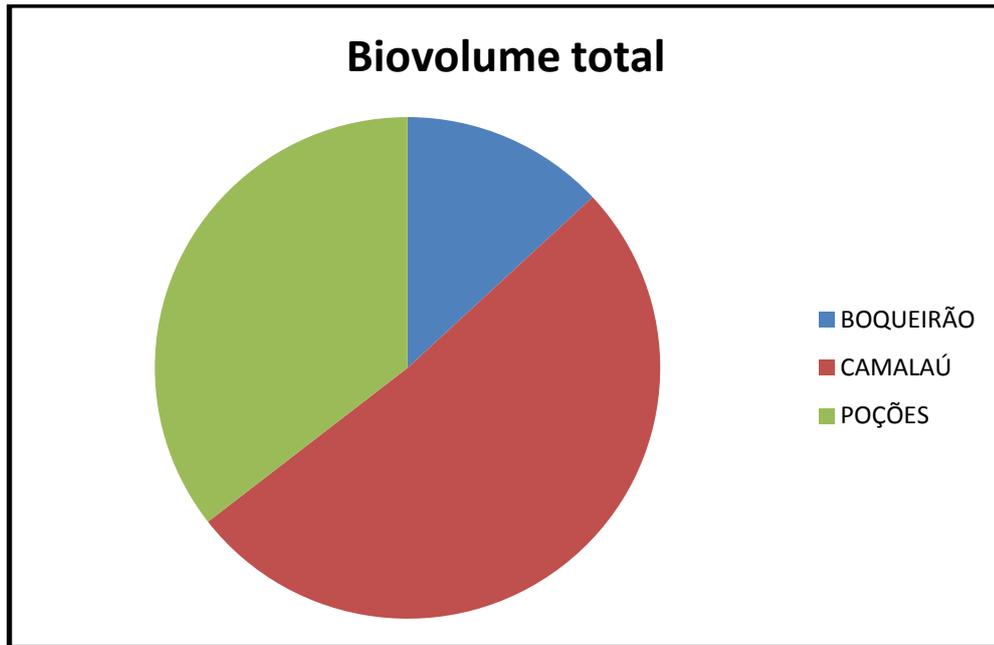


Figura 15: Biovolume da Comunidade fitoplactônica observado nos três reservatórios.

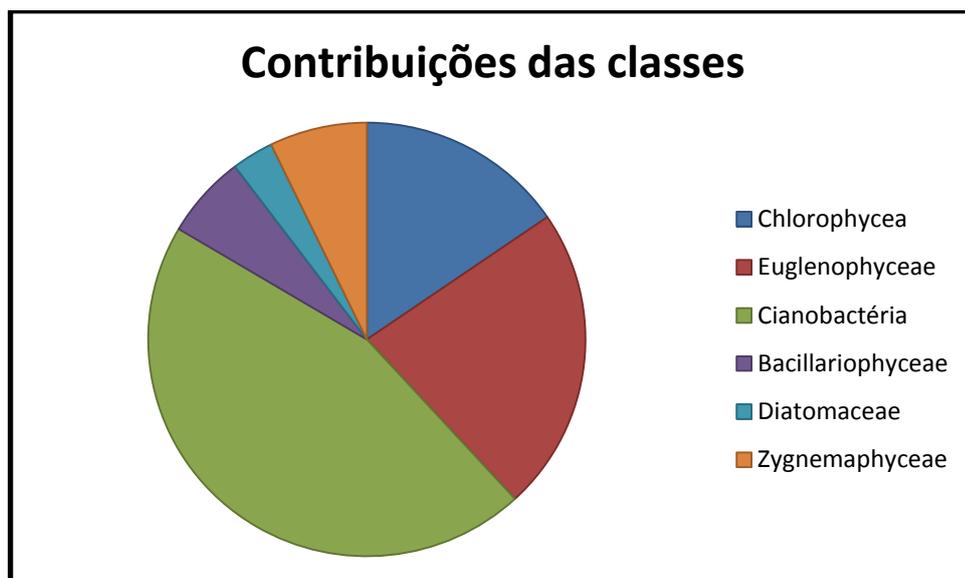


Figura 16: Contribuição das classes da Comunidade Fitoplactônica nos três reservatórios.

