



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA

**ESTRUTURA E DINÂMICA DA COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA EM UM RESERVATÓRIO
PARAENSE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado por:

FELIPE LOPES ALVES

**Orientadora: Profa. Dra. Márcia Francineli da Cunha Bezerra
(UFPA)**

Coorientadora: Profa. Dra. Luiza Nakayama (UFPA)

BELÉM – PA

2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA**

Trabalho de Conclusão de Curso

**ESTRUTURA E DINÂMICA DA COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA EM UM RESERVATÓRIO
PARAENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado por:

Felipe Lopes Alves

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Francineli da Cunha Bezerra

Coorientadora: Prof. Dra. Luiza Nakayama

BELÉM – PA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L864e Lopes Alves, Felipe.
 Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica em um reservatório paraense / Felipe Lopes Alves. —
 2019.
 28 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dra. Márcia Francinelli da Cunha Bezerra
Coorientação: Prof. Dra. Luiza Nakayama
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

1. Comunidade fitoplanctônica. 2. Bioindicador. 3. UHE - Tucuruí (PA). I. Título.

CDD 579.81776



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA

**ESTRUTURA E DINÂMICA DA COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA EM UM RESERVATÓRIO
PARAENSE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado por:

Felipe Lopes Alves

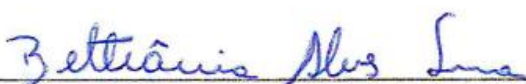
Como requisito para à obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia

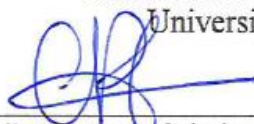
Data da Aprovação: 19/12/2018

Conceito: Excelente

Banca Examinadora:


Prof.ª Dr.ª Márcia Francineli da Cunha Bezerra - Orientadora
IG – UFPA


Profa. Ms. Bethânia Alves Sena (Membro)
Universidade Federal do Pará (UFPA)


Profa. Dra. Cristiane de Paula Ferreira (Membro)
Universidade Federal do Pará (UFPA)

A todos que acreditaram em mim
e na minha capacidade,
dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois até aqui Ele me ajudou.

À Universidade Federal do Pará e ao PIBIC-UFPA pela concessão de bolsas de iniciação científica com as quais deram início a este trabalho.

À minha família, em especial meus pais, que acreditaram e investiram seus recursos em mim e não mediram esforços para suprir minhas necessidades.

À minha orientadora, Marcia Francinelli da C. Bezerra, por sua paciência, ensinamentos e incentivos dados a mim.

À minha Co-orientadora, Luiza Nakayama, por sua confiança e créditos em mim depositados.

Aos professores da Faculdade de Oceanografia da UFPA, que transmitiram ao máximo seus conhecimentos para transformar seus alunos em excelentes profissionais.

À turma de Oceanografia 2015, em especial ao Anderson Braga, Haresson Elias, Julio Richard, Larissa Martins, Paulo Raphael, Thamires Salimos, Thayane Porto e Yago Marinho, que me proporcionaram experimentar uma aventura oceanográfica inesquecível.

Aos meus colegas do LABIO, pelos conselhos, companheirismo, compartilhamento de experiências e ajuda até nos últimos momentos.

Ao meu amigo Douglas Lavareda, que no último momento me aconselhou e me deu forças a continuar.

“A esperança é a única coisa mais forte do que o medo”

Coriolanus Snow

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo caracterizar a comunidade fitoplanctônica do reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, uma vez que estes corpos hídricos são construções para diversos fins exploratórios como abastecimento público, aquicultura, lazer e obtenção de energia. As amostras biológicas foram coletadas em 7 pontos georrefenciadas, sendo quatro à montante e três na região de lago ao longo do reservatório, em dois períodos sazonais (chuvoso: meses de março e dezembro de 2011 e março de 2012 e não chuvoso: junho e setembro de 2011 e junho de 2012) em arrastos horizontais na subsuperfície da água durante cinco minutos, utilizando-se rede de plâncton cônica e cilíndrica (malha de 20µm de abertura). Concomitantemente, foram registrados os parâmetros físicos e químicos (temperatura, pH e oxigênio dissolvido) na superfície da água, os quais estiveram dentro da normalidade para a região Amazônica. Foi identificado um total de 86 espécies, distribuídas em 29 gêneros, 18 famílias e oito classes. Em relação à composição e à distribuição da comunidade fitoplanctônica, as Zignematophyceae e as Chlorophyceae foram os grupos mais representativos, assim como as mais abundantes. Com relação à frequência de ocorrência, os valores seguiram o mesmo padrão da abundância relativa, apresentando espécies muito frequentes (100% de ocorrência) de acordo com os grupos mais abundantes. A densidade fitoplanctônica foi maior nos meses de menor pluviosidade, devido ao aumento da zona eufótica e consequente aumento da densidade fitoplanctônica. Os índices de diversidade e de equitabilidade não apresentaram valores diferentes entre pontos amostrais e o período de estudo. A riqueza de espécies apresentou valores abaixo do esperado por Jackknife 1 e Jackknife 2 demonstrando que a ocorrência de espécies não alcançou a assíntota desejada para a área de estudo. De modo geral, a composição florística, abundância relativa, frequência de ocorrência, densidade, diversidade, equitabilidade e riqueza de espécies no reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí sugerem que a dinâmica fluvial ainda está conseguindo dispersar os poluentes oriundos das ações antrópicas, permitindo que este ecossistema se mantenha em boas condições para a comunidade aquática e o uso público.

Palavras-chave: Comunidade fitoplanctônica. Bioindicador. UHE Tucuruí (PA).

ABSTRACT

The present study had as objective to characterize the phytoplankton community of the reservoir of the Tucuruí Hydroelectric Plant, since these water bodies are constructions for various exploratory purposes such as public water supply, aquaculture, leisure and power generation. The biological samples were collected in seven georeferenced points, four upstream and three in the lake region along the reservoir, in two seasonal periods (rainy and not rainy) in the months of March, June, September and December of 2011, and March and June 2012 in horizontal trawls in the subsurface of the water during five minutes, using conical plankton and cylindrical mesh (20µm opening mesh). In real time, physical and chemical parameters (temperature, pH and dissolved oxygen) were recorded on the surface of the water, which were within the normal range for the Amazon region. A total of 86 species were identified, distributed in 29 genera, 18 families and eight classes. In relation to the composition and distribution of the phytoplankton community, Zignematophyceae Chlorophyceae were the most representative groups, as well as the most abundant ones. Regarding the frequency of occurrence, the values followed the same pattern of relative abundance, presenting very frequent species (100% occurrence) according to the most abundant groups. The phytoplankton density was higher in the months of lower rainfall, due to the increase of the euphotic zone and consequent increase of the phytoplankton density. The diversity and equitability indices did not show different values between sample points and the study period. Species richness presented values below that expected by Jackknife 1 and Jackknife 2 demonstrating that the occurrence of species did not reach the desired asymptote for the study area. In general, the floristic composition, relative abundance, frequency of occurrence, density, diversity, equitability and species richness in the reservoir of the Tucuruí Hydroelectric Plant suggest that the river dynamics is still able to disperse pollutants from anthropic actions, ecosystem remains in good condition for the aquatic community and public use.

Keywords: Phytoplankton Community. Bioindicator. UHE Tucuruí (PA).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização do reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí – PA e os pontos de coleta: MBB – Montante Breu Branco; C1 – Caraipé 1; C2 – Caraipé 2; M1 – Montante 1; MR – Montante Novo Repartimento; ML – Montante Lontra e MJV – Montante Jacundá Velho.....	6
Figura 2 - Curva média de acumulação de espécies do fitoplâncton para os pontos da Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA no período chuvoso.....	12
Figura 3 - Curva média de acumulação de espécies do fitoplâncton para os pontos da Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA no período menos chuvoso.	12
Figura 4 - Frequência de ocorrência do fitoplâncton nos meses de março, junho e setembro de 2011 na Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA.	19
Figura 5 - Frequência de ocorrência do fitoplâncton nos meses de dezembro de 2011 e março e junho de 2012 na Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA.....	20
Figura 6 - Variação da abundância relativa das classes fitoplanctônicas, durante os períodos de estudos, na Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA.	21
Figura 7 - Densidade (Cél/l) da comunidade fitoplanctônica durante o período de estudo na Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA.	22
Figura 8 - Índice de diversidade específica de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J') do fitoplâncton, no período chuvoso na Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA.	22
Figura 9 - Índice de diversidade específica de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J') do fitoplâncton no período chuvoso na Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA.	23

LISTA DE ABREVIATURA

BTA: Bacia de Tocantins-Araguaia

C1: Caraipé 1

C2: Caraipé 2

LABIO: Laboratório de Biologia de Organismos Aquáticos

M1: Montante 1

MBB: Montante Breu Branco

MJV: Montante Jacundá Velho

ML: Montante Lontra

MR: Montante Novo Repartimento

UHE Tucuruí: Usina Hidrelétrica de Tucuruí

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	ix
LISTA DE ABREVIATURA	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. OBJETIVO GERAL.....	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3. METODOLOGIA	5
3.1. ÁREA DE ESTUDO	5
3.2. MÉTODO DE COLETA E AMOSTRAGEM.....	7
3.3. ANÁLISES.....	7
3.3.1. Frequência de ocorrência	8
3.3.2. Abundância relativa	8
3.3.3. Densidade, Riqueza de espécies, Diversidade e Equitabilidade	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4.1. VARIÁVEIS AMBIENTAIS	11
4.2. COMPOSIÇÃO E ANÁLISE DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA ..	12
5. CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	25

1. INTRODUÇÃO

Henry *et al.* (1998) conceituam os reservatórios, também chamado de represas, como corpos de água semifechados com características de rios e de lagos, tendo elevada importância socioeconômica, como recreação, pesca, turismo, abastecimento público e suporte na irrigação para a agricultura.