5.4 – Comunidade fitoplanctônica como bioindicadora do estado trófico e da qualidade de água

A comunidade fitoplanctônica vem sendo utilizada como indicadora da qualidade da água durante a muito tempo (MAGALEF, 1982). Os organismos são sensíveis a toda e qualquer variabilidade ambiental e são capazes de realizar mudanças adaptativas que aumentam suas chances de sobrevivência. Essas mudanças envolvem uma gama de alterações

nas vias intracelulares, de mudança na composição e tamanho celular, podendo ocorrer até mudanças na composição das espécies que compõem a comunidade (HARRIS, 1988) a diversidade em geral, está diretamente associada à estabilidade da comunidade ou a complexidade da teia alimentar e inversamente ao grau de alterações dos sistemas (MARGALEF, 1983) assim a diversidade é uma expressão da comunidade quantificável que responde às modificações ambiente, ou em sentido mais restrito, a eutrofização de ecossistemas aquáticos.

Segundo Branco (2007), independentemente das condições climáticas existentes, o crescimento de cianobactérias é frequente. O aumento da temperatura atmosférica conduz à proliferação de cianobactérias (figura 17). Fernandes (2009) acrescenta que as elevadas temperaturas, além de promoverem diretamente as florações de cianobactérias, também podem apresentar efeito indireto, promovendo estratificação térmica e tornando a coluna d'água mais estável, estimulando a formação de floração.



Figura 17: Demonstração das taxas algais, *Planktothrix agardhii* e *M. Aeruginosa* apresentou dominância em todos os reservatórios.

As espécies *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Microscystis aeruginosa* foram registradas em alguns períodos nos reservatórios ocorreu alta disponibilidade de fósforo solúvel reativo, baixas concentrações de amônio e carência de nitrato. Florações de cianobactérias culminam alterações nos aspectos organolépticos da água, como em má aparência e odor desagradável, causando danos ecológicos e para a saúde humana.

Ecologicamente, florações podem ser não palatáveis ou tóxicas às espécies consumidoras, causando alterações nas cadeias alimentares com potenciais efeitos na ciclagem de nutrientes e biodiversidade (PAERL *et al.* 2001). As análises revelaram que o número de células de cianobactérias excederam à 20.000 células/ml (figura 18), resultando num “bloom” nos reservatórios em estudos, principalmente no reservatório de Poções. Tal evento se deve pelas altas concentrações de fósforo e nitrogênio (BARBOSA *et al.*, 2007), favorecendo a dominância de alguns táxons de cianobactérias potencialmente tóxica, que além de alterar a cor e o cheiro, levando ao desequilíbrio ecológico, podendo ainda agravar a saúde da população que utiliza desse reservatório para fins pessoais e domésticos.