A geração de energia no Brasil, por meio dos recursos hídricos representa cerca de 85% da energia total, mas com tendências para o aumento (Nogueira *et al.* 1999, Tundisi *et al.* 1993). A construção de grandes reservatórios brasileiros atingiu o máximo do desenvolvimento nas décadas de 1960 e 1970 (Tundisi 2008), tendo a região Sudeste com o maior número de reservatórios, devido à maior demanda de energia, influenciada pela grande densidade populacional e pela condensação de indústrias (Silva *et al.* 2009).

Nos últimos anos, houve um significativo avanço no conhecimento limnológico de ecossistemas artificiais lacustres (reservatórios), aumentando o interesse de estudos nesses ecossistemas (Ferrareze & Nogueira 2013, Lucas *et al.* 2015, Tavares 2011).

Os reservatórios estão inseridos sob complexas funções de forças naturais e artificiais, que estabelecem as rápidas mudanças nos mecanismos de funcionamento e nos sistemas de circulação horizontal e vertical, os quais acabam alterando os mecanismos ecológicos (Tundisi 1999). Thorton *et al.* (1990) e Straskraba *et al.* (1993) citam outros fatores para essas alterações como idade do reservatório, altura das saídas de água, tempo de retenção, sequência de operações e morfometria complexa.

Desta forma, o enchimento do reservatório causa grandes impactos ambientais provocados por desvio de cursos d'água, alteração do fluxo, alagamento da mata ciliar, aumento temporário de nutrientes na água e compartimentalização do rio longitudinalmente, em três zonas distintas (montante, lago e jusante), com características físicas, químicas e biológicas únicas (Esteves 2011, Fearnside & Pueyo 2012, Thornton *et al.* 1990).

Para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas aquáticos, Padisák *et al.* (2006) afirmam que são necessários estudos que envolvem a comunidade fitoplânctônica, desde as categorias ecológicas, composição até a distribuição temporal e espacial.

Vários estudos em reservatórios envolvendo a comunidade fitoplanctônica vêm crescendo continuamente dentro do contexto taxonômico, morfológico, funcional e ecológico, como por exemplo:

No Lago das Garças, Tucci *et al.* (2006) identificaram 265 táxons (88 considerados novas ocorrências) distribuídos em 12 classes. Destes, 29 pertencem às Chlorophyceae e 22 às Cyanobacteria. Seis espécies de cianobactéria potencialmente tóxicas foram encontradas, dentre elas a *Aphanocapsa incerta* (Lemm.) Kom. & Cronb, *Radiocystis fernandoi* Kom. & Komárk.-Legn e *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing.

Nascimento *et al.* (2009), ao determinarem metais na comunidade fitoplanctônica da Usina Hidrelétrica de Samuel/RO, perceberam que as concentrações desses metais foram influenciadas pelo período de cheia do reservatório, quando a entrada de água resultava na ressuspensão de partículas do sedimento de fundo, sendo que as menores concentrações foram observadas no período de seca, quando ocorreu grande deposição de material em suspensão.

Cunha & Calijuri (2011), ao estudarem a variação espaço-temporal do fitoplâncton em braços do reservatório de Itupararanga/SP concluíram que dentro da alta diversidade de espécies, os grupos mais representativos foram os que habitam preferencialmente em ambientes eutrofizados. Por esta razão, recomendaram a necessidade de manejo do reservatório, com vistas ao controle do enriquecimento por nutrientes pela influência de seus rios formadores.

Tavares (2011), trabalhando na UHE Tucuruí, atestou que temperatura, pH e clorofila *a* entre montante e jusante são parâmetros essenciais para o diagnóstico ambiental, pois apresentaram diferença significativas e influenciaram na composição espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica. Além disso, encontrou uma comunidade bem diversificada, com mais de 90 espécies identificadas, tendo a cianobactéria *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing uma espécie muito frequente e dominante no estudo.

Bellém *et al.* (2012) estudaram reservatórios brasileiros e portugueses e concluíram que os reservatórios apresentaram espécies de gêneros produtores de toxinas, com risco para a saúde pública, assim, apontaram medidas fundamentais para mitigar a situação, tais como a implementação de tratamento eficaz da água para remoção de cianobactérias e respectivas toxinas por filtração, oxidação com ozônio ou cloração; e monitoramento regular de cianotoxinas.

Lucas *et al.* (2015), em seus estudos no reservatório Rosário/CE, mostraram que a comunidade fitoplanctônica era diversificada, encontrando 50 táxons distribuídos em nove classes: Chlorophyceae (32%), Cyanophyceae (28%), Bacillariophyceae (10%), Euglenophyceae (8%), Zygnemaphyceae (6%), Conjugatophyceae, Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae e Xanthophyceae (4%). A maior diversidade de espécies que obtiveram foi durante o período chuvoso, sendo os gêneros mais representativos: *Botryococcus* Kützinger e *Hariotina* P.-A.Dangeard (Chlorophyta), *Microcystis* Lemmermann e *Aphanocapsa* C.Nägeli (Cyanobacteria), *Trachelomonas* Ehrenberg (Euglenophyta) e *Cyclotella* (Kützinger) Brébisson (Bacillariophyta). Além disso, concluíram que alguns grupos de algas apresentaram preferências ecológicas por ambientes eutróficos.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Determinar a estrutura da comunidade fitoplanctônica no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (UHE Tucuruí).

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a variação espaço-temporal dos parâmetros físico-químicos (Temperatura, pH e Oxigênio Dissolvido);
- Descrever a composição, abundância relativa e frequência de ocorrência da comunidade fitoplanctônica;
- Identificar as possíveis espécies bioindicadoras;
- Determinar a riqueza de espécies, diversidade, equitabilidade e densidade da comunidade fitoplanctônica.

3. METODOLOGIA

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O reservatório da UHE Tucuruí está entre as maiores hidrelétricas brasileiras. De acordo com a Eletronorte (1987) possui uma capacidade de 45,8 bilhões de m³ de água e profundidade máxima de 75 m, tendo um tempo de residência média de 50 dias, estando localizado no rio Tocantins, no estado do Pará, a 75 km à montante da cidade de Tucuruí, a 300 km em linha reta da cidade de Belém, e se insere na Bacia de Tocantins-Araguaia (BTA), entre o paralelo 2° e 18°S, e o meridiano 46° e 55° W (Figura 1).

Este reservatório vem sofrendo um crescente impacto antrópico, devido ser uma região economicamente ativa, uma vez que serve de fonte de renda para a população local, como o transporte de carga e de pessoas, assim como a utilização para recursos pesqueiros (Camargo 2002).

O clima da região é marcado por dois períodos bem definido: chuvoso (meses de dezembro a abril) com chuvas intensas de origem convectiva e totais mensais atingindo valores de entre 500-600 mm/mês e seco (meses de junho a novembro) com uma estiagem pronunciada em agosto e setembro, quando a precipitação é tipicamente da ordem de 30 mm/mês (Fisch *et al.* 1990, Moraes *et al.* 2005).

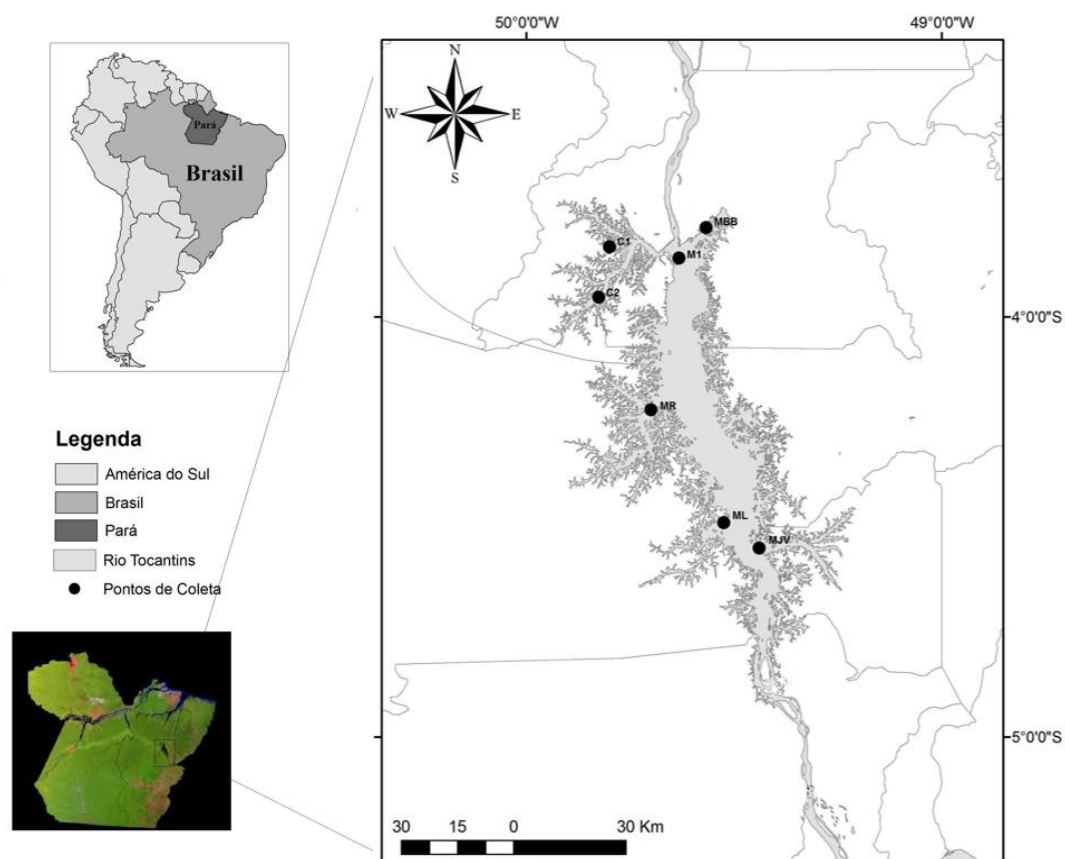


Figura 1 – Localização do reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí – PA e os pontos de coleta: MBB – Montante Breu Branco; C1 – Caraipé 1; C2 – Caraipé 2; M1 – Montante 1; MR – Montante Novo Repartimento; ML – Montante Lontra e MJV – Montante Jacundá Velho.
 Fonte: Paulo Trindade com modificações

3.2. MÉTODO DE COLETA E AMOSTRAGEM

As coletas fitoplanctônicas ocorreram em dois períodos: chuvoso (março/11, dezembro/11 e março/12) e menos chuvoso (junho/11, setembro/11 e junho/12). Foram estabelecidos sete pontos georreferenciados, sendo quatro à montante (MBB, M1, C1 e C2) e três na porção do lago (MR, ML e MJV).

Para o estudo qualitativo do fitoplâncton, a coleta foi feita com o auxílio de uma rede de plâncton de 20 µm de abertura de malha, e para a obtenção de amostras quantitativas, foram coletados 250 ml de água (sub-superficial) diretamente do meio aquático. Após as coletas, todas as amostras foram acondicionadas em potes de polietileno de 250 ml, sendo o material fixado em solução transeau (Bicudo & Menezes 2006).

Em cada ponto de coleta foram efetuadas medições *in situ* de temperatura, pH e oxigênio dissolvido. O material biológico foi então transportado ao Laboratório de Biologia de Organismos Aquáticos (LABIO/UFPA).

3.3. ANÁLISES

A análise qualitativa do fitoplâncton foi realizada a partir de montagens lâmina-lamínula, as quais foram observadas em microscópio óptico. Para cada amostra, foram analisadas no mínimo cinco lâminas. Para a organização e apresentação dos táxons fitoplanctônicos foi utilizada a classificação de Van Den Hoek *et al.* (1995) e Bicudo & Menezes (2006). A identificação dos táxons de fitoplâncton foi realizada, quando possível até o nível específico, de acordo com literatura especializada: Bicudo & Menezes (2006), Bourrelly (1972, 1981, 1988), Cupp (1943), Desikachary (1959); Pérágallo & Pérágallo (1897-1908), Silva-Cunha & Eskinazi-Leça (1990), Tomas (1996).

O estudo quantitativo do fitoplâncton foi realizado, segundo a técnica de Utermöhl (1958), com a utilização de câmaras de sedimentação de 20 ml, sendo estas observadas em microscópio invertido.

3.3.1. Frequência de ocorrência

A frequência de ocorrência (F) das espécies será determinada pela seguinte equação (1):

Onde:

$$F = \left(\frac{PA}{P} \right) * 100 \quad (1)$$

F = frequência da espécie A nas amostras;

PA = número de amostras onde a espécie A ocorreu;

P = número total de amostras analisadas.

Em função do valor de F, e, de acordo com Matteucci & Colma (1982), considerou-se os seguintes critérios para representação desta variável: F >70% (espécies muito frequentes); F ≤70% e >40% (espécies frequentes); F ≤40% e >10% (espécies pouco frequentes) e F ≤10% (espécies esporádicas).

3.3.2. Abundância relativa

A abundância relativa (Ar) das espécies foi determinada pela seguinte equação (2):

Onde:

$$Ar = \frac{N \times 100}{P} \quad (2)$$

Ar = Abundância relativa da espécie A nas amostras;

N = número de espécie A encontrada nas amostras;

P = número total de indivíduos encontrados nas amostras.

Em função do valor de abundância relativa, segue-se os critérios dominante (≥ 70%), abundante (< 70% e ≥ 40%), pouco abundante (< 40% e ≥ 10%) e raro (< 10%).

3.3.3. Densidade, Riqueza de espécies, Diversidade e Equitabilidade

Foram estimados índices ecológicos (densidade pela simples contagem do número de táxons; riqueza de espécies pelo índice de *Margalef*; diversidade pelo índice

de *Shannon-H*; equitabilidade pelo índice de *Pielou*), participação percentual e curva cumulativa de espécies, utilizando-se o estimador de riqueza *Jackknife 1* e *Jackknife 2* para os pontos amostrais, com inferência de intervalo de confiança de 95% de probabilidade.

A densidade das espécies foi expressa como número de indivíduos por metros cúbicos (ind.m^{-3}). Para isso, foi utilizada a fórmula para calcular o número total de indivíduos (Ni) (3) de cada táxon na amostra:

$$Ni = \frac{Vt \times x}{Vc} \quad (3)$$

Onde:

Vt é o volume total da amostra diluída; Vc é o volume da subamostra, sendo, x o número total de indivíduos por unidade de volume ($N^\circ \text{ind.m}^{-3}$) (4) obtido pela fórmula:

$$N^\circ \text{ind.m}^{-3} = \frac{N}{V}$$

Onde:

N é o número total de cada táxon na amostra e V é o volume de água filtrado.

A diversidade alfa (α) ou local, corresponde à diversidade dentro de um habitat ou comunidade. Este índice leva em conta, tanto a uniformidade (equitabilidade) quanto a riqueza de espécies, sendo chamados também de índices de heterogeneidade. O aumento do número de espécies ou o aumento da uniformidade das abundâncias aumenta a diversidade. O cálculo da diversidade α foi obtido por meio do índice de Shannon (H') (5) (1948):

$$H' = \sum pi \times \log_2 pi \quad (5)$$

Onde:

pi (6) é dado por:

$$pi = \frac{NI}{N}$$

O NI é o número de indivíduos de cada espécie e N é o número total de indivíduos. O resultado foi expresso em ind.m^{-3} , sendo considerada alta diversidade valores acima de

3,0 ind.m⁻³, média diversidade valores entre 3,0 e 2,0 ind.m⁻³, baixa diversidade valores entre 2,0 e 1,0 ind.m⁻³ e muito baixa diversidade valores inferior a 1,0 ind.m⁻³.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. VARIÁVEIS AMBIENTAIS

As variáveis ambientais (pH, Temperatura e Oxigênio Dissolvido) foram organizadas e sumarizadas na Tabela 1. Os valores de temperatura e pH não apresentaram variações no estudo, sendo que o pH apresentou valores alcalinos na maioria dos pontos e nos períodos de estudo. O oxigênio dissolvido não mostrou estar de acordo com o padrão CONAMA (2005).

Todos os valores das variáveis foram comparados com os estabelecidos como padrão para qualidade da água na Amazônia, pela resolução 357/05 do CONAMA e além disso os dados analisados estão de acordo com a literatura de trabalhos realizados na região (Bellém *et al.* 2012, Espíndola *et al.* 2000, Tavares 2011).

Tabela 1 - Variáveis hidrológicas nos pontos de coletas na Usina Hidrelétrica de Tucuruí – PA

Pontos	mar/11	jun/11	set/11	dez/11	mar/12	jun/12
Temperatura (°C)						
MBB	30,6	30,3	30,7	31,3	31,8	30,0
M1	30,3	29,2	29,9	30,0	30	30,0
C1	29,3	30,4	29,1	30,8	31,7	30,2
C2	28,8	29,8	30,9	31,5	29,3	29,9
MR	31,1	30,1	32,5	31,6	33,0	32,7
ML	30,3	31,5	31,0	30,4	31,1	31,5
MJV	29,6	30,2	30,4	31,4	31,8	31,1
pH						
MBB	7,8	7,4	7,5	6,9	7,3	7,7
M1	8,2	7,4	7,4	7,2	7,2	7,7
C1	7,7	7,5	7,3	7,0	7,0	7,8
C2	7,9	7,3	7,4	7,0	7,2	7,7
MR	7,8	7,6	7,6	6,7	7,3	7,8
ML	8,0	7,9	7,7	7,8	7,3	7,7
MJV	7,9	7,8	7,6	7,8	7,2	5,7
Oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹)						
MBB	5,6	7,2	4,0	7,3	4,4	5,7
M1	9,6	7,6	7,6	7,2	4,1	4,8
C1	5,0	8,5	4,2	6,7	4,2	7,0
C2	4,2	7,2	3,9	7,4	3,9	7,8
MR	5,4	4,5	4,2	7,2	3,3	3,8
ML	6,4	6,1	4,6	7,0	3,5	5,1
MJV	5,3	4,4	4,9	7,1	5,8	5,7

4.2. COMPOSIÇÃO E ANÁLISE DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

Em relação às curvas de acumulação de riqueza de espécies nas estimativas de probabilidade Jackknife 1 e Jackknife 2 para os pontos amostrais, não houve diferença entre os valores quando comparado com o período chuvoso e menos chuvoso. A curva de acumulação de espécies no período chuvoso apresentou valores de confiança de 78% (Jackknife 1) e 73% (Jackknife 2) (Figura 2), enquanto que no período menos chuvoso os valores de confiança foram de 79% (Jackknife 1) e 71% (Jackknife 2) (Figura 3). Esses valores demonstram que a ocorrência de espécies não alcançou a assíntota esperada para a área de estudo.