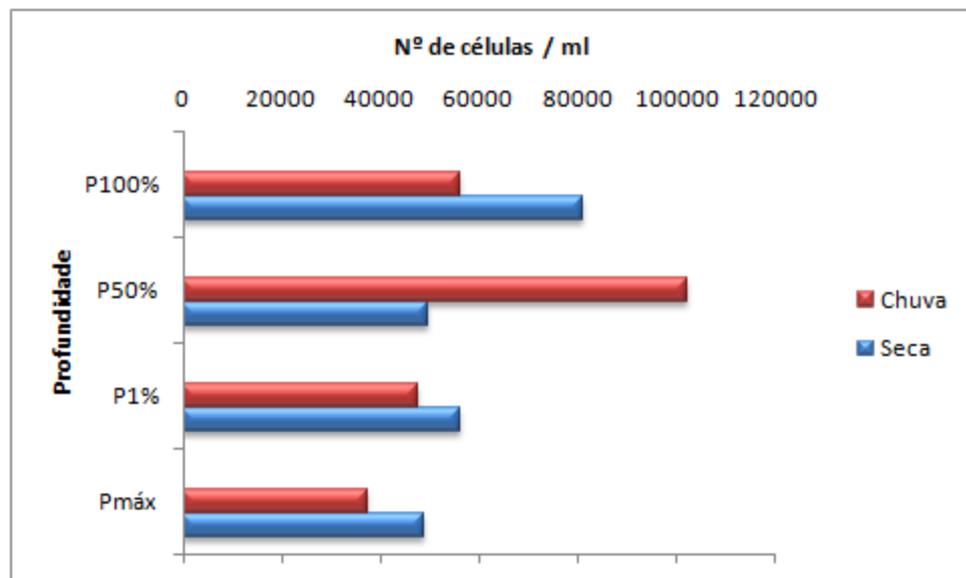


Figura 18: Representação do número de células cianobacterianas encontradas no reservatório Poções, durante os períodos de seca e chuva, em várias profundidades.

5.5 Índice de Estado Trófico

Segundo Dias (2003), o rápido crescimento de degradação de corpos aquáticos tem se tornado um problema agudo, sobretudo em ambientes aquáticos tropicais. A tipologia destes sistemas alterados por diversas cargas orgânicas e inorgânicas de efluentes, utilizando-se índices de eutrofização podem contribuir para trazer soluções eficazes para o entendimento do funcionamento destes corpos aquáticos.

Os Índices de estado trófico foram desenvolvidos com a intenção de classificar as águas de lagos e reservatórios facilitando a ação dos gestores na tomada de decisões e para tornar conhecido a população a condição em que se encontram tais sistemas.

A classificação de estado trófico de ambiente, segundo Margalef (1982), segue o seguinte padrão: oligotrófico (O), mesotrófico (M) e eutrófico (E). Por intermédio dos resultados das concentrações de fósforo total, série nitrogenada, transparência da água e clorofila-a, nas diferentes zonas de profundidade, foi estimado o IET médio de cada ambientes nos períodos de chuva e de seca (tabela 3.)

Oligotrófico <44 Mesotrófico 44 <IET> 54 Eutrófico IET >54

Ambiente	Chuva	Seca
Boqueirão	44 (O)	53.48 (M)
Camalaú	45.43 (M)	58.77 (E)
Poções	55.55 (E)	57.03 (E)

Tabela 3. Classificação do estado trófico dos três ambientes estudados da bacia do rio Paraíba nos períodos de Junho de 2011 e Setembro de 2011, respectivamente chuva e seca.

Os açudes Camalaú e Poções mostraram-se eutrófico, ou seja, com alta taxa de nutrientes dissolvidos e matéria orgânica, durante o período de seca. Apenas o açude Camalaú, no período de chuva, regrediu para um estado mesotrófico. O açude Boqueirão variou entre oligo e mesotrofia respectivamente em chuva e seca; os graus de trofia desses reservatórios estão relacionados principalmente pela transparência e pelas concentrações de fósforo total (PT), (figura 19 A e 19 B).

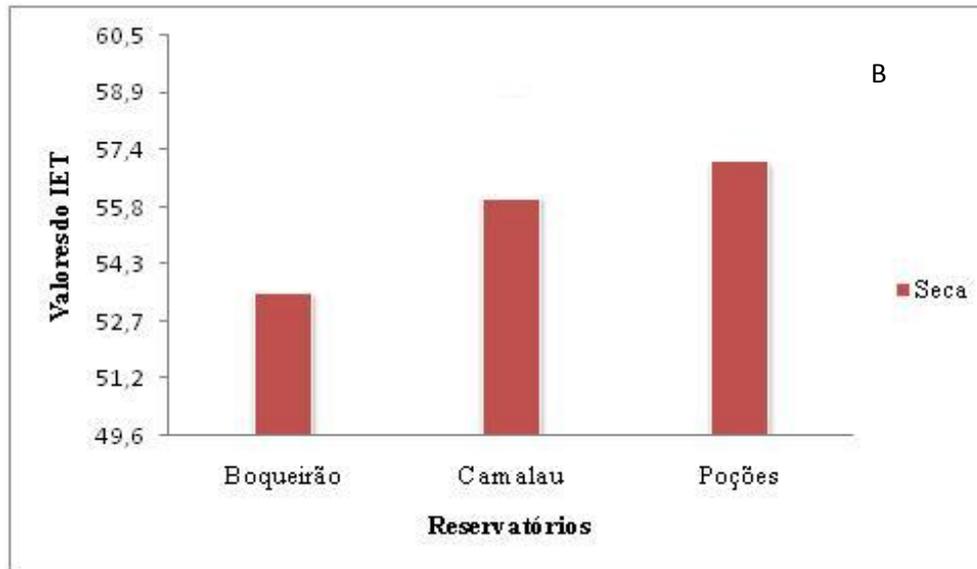
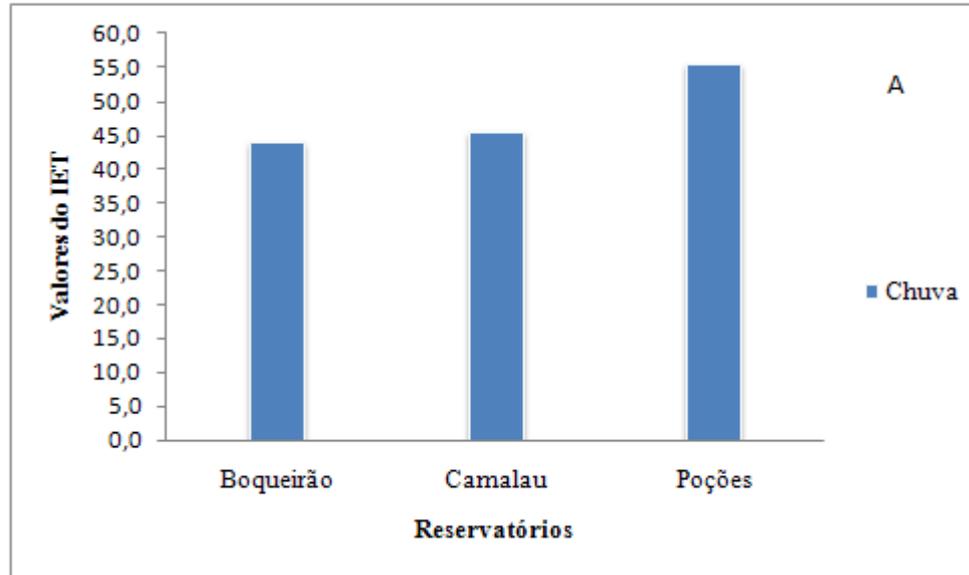


Figura 19A e 19B: Índice de estado trófico dos reservatórios Boqueirão, Camalau e Poções no período de chuva A (junho/2011) e seca B (setembro/2011).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos no referido estudo foi possível concluir que as altas concentrações de fósforo e nitrogênio, durante todo período amostral, podem ter sido determinantes na dominância das cianobactérias, já que as mesmas se mostraram bastantes representativas nos reservatórios (Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções).

O domínio das cianobactérias, principalmente *Coelomonon sp.*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria sp.* e *Planktothrix agardhii* presentes nos três reservatórios durante todo período de estudo, sugere que os ambientes estudados apresenta-se de mesotrófico a eutrófico, o que gera preocupações em relação a utilização da água, sobretudo para o abastecimento público.

Em relação ao biovolume, os resultados mostraram que houve diferenças na composição da comunidade fitoplanctônica. As espécies identificadas nos ambientes estudados sugeriram relação com as condições tróficas verificadas a partir dos parâmetros de concentração de fósforo.