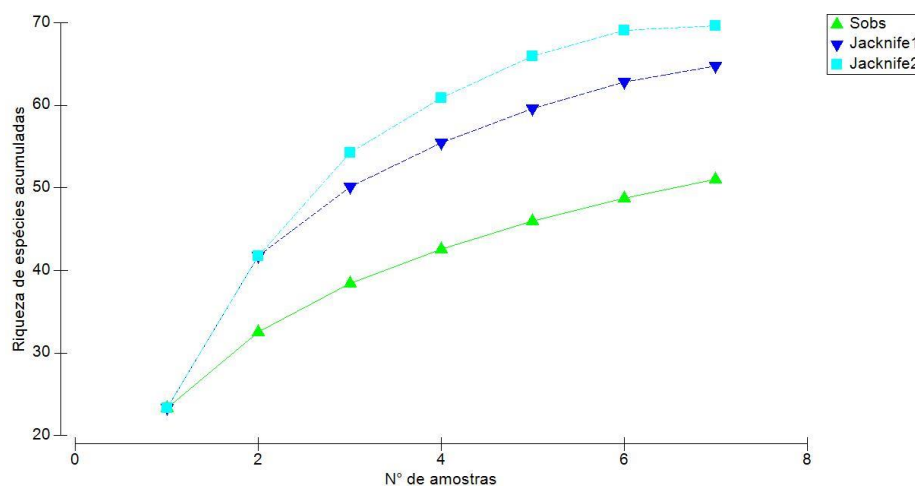


Figura 2 - Curva média de acumulação de espécies do fitoplâncton para os pontos da Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA no período chuvoso.

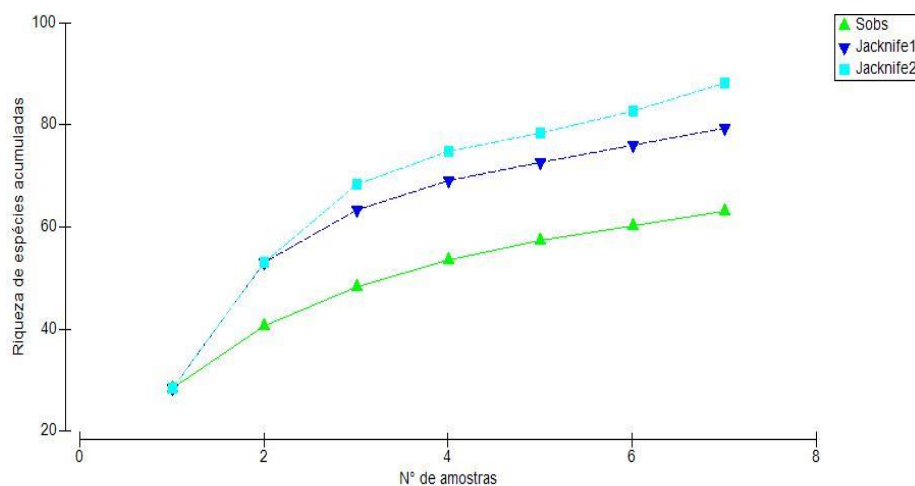


Figura 3 - Curva média de acumulação de espécies do fitoplâncton para os pontos da Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA no período menos chuvoso.

Apesar de não alcançar as estimativas desejada para as curvas de acumulação de espécies, foram identificadas um total de 86 espécies, distribuídas em 29 gêneros, 18 famílias e 8 classes (Tabela 2).

As classes mais representativas em termos de espécies identificadas foram: Zygnematophyceae (53%), Chlorophyceae (23%), Cyanophyceae (6%) e Euglenophyceae (6%). A alta representatividade de espécies dessas classes em reservatórios foi também observada por vários autores: Bellém *et al.* (2012), Calijuri *et al.* (2002), Tucci *et al.* (2006), Lucas *et al.* (2015). Segundo Calijuri *et al.* (2006) diferentes grupos algais de fitoplâncton podem ser encontrados distribuídos em todo o reservatório de acordo com o gradiente de luminosidade e de temperatura.

Tabela 2 - Composição do fitoplâncton no reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA, durante os períodos amostrais.

(continua)

Taxon	
Divisão	CHAROPHYTA
Classe	CONJUGATOPHYCEAE (ZYGNEMATOPHYCEAE)
Ordem	DESMIDIALES
Família	DESMIDIACEAE
Gênero	<i>Cosmarium</i> Corda ex Ralfs
Espécie	<i>Cosmarium decussiferum</i> Borge
	<i>Cosmarium ornatum</i> Ralfs ex Ralfs
	<i>Cosmarium</i> sp.
Gênero	<i>Euastrum</i> Ehrenberg ex Ralfs
Espécie	<i>Euastrum abruptum</i> Nordstedt
	<i>Euastrum</i> sp.
Gênero	<i>Micrasterias</i> C.Agardh ex Ralfs
Espécie	<i>Micrasterias alata</i>
	<i>Micrasterias radiata</i> Hassall ex West & G.S.West
Gênero	<i>Staurastrum</i> Meyen ex Ralfs
Espécie	<i>Staurastrum columbetoides</i> West & G.S.West
	<i>Staurastrum elegantissimum</i> L.N.Johnson
	<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt
	<i>Staurastrum longipes</i> (Nordstedt) Teiling
	<i>Staurastrum mucronatum</i> Ralfs
	<i>Staurastrum neglectum</i> G.S.West
	<i>Staurastrum octangulare</i> Grönblad
	<i>Staurastrum paradoxum</i> Meyen ex Ralfs
	<i>Staurastrum patens</i> W.B.Turner
	<i>Staurastrum pseudoarthodesmus</i> Grönblad
	<i>Staurastrum pseudosebaldi</i> Wille
	<i>Staurastrum quadrinotatum</i> Grönblad

(continuação)	
Taxon	
	<i>Staurastrum rotula</i> Nordstedt
	<i>Staurastrum sebaldi</i> Reinsch
	<i>Staurastrum setigerum</i> Cleve
	<i>Staurastrum sexangulare</i> (Bulnheim) Rabenhorst
	<i>Staurastrum spiculiferum</i> Borge
	<i>Staurastrum subamericanum</i> Grönblad
	<i>Staurastrum subophiura</i> Borge
	<i>Staurastrum tectum</i> Borge
	<i>Staurastrum tetracerum</i> Ralfs ex Ralfs
	<i>Staurastrum triangulare</i> W.B.Turner
	<i>Staurastrum trifidum</i> Nordstedt
	<i>Staurastrum urinator</i> G.M.Smith
Gênero	<i>Staurodesmus</i> Teiling
Espécie	<i>Staurodesmus aristiferus</i> (Ralfs) Tomasson
	<i>Staurodesmus crassus</i> (West & G.S.West) S.Lillieroth
	<i>Staurodesmus curvatus</i> (West) Thomasson
	<i>Staurodesmus cuspidatus</i> (Brébisson) Teiling
	<i>Staurodesmus dickiei</i> Hinode
	<i>Staurodesmus extensus</i> (O.F.Andersson) Teiling
	<i>Staurodesmus hebridarus</i> (West & G.S.West) Kurt Förster
	<i>Staurodesmus megacanthus</i> (P.Lundell) Thunmark
	<i>Staurodesmus quadrangulare</i> (Brébisson) Akin & R.L.Meyer
	<i>Staurodesmus selenaeus</i> (Grönblad) Teiling
	<i>Staurodesmus speccerianus</i> (Nordstedt) Teiling
	<i>Staurodesmus spencerianus</i> (Nordstedt) Teiling
Gênero	<i>Xanthidium</i> Ehrenberg ex Ralfs
Espécie	<i>Xanthidium amazonense</i> A.M.Scott & Croasdale
	<i>Xanthidium regulare</i> Nordstedt
	<i>Xanthidium</i> sp.
	<i>Xanthidium trilobum</i> Nordstedt
Divisão	CHLOROPHYTA
Classe	CHLOROPHYCEAE
Ordem	SPHAEROPLEALES
Família	HYDRODICTYACEAE
Gênero	<i>Pediastrum</i> Meyen
Espécie	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen
	<i>Pediastrum simplex</i> Meyen
	<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs
Gênero	<i>Tetraëdron</i> Kützing
Espécie	<i>Tetraëdron gracile</i> (Reinsch) Hansgirg
Família	RADIOCOCCACEAE
Gênero	<i>Coenochloris</i> Korshikov
Espécie	<i>Coenochloris</i> sp.
Família	SCENEDESMACEAE

(continuação)	
Taxon	
Gênero	<i>Coelastrum</i> Nägeli
Espécie	<i>Coelastrum</i> sp.
Gênero	<i>Desmodesmus</i> (Chodat) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald
Espécie	<i>Desmodesmus communis</i> (E.Hegewald) E.Hegewald
Gênero	<i>Scenedesmus</i> Meyen
Espécie	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat
	<i>Scenedesmus armatus</i> (Chodat) Chodat
	<i>Scenedesmus denticulatus</i> Lagerheim
	<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenberg) Chodat
	<i>Scenedesmus granulatus</i> West & G.S.West
	<i>Scenedesmus perforatus</i> Lemmermann
	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson
	<i>Scenedesmus</i> sp.
Família	SELENASTRACEAE
Gênero	<i>Ankistrodesmus</i> Corda
Espécie	<i>Ankistrodesmus bernardii</i> Komárek
Família	TREUBARIACEAE
Gênero	<i>Kirchneriella</i> Schmidle
Espécie	<i>Kirchneriella obesa</i> (West) West & G.S.West
Gênero	<i>Treubaria</i> C.Bernard
Espécie	<i>Treubaria crassispina</i> G.M.Smith
	<i>Treubaria schmidlei</i> (Schröder) Fott & Kovácik
	<i>Treubaria triappendiculata</i> C.Bernard
Classe	TREBOUXIOPHYCEAE
Ordem	CHLORELLALES
Família	CHLORELLACEAE
Gênero	<i>Micractinium</i> Fresenius
Espécie	<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius
Família	NEOCHLORIDACEAE
Gênero	<i>Golenkinia</i> Chodat
Espécie	<i>Golenkinia radiata</i> Chodat
	<i>Golenkinia parvula</i> Woronchin
Ordem	TREBOUXIALES
Família	TREBOUXIACEAE
Gênero	<i>Myrmecia</i> Printz
Espécie	<i>Myrmecia</i> sp.
Divisão	CYANOBACTERIA
Classe	CYANOPHYCEAE
Ordem	AULACOSEIRALES
Família	AULACOSEIRACEAE
Gênero	<i>Aulacoseira</i> Thwaites
Espécie	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen
Ordem	CHROOCOCCALES
Família	APHONOTHECACEAE

(continuação)	
Taxon	
Gênero	<i>Aphanothece</i> C.Nägeli
Espécie	<i>Aphanothece</i> sp.
Família	MICROCYSTACEAE
Gênero	<i>Microcystis</i> Lemmermann
Espécie	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing
Ordem	NOSTOCALES
Família	NOSTOCACEAE
Gênero	<i>Anabaena</i> Bory ex Bornet & Flahault
Espécie	<i>Anabaena</i> sp.
Ordem	SYNECHOCOCCALES
Família	MERISMOPEDIACEAE
Gênero	<i>Eucapsis</i> F.E.Clements & H.L.Shantz
Espécie	<i>Eucapsis</i> sp.
Classe	MEDIOPHYCEAE
Ordem	THALASSIOSIRALES
Família	THALASSIOSIRACEAE
Gênero	<i>Thalassiosira</i> Cleve
Espécie	<i>Thalassiosira</i> sp.
Divisão	EUGLENOZOA
Classe	EUGLENOPHYCEAE
Ordem	EUGLENALES
Família	EUGLENACEAE
Gênero	<i>Trachelomonas</i> Ehrenberg
Espécie	<i>Trachelomonas dastuguei</i> Balech
	<i>Trachelomonas</i> sp.
Família	PHACACEAE
Gênero	<i>Phacus</i> Dujardin
Espécie	<i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin
	<i>Phacus plataleus</i> Drezepolski
	<i>Phacus gigas</i> A.M.Cunha
	<i>Phacus</i> sp.
Divisão	MIOZOA
Classe	DINOPHYCEAE
Ordem	PERIDINIALES
Família	PERIDINIACEAE
Gênero	<i>Peridinium</i> Ehrenberg
Espécie	<i>Peridinium</i> sp.
Divisão	OCHROPHYTA
Classe	XANTHOPHYCEAE
Ordem	MISCHOCOCCALES
Família	CENTRITRACTACEAE
Gênero	<i>Centritractus</i> Lemmermann
Espécie	<i>Centritractus africanus</i> F.E.Fritsch & M.F.Rich

(conclusão)	
Taxon	
Família	PLEUROCHLORIDACEAE
Gênero	<i>Isthmochloron</i> H.Skuja
Espécie	<i>Isthmochloron gracile</i> (Reinsch) Skuja

Na frequência de ocorrência nos meses de março, junho e setembro de 2011 (Figura 4) e nos meses de dezembro de 2011, março e junho de 2012 (Figura 5), as espécies *Cosmarium decussiferum* Borge, *Staurastrum leptocladum* Nordstedt, *Staurastrum pseudoarthrodesmus* Grönblad, *Staurastrum pseudosebaldi* Wille, *Staurastrum subamericanum* Grönblad, *Staurastrum triangulare* W.B.Turner (Zygnematophyceae), *Pediastrum duplex* Meyen, *Pediastrum simplex* Meyen, *Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs, *Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat, *Scenedesmus perforatus* Lemmermann, *Ankistrodesmus bernardii* Komárek (Chlorophyceae), *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, *Microcystis aeruginosa* (Kützinger) Kützinger (Cyanophyceae) e *Trachelomonas* sp. (Euglenophyceae) foram consideradas muito frequentes (100% de ocorrência). Dados semelhantes foi encontrado em outro trabalho na região Norte brasileira (Tavares 2011) sugerindo que além de serem abundantes na UHE Tucuruí, estas espécies também persistem no reservatório independente da sazonalidade (períodos chuvoso e não chuvoso).

Quanto a Abundância relativa, a classe Zygnematophyceae foi considerada abundante; as classes Chlorophyceae e Cyanophyceae como pouco abundantes; e as demais classes foram consideradas raras (Figura 6).

Falco (2000) mostrou que a sazonalidade e o estado trófico do ambiente são importantes na determinação da dominância de um grupo de algas. Segundo Esteves (2011), a classe Zygnemaphyceae habita somente ambientes de água doce e raramente salobra, como as espécies dos gêneros *Staurastrum* e *Staurodesmus*, encontradas nas amostras do presente estudo. Além disso, Branco (1986) citou que estes organismos são característicos de corpos d'água limpos, evidenciado por valores normais entre as variáveis ambientais e da boa disponibilidade de oxigênio dissolvido nos ambientes em que se encontram.

Logo, as espécies registradas *Staurastrum leptocladum* Nordstedt, *Staurastrum trifidum* Nordstedt e *Staurodesmus quadrangulare* (Brébisson) Akin & R.L.Meyer são exemplos que podem ser consideradas como bioindicadoras da boa qualidade da água

no reservatório, pois a presença delas demonstra que, apesar das interferências antrópicas, o ecossistema se mantém em equilíbrio em relação às variáveis ambientais.

Em trabalhos realizados em ecossistemas lacustres (Silva 1998, Tucci *et al.* 2006) mostraram que as espécies da classe Chlorophyceae habitam preferencialmente ambientes eutróficos. Assim, a presença de todas as espécies do gênero *Pediastrum* Meyen e do *Scenedesmus* Meyen e a espécie *Ankistrodesmus bernardii* Komárek, identificadas principalmente na região do lago, sugere que o reservatório pode estar com excesso de nutrientes, refletida no aumento da abundância destas espécies.

As espécies de Euglenofíceas e as de Cianofíceas, segundo Tucci & Sant'ana (2003), são consideradas bioindicadoras, no que diz respeito às condições favoráveis (ambiente rico em Nitrato e Fósforo), pois produzem toxinas que podem desequilibrar o ecossistema aquático e que afetam a qualidade da água. Entre essas espécies, se destaca a *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, a qual é capaz de produzir a toxina microcistina, cuja presença em alta quantidade pode causar em peixes planctívoros a perda de peso e a taxa negativa de crescimento (Bicudo & Menezes 2006) e em humanos, a contaminação da água para o consumo (Bellém *et al.* 2012). Portanto, as espécies dessas classes possuem um enorme significado ecológico para a bioindicação: a toxicidade do ambiente.