8. REFERÊNCIAS

- AESA. **Relatório Anual sobre a situação dos Recursos Hídricos no Estado da Paraíba.** Ano Hidrológico 2008/2009.
- APHA. AWWA; WPCF. American Public Health Association - **Standard methods for examination of water and wastewater.** 20th ed. Washington D. C.: American Public Health Association, 1998, 1569p.
- ATTAYDE, J.L e Bozelli, R.L, 1999. **Environmental heterogeneity and predictive models of chlorophyll a in Brazilian coastal lagoon.** *Hydrobiologia* 390:129-139.
- ATTAYDE, J.L. & BOZELLI, R.L. (1998). Assessing the indicator properties of zooplankton assemblages to disturbance gradients by canonical correspondence analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, v.55, p. 1789-1797.
- BARBOSA, J. E. de L. **Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, Trópico semi-árido Brasileiro.** REVISTA DE BIOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA, Campina Grande, PB, ano 6, n. 1, p. 82, 2º semestre 2006.
- BJØRNSTAD, O. **Cycles and synchrony: two historical ‘experiments’ and one experience.** *Journal of Animal Ecology*, v. 69, n. 5, p. 869-873, 2000.
- BOUVY, M.; FALCÃO, D.; MARINHO, M.; PAGANO, M.; MOURA, A. **Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought.** *Aquatic Microbial Ecology*, v. 23, p. 13-27. 2000.
- BISHOP, C.T.; Anet, E.F.L.J.; Gorham, P.R. **Isolation and identification of the fast-death factor in *Microcystis aeruginosa* NRC-1.** *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37:453-471, 1959.
- BITTENCOURT – OLIVEIRA, M. DO. C; MOLICA, R. **Cianobactéria Invasora: Aspectos moleculares e toxicológicos de *Cylindrospermopsis raciborskii* no Brasil.** *Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, n.30, p. 82-89, Jan/jun. 2003.
- CARMICHAEL W. **The toxins of Cyanobacteria.** *Scientific American* 1994; 270(1): 78-86.
- CHORUS, I. & BARTRAM, J. 1999. ***Toxic Cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management.*** E & FN Spon, London. 416p.
- CEBALLOS, B.S.O. 1995. **Utilização de indicadores microbiológicos na tipologia de ecossistemas aquáticos do trópico semi-árido.** Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- DIAS, J. B. (2003). **“Codeterminantes biológicos da comunidade fitoplanctônica e fatores limnológicos no açude Taperoá II, Semiárido paraibano”.** 65p. Monografia de Graduação (Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas) - Departamento de Farmácia e Biologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.

EDLER, L. (ed.) (1979) **Phytoplankton and Chlorophyll: Recommendations on Methods for Marine Biological Studies in the Baltic Sea**. Baltic Marine Biologists Publication No. 5.

ENRICH-PRAST, A. Regulação microbiológica da disponibilidade de nitrogênio em ecossistemas aquáticos continentais. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 12, 2005.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro, Interciência/FINEP, 1998. 504 p.

FIGUEIRÊDO, M.C.B.; TEIXEIRA, A.S.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; PAULINO, W.D.; MOTA, S.; ARAÚJO, J.C. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização**. Revista Engenharia Sanitária e ambiental. V.12 n.4 Rio de Janeiro out./dez.2007.

FUNASA. **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.

HENRY, R. et al. (1999). “**Variação espacial e temporal da produtividade primária pelo fitoplâncton na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP)**” .Rev. Brasil. Biol., v.70, n. 4, p.571-590.

HUSZAR, V.L.M. et. al. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. **Hydrobiologia**, v.424, p. 67-772000.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Índice de Desenvolvimento Humano**. Censo 2000.

JOCHIMSEN, E.M.; CARMICHAEL, W.W.; NA, J; CARDO, D.A.; LYRA, T.M.; BARRETO, V.; AZEVEDO, S.M.F.O.; JARWIS, W.R. **Liver failure and death following exposure to microcrystal toxins at a hemodiálisis center in Brasil**. The New England Journal of Medicine, 36: p.373-378. 1998.

KENT, A. D.; YANNARELL, A. C.; RUSAK, J. A.; TRIPLETT, E. W.; McMAHON, K. D. **Synchrony in aquatic microbial community dynamics**. International Society for Microbial Ecology Journal, v. 1, n. 1, p. 38-47, 2007.

LANDE, R., S. 1999. **Spatial scale of population synchrony enviromental correlation versus dispersal and density regulation**. Am. Naturalist 154: 271-281.