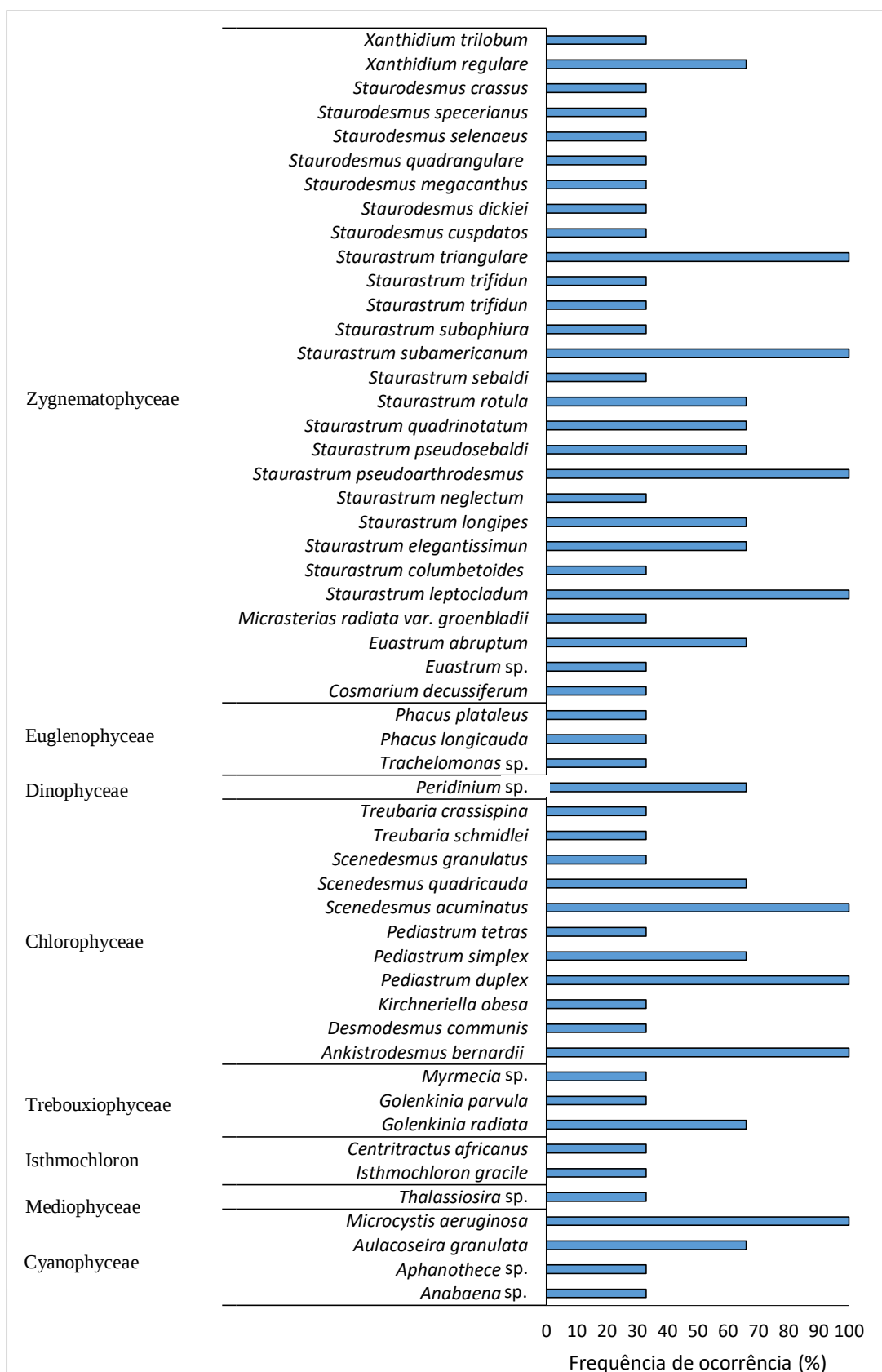


Figura 4 - Frequência de ocorrência do fitoplâncton nos meses de março, junho e setembro de 2011 na Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA.

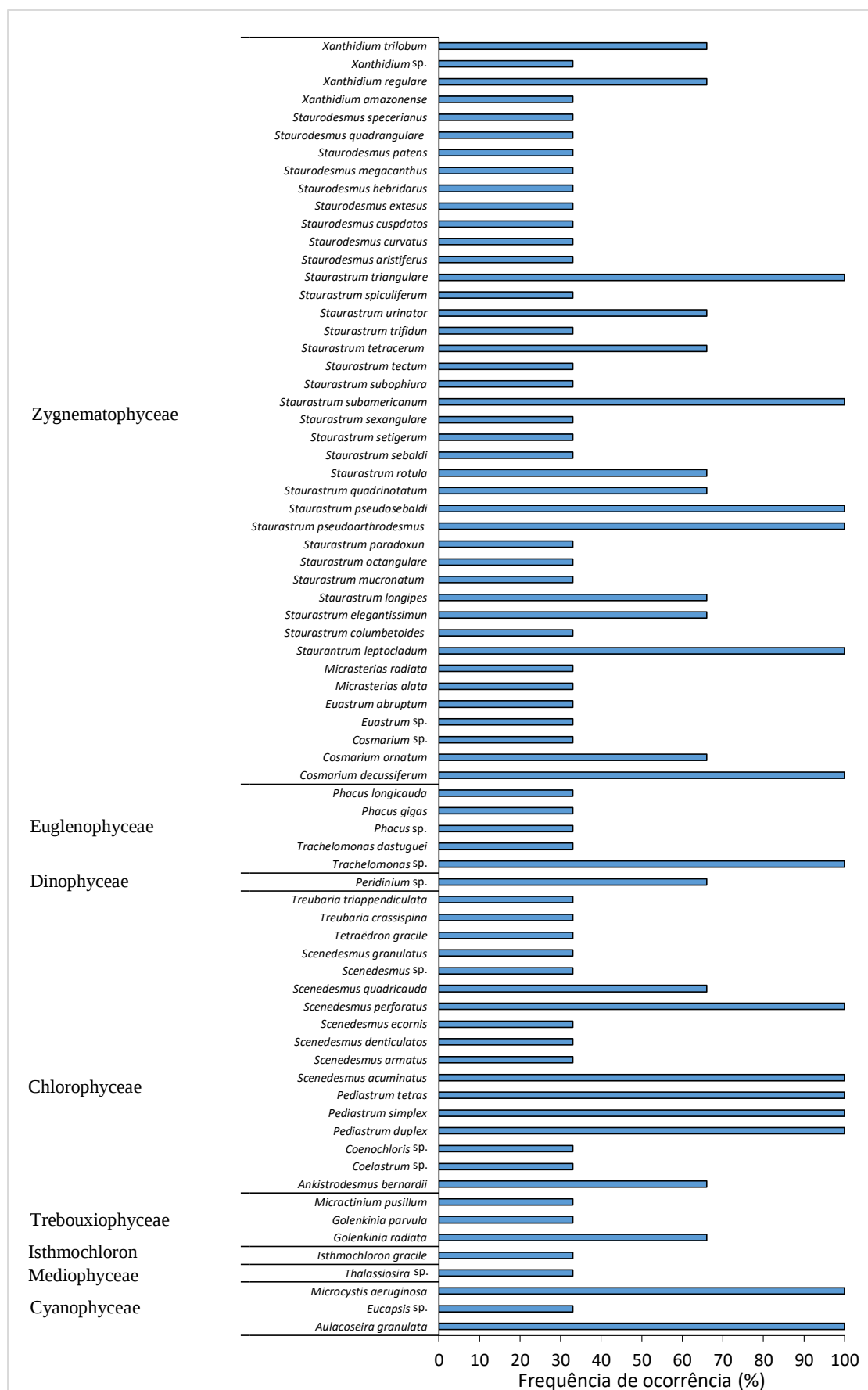


Figura 5 - Frequência de ocorrência do fitoplâncton nos meses de dezembro de 2011 e março e junho de 2012 na Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA.

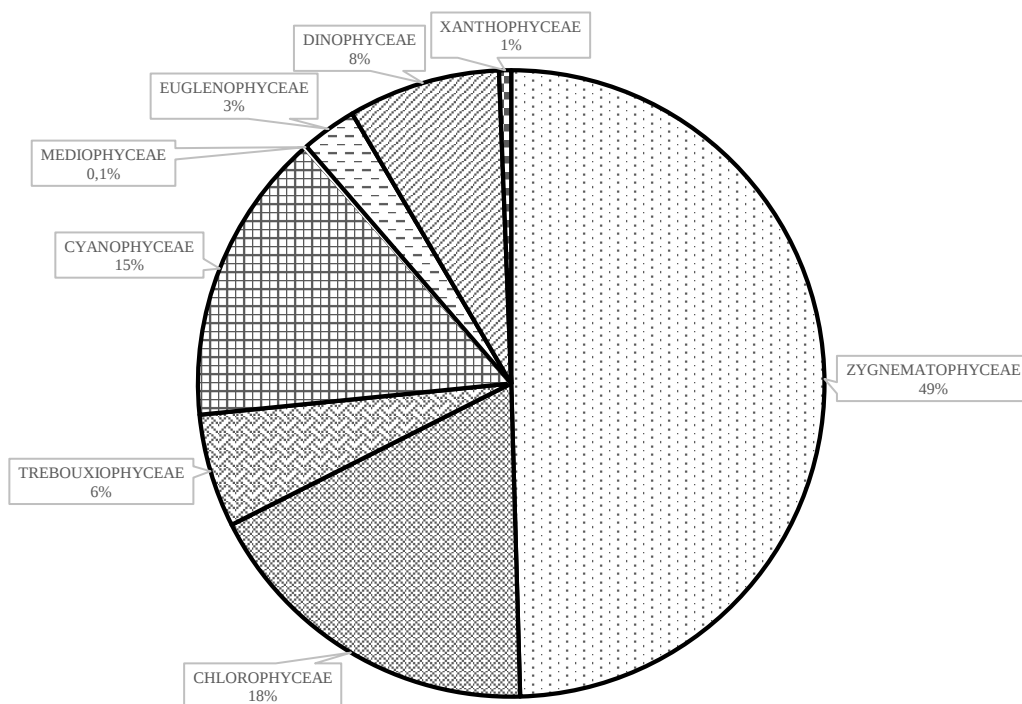


Figura 6 - Variação da abundância relativa das classes fitoplanctônicas, durante os períodos de estudos, na Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA.

No que se diz respeito à densidade fitoplanctônica, houve variações sazonais (Figura 7). Os valores de maior densidade foram registrados durante o período menos chuvoso (714400 Cel.L⁻¹), e os de menor densidade no período chuvoso (662200 Cel.L⁻¹), estando de acordo com Paiva *et al.* (2006) que descrevem, em ecossistemas aquáticos amazônicos, o aumento nas florações na comunidade fitoplanctônica acontecem em função do aumento da zona eufótica, que está relacionada com a diminuição da concentração de matéria orgânica em suspensão, causada pela diminuição dos índices pluviométricos.

Vale ressaltar que mensalmente, os meses de junho e setembro de 2011, apresentaram densidades baixas, o que pode ser explicada pela presença do fenômeno La Niña no ano de 2011, registrado no trabalho de Boening *et al.* (2012). Este fenômeno é caracterizado pelo esfriamento anormal das águas do Pacífico Equatorial, devido ao aumento da força dos ventos alísios, causando, assim, a elevação da pluviosidade nas regiões Amazônica e Nordeste brasileiras (Marengo & Nobre 2009).

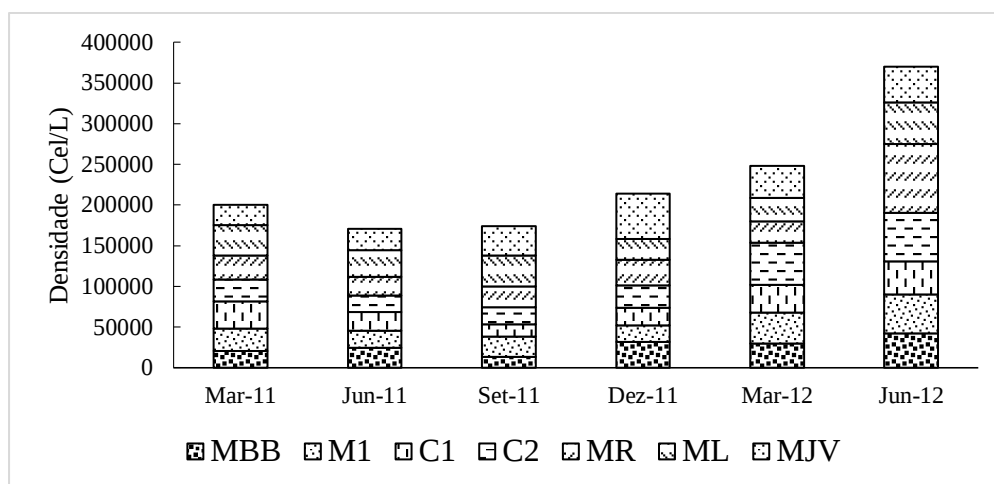


Figura 7 - Densidade (Cél/l) da comunidade fitoplanctônica durante o período de estudo na Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA.

De modo geral, o índice de diversidade no período chuvoso registrou média diversidade no reservatório. Os menores valores (aproximadamente $1,5 \text{ ind.m}^{-3}$) foram encontrados no ponto M1 (durante o mês de março de 2011) e C1 (dezembro de 2011), ambos na região de montante, mas a equitabilidade se mostrou com valores muito próximos a 1, sem grandes variações entre os pontos, sugerindo que as espécies se encontram distribuídas uniformemente (Figura 6).

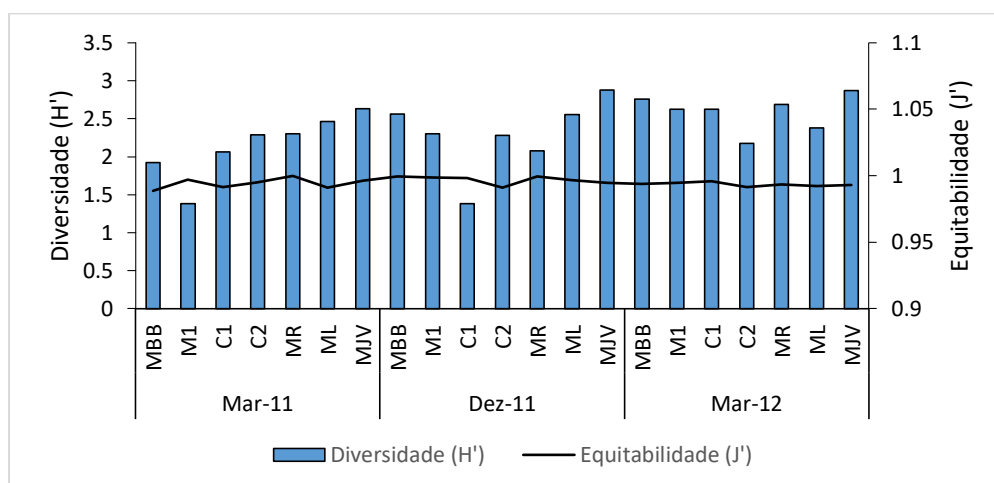


Figura 8 - Índice de diversidade específica de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J') do fitoplâncton, no período chuvoso na Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA.

No período menos chuvoso, a diversidade se mostrou alta nos pontos MBB, M1, MR e MJV no mês de junho de 2012, enquanto que as outras estações apresentaram média diversidade. A equitabilidade, assim como no período chuvoso, também não

apresentou grandes variações entre os pontos, sendo os valores próximos a 1 (Figura 7).

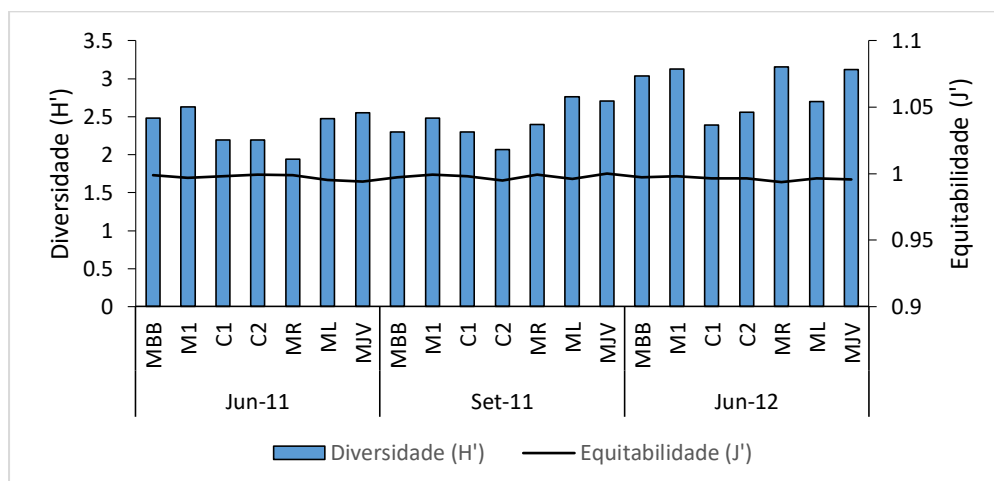


Figura 9 - Índice de diversidade específica de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J') do fitoplâncton no período chuvoso na Usina Hidrelétrica de Tucuruí - PA.

A alta diversidade e equitabilidade em ambos os períodos, possivelmente estão relacionados com o elevado tempo de residência da água e com condições de alta temperatura e luminosidade (Moura *et al.* 2006), apesar das chuvas ocorrentes na região.

5. CONCLUSÃO

Em relação às variáveis ambientais (temperatura, pH e oxigênio dissolvido), os valores obtidos estiveram dentro da normalidade padrão para boa qualidade de águas em reservatórios, com exceção do oxigênio dissolvido.

Quanto à composição e à distribuição da comunidade fitoplanctônica, a classe Zygnematomyceae e a Chlorophyceae foram as mais bem representadas em termos de número de espécies, bem como as mais abundantes e as mais frequentes em ocorrência, estando de acordo com outros autores para regiões brasileiras de ecossistemas aquáticos de reservatórios, sendo as espécies dessas classes consideradas bioindicadoras da boa qualidade da água e que perduram no reservatório tanto no período chuvoso, quanto o não chuvoso.

A densidade fitoplanctônica foi maior nos meses de menor pluviosidade (jun/2011, set/11 e jun/2012). Tal fato está associado à diminuição da matéria orgânica em suspensão, causada pela diminuição de chuvas, promovendo, assim, um aumento da zona eufótica e o consequente aumento da densidade fitoplanctônica.

Os índices de diversidade e de equitabilidade não apresentaram valores distantes entre os períodos sazonais estudados. A alta diversidade e equitabilidade em ambos os períodos estão relacionados com o elevado tempo de residência da água, e condições de alta temperatura e luminosidade.