LUND, J.W.G., KIPLING, C. & LECREN, E.D. 1958. The invert microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. **Hydrobiologia** 11:143-170.

LUUKKAINEN, R.; NAMIKOSHI, M.; SIVONEN, K.; RINEHART, K.L. & NIEMELÄ, S.L. 1994. **Isolation and identification of 12 microcystins from strains and two bloom samples of *Microcystis* spp., structure of a new hepatotoxin**. *Toxicon*, 32: 133-139.

- MARGALEF, R. (1982). **Fitoplancton de la región afloramiento Del noroeste de Africa**. Res. Exp. Cient. B/O Cornide 1: 23-51.
- MAHMOOD, N.A. And CARMICHAEL, W.W. 1987 **Anatoxin-a(S), an anticholinesterase from the cyanobacterium *Anabaena flos-aquae* NCR-525-17**. *Toxicon*, **25**, 1221-1227.
- PAERL, H.W. & HUISMAN, J. 2008. **Blooms like it hot**. *Science*, 320: 57-58.
- PARAÍBA, 2007 Secretaria de Planejamento. **Avaliação da infra-estrutura hídrica e do suporte para o sistema de gerenciamento de recursos hídricos do Estado da Paraíba**. João Pessoa, SEPLAN, 144 p.
- PEREIRA, R. C., SOARES-GOMES, A (Organizadores). *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.
- REYNOLDS, C. S, TUNDISI, J. G., HINO, K. **Observations on a metalimnetic *Lyngbya* population in a stably stratified tropical lake** (lagoa Carioca, Eastern Brazil). *Archiv für Hydrobiologie*, v. 97, n. 1, p. 7-17, 1984.
- RIBEIRO, C. R. **A importância da água para a vida**. *Jornal Saúde e Vida*. Pág. 06, 2008.
- ROTT, E. 1981. **Some results from phytoplankton counting intercalibrations**. *Schweiz. Z. Hydrol.* 43: 34-62.
- RUNNEGAR, M.T.C. & FALCONER, I.R. 1986. **Effects of toxins from the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* on ultrastructural morphology and actin polymerization in isolated hepatocytes**. *Toxicon*, 4: 330-352.
- RUXTON, G. D. **Dispersal and chaos in spatially structured populations: individual-level approach**. *Journal of Animal Ecology*, v. 65, n. 2, p. 161-165, 1996.
- SANT'ANNA CL, Azevedo MTP. **Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil**. *Nova Hedwigia* 2000; 71(3-4): 359-85.
- SHIKLOMANOV, I.A. (1999). **World Water Resources and their Use**. Database on CD Rom. Paris, UNESCO.
- SPOOF, L.; VESTERKVIST, P.; LINDHOLM, T. & MERILUOTO, J. 2003. **Screening for cyanobacterial hepatotoxins, microcystins and nodularin in environmental water samples by reversed-phase liquid chromatography-electrospray ionisation mass spectrometry**. *Journal of Chromatography A, Including Eletrophoresis, Mass Spectrometry and other Separation and Detection Methods*, 1020: 105-19.
- THORNTON J.A. & W. Rast. 1993. **A test of hypotheses relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid man-made lakes**. In: M. Straskrabra, J.G.Tundisi & A. Duncan (eds.), 1993. *Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management*, Kluwer Academic Publishers. 1-24.

TUNDISI, J. G.; GENTIL, J. G. & DIRICKSON, C. “**Seasonal cycle of primary production of nano and micro phytoplankton in a shallow tropical reservoir**”. Rev. Bras. Bot., v.1, p.35-39, 1999.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo, 2008, p. 631.

UTERMÖHL, H., 1958. Zur **Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik**. Mitteilungs Internationalen Verein Limnologie 9: 1- 38

VALENTE, J.P.S.; PADILHA, P.M.; SILVA, A.M.M.. **Contribuição da cidade de Botucatu – SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita**.

WETZEL, R.G. (1993). “**Limnologia**”. Lisboa; Fundação Calouste Gulbenkian, 919p.