A riqueza de espécies acumuladas não foi diferente entre os diferentes períodos sazonais, e apresentaram valores abaixo do esperado por Jackknife 1 e Jackknife 2.

De modo geral, a composição florística, abundância relativa, frequência de ocorrência, densidade, diversidade e equitabilidade da UHE Tucuruí sugerem que a dinâmica fluvial ainda está conseguindo dispersar os poluentes oriundos das ações antrópicas, permitindo que este ecossistema se mantenha em boas condições para a comunidade aquática e o uso público.

REFERÊNCIAS

- Bellém F., Nunes S., Morais M., Fonseca R. 2012. Cianobactéria e toxicidade: impacte na saúde pública em Portugal e no Brasil. *Revista Brasileira de Geografia física*, **6**:1374-1389.
- Bicudo C.E.M. & Menezes M. 2006. *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil*. São Carlos, Rima, 508p.
- Boening C., Willis J.K., Landerer F.W., Nerem R.S., Fasullo. 2012. The 2011 La Niña: so Strong, the oceans fell. *Geophysical Reserch Letter*, **39**:1-5.
- Bourrelly P.C. 1972. *Les algues d'eau douce: initiation à la systematique, les algues vertes*. Paris, Boubée. v.1, 572p.
- Bourrelly P.C 1981. *Le salgues d'eau douce: initiation à la systematique, les algues jaunes et brunes, les Chrysophycées, Pheophycées, Xanthophycées et Diatomées*. Paris, Boubée. v.2, 517p.
- Bourrelly P.C 1988. *Le salgues d'eau douce: initiation à la systematique, les algues blenes et rouges, les Euglénienens, Peridiniens et Cryptomonadines*. Paris, Boubée. v.3, 606p.
- Branco S.M. 1986. *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. 3ed. São Paulo, CETESB, 616p.
- Calijuri M.C., Santos A.C.A., Jati S. 2002 Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (barra Bonita, S.P.- Brazil). *Journal of Plankton Reseach*, **24**(7):617-634.
- Calijuri M.C., Alves M.S.A., Santos A.C.A. 2006. *Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais*. São Carlo, Rima, 109p.
- Camargo, S.A.F. 2002. *Pesca profissional, dilemas e conflitos no reservatório da UHE Tucuruí, PA*. DR Thesis, Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 130p.
- Cunha D.G.F. & Calijuri M.C. 2011. Variação sazonal dos grupos funcionais fitoplanctônicos em braços de um reservatório tropical de usos múltiplos no estado de São Paulo (Brasil). *Acta Botânica Brasílica*, **25**(4):822-831.
- Cupp E.E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography of the University of California*, **5**(1):1-238.
- Desikachary T.S. 1959. *Cyanophyta*. New Delhi, Council of Agricultural Researcher, 686p.
- Eletronorte Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A. 1987. *UHE-Tucuruí: Relatório síntese de ictiofauna (TUC-10-26511)*. Brasília,DF, Eletronorte/CNPq/INPA, 124p.

- Eskinazi-Leça E., Koenig M.L., Silva-Cunha, M.G.G.O. 2000. *Fitoplâncton: estrutura e produtividade*. In: Barros, H. M., Eskinazi-Leça E., de Macêdo S.J.: Lima, T. (eds.). Gerenciamento participativo de estuários e manguezais. Recife: EDUFPE, 67-74p.
- Espíndola E.L.G., Matsumura-Tundisi T., Rietzler A.C., Tundisi J.G. 2000. Spatial heterogeneity of the Tucuruí reservoir (state of Pará, Amazônia, Brazil) and the distribution of zooplanktonic species. *Revista Brasileira de Biologia*, **60**(2):179-194.
- Esteves F.A. 2011. *Fundamentos de limnologia*. 3ed.. Rio de Janeiro, Interciência, 826p.
- Falco P.B. 2000. *Distribuição espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica e das variáveis ecológicas no Reservatório de Salto Grande (Americana-SP), em duas épocas do ano*. MS Dissertation, Instituto de Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo. São Carlos, 112p.
- Fearnside P.M. & Pueyo S. 2012. Greenhouse-gas emissions from tropical dams. *Nature Climate Change*, **2**(6):382-384.
- Ferrareze M. & Nogueira M.G. 2013. Phytoplankton assemblages in lateral lagoons of a large tropical reservoir. *Brazilian Journal of Biology*, **73**(1):163-171.
- Fisch G.F., Januário M., Senna R.C. 1990. Impacto ecológico em Tucuruí (PA): climatologia. *Acta Amazônica*, **20**(1):49-60.
- Henry R., Nunes M.A, Mitsuka P.M., Lima N., Casanova S.M.C. 1998. Variação espacial e temporal da produtividade primária pelo fitoplâncton na represa de Jurumirim (rio Paranapanema, SP). *Revista Brasileira de Biologia*, **58**(4):571-590.
- Lucas F.H.R., Junior A.R., Amorim C.A., Costa A.R.S., Cavalcante F.C., Lacerda S.R. 2015. Variação temporal da comunidade fitoplanctônica no reservatório Rosário/CE. *Caderno de Cultura e Ciência Ano X*, **14**(2):35-43.
- Marengo J.A. & Nobre C.A. 2009. Clima da região amazônica. In: Cavalcanti I.F.A., Ferreira N.J., Silva M.G.A.J., Dias M.A.F.S. (Org.). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo, Oficina de textos, 197-2012p.
- Matteucci S.D. & Colma A. 1982. *Metodologia para el estudio de la vegetación*. Washington, The General Secretariat of The Organization of American States, 159p.
- Moraes B.C., Costa J.M.N., Costa A.C.L., Costa M. H. 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. *Acta Amazônia*, **35**(2):207- 214.
- Moura A.N., Pimentel R.M.M., Lira G.A.S.T., Chagas M.G.S., Bittencourt-Oliveira M.C. 2006. Composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica relacionadas com variáveis hidrológicas abióticas no Reservatório de Botafogo. *Revista de Geografia*, **23**(3):26-42.

Nascimento E.L., Gomes J.P.O., Carvalho D.P., Almeida R., Bastos W.R., Miyai K.R. 2009. Mercúrio na comunidade planctônica do reservatório da usina hidrelétrica de Samuel (RO), Amazônia Ocidental. *Geochimica Brasiliensis*, **23**(1):101-116.

Nogueira M.G., Henry R., Maricatto F.E. 1999. Spatial and temporal heterogeneity in the Jurumirim reservoir, São Paulo, Brazil. *Lakes and Reservoirs*, **4**(3/4):107-120.

Padisák J., Borics G., Grigorszky I., Soróczy-Pintér É. 2006. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. *Hydrobiologia*, **553**:1-14.

Paiva R.S., Eskinazi-Leça E., Passavante J.Z.O., Silva-Cunha M.G.G., Melo N.F.A.C. 2006. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da baía do Guajará e foz do rio Guamá (Pará, Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, **1**:133-146.

Péragallo H. & Péragallo M. 1897-1908. *Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins*. Paris, Tempere. 491p.

Shannon C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Boll. Syst. Tech. J.*, **27**:379-423.

Silva-Cunha M.G.G. & Eskinazi-Leça E. 1990. *Catálogo das diatomáceas (Bacillariophyceae) da Plataforma Continental de Pernambuco*. Recife, Sudene. 318p.

Silva L.H.S. 1998. Fitoplâncton de um reservatório eutrófico (lago Monte Alegre), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, **59**(2):281-303.

Silva L.H.S., Huszar V.L.M., Roland F. 2009. *Algas planctônicas em reservatório de hidrelétricas brasileiras: atlas*. Rio de Janeiro, Museu Nacional, 155p.

Straskraba M., Tundisi J.G., Duncan 1993. *A. Developments in hydrobiology: Comparative reservoir limnology and water quality management*. Berlin, Springer, 294p.

Tavares M.D.R.M. 2011. *Estrutura da comunidade microfitoplanctônica da área de influência da UHE de Tucuruí-Pará*. MS Dissertation, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém. 55p.

Thornton K.W., Kimmel B.L., Payne F.E. 1990. *Reservoir limnology: ecological perspectives*. New Jersey, Willey, 256p.

Tomas C.R. *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*. California, Academic Press. 598p.

Tucci A. & Sant'Anna C.L. 2003. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenaya & Subba Raju (Cyanobacteria): variação semanal e relações com fatores ambientais em um reservatório eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, **26**:97-112.

Tucci A., Sant'Anna C.L., Gentil R.C., Azevedo M.T.de P. 2006. Fitoplâncton do lago das Garças, São Paulo, Brasil: um reservatório urbano eutrófico. *Hoehnea*, **33**(2):147-175.

TUNDISI J.G. 2008. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos Avançados*, **22**(63):7-16.

Tundisi J.G. 1999. Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: HENRY R. (ed). *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu, Fundibio/Fapesp, v. 1, 19-38p.

Tundisi J.G., Matsumara-Tundisi T., Calijuri M.C. 1993. Limnology and management of reservoir in Brazil. In: Straskraba M., Tundisi J.G., Duncan R. *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 25-55p.

Utermöhl H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodic. *Mitteilungen internationale vereiningung fur theoretische und angewandle limnologie*, **9**:1-38.

Van Den Hoek C., Mann D.G., Jahns H.M. 1995. *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge, University Press, 623p.