

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E
ENGENHARIA DE PESCA

ELAINE CRISTINA RODRIGUES BARTOZEK

Efeitos do cultivo experimental de peixes em tanques-rede sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica em um braço do reservatório de Salto Caxias, região Sudoeste do Estado do Paraná

Toledo

2012

ELAINE CRISTINA RODRIGUES BARTOZEK

Efeitos do cultivo experimental de peixes em tanques-rede sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica em um braço do reservatório de Salto Caxias, região Sudoeste do Estado do Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Norma Catarina Bueno

Toledo

2012

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária
UNIOESTE/Campus de Toledo.

Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

Bartozek, Elaine Cristina Rodrigues

Efeitos do cultivo experimental de peixes em tanques-rede sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica em um braço do reservatório de Salto Caxias, região Sudoeste do Estado do Paraná / Elaine Cristina Rodrigues Bartozek. -- Toledo, PR: [s. n.], 2012.

76 f.: Il. (algumas color.); figs. tabs.

Orientadora: Dra. Norma Catarina Bueno

Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias e Ciências Exatas.

1. Fitoplâncton de água doce - Comunidades, dinâmica de - Tanques-rede - Reservatório de Salto Caxias, rio Iguaçu, Paraná, Brasil 2 Piscicultura em tanques-rede 3. Reservatório da UHE de Salto Caxias - Iguaçu, Rio, Bacia - Paraná (Estado) - Comunidade Fitoplanctônica - Estrutura 4. Peixes -Manejo - Reservatório de Salto Caxias - Iguaçu, Rio - Paraná (Estado). I. Bueno, Norma Catarina, Orient. II. T

CDD 20. ed. 639.31098162

FOLHA DE APROVAÇÃO

ELAINE CRISTINA RODRIGUES BARTOZEK

Efeitos do cultivo experimental de peixes em tanques-rede sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica em um braço do reservatório de Salto Caxias, região Sudoeste do Estado do Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

COMISSÃO EXAMINADORA



Profª Drª Norma Catarina Bueno
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)



Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana
Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Drª Paula Aparecida Federiche Borges Bassi
Universidade Federal do Paraná/Centro Politécnico/Curitiba

Aprovada em: 11 de junho de 2012.

Local de defesa: Miniauditório da Unioeste/Campus de Toledo.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu
esposo Geraldino Alves
Bartozek pelo amor, amizade,
estímulo e compreensão durante
minha ausência.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela inspiração.

À minha orientadora prof^a Dr^a Norma Catarina Bueno pela força, estímulo, orientação e amizade.

Ao meu esposo Geraldino Alves Bartozek pelo carinho, ajuda, motivação e compreensão nos momentos em que estive ausente.

À minha família pelo carinho e apoio. Pais, irmãos, avós, tios, primos, sogra e cunhados que amo muito.

Às minhas amigas do mestrado que me acompanharam e foram como parte da minha família durante estes dois anos: Margaret Seghetto, Viviane Menezes, Wiviany Riediger, Thais Sobjak, Thamis Meurer, Fernanda Gurski, Iraúza Arroteia, Jascieli Bortolini, Camila e Dayane Garcia.

Aos amigos de Foz do Iguaçu que sempre compreenderam os momentos em que estive ausente: Michelle Rozin, Everton Denoni, Natalino Denoni, Bete Denoni, Rosangela Rozin, Karina Fazolo e Marilan Albuquerque.

Ao prof. Dr. Bartolomeu Tavares "Barto" por ter me apresentado ao maravilhoso mundo das algas.

Às biólogas Dr^a Luzia Cleide Rodrigues e Dr^a Susicley Jati (UEM) pela paciência e fundamental ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

À equipe o Gemaq da Unioeste de Toledo que me auxiliaram nas coletas no reservatório de Salto Caxias: Irineu Feiden, Dr. Fabio Pedron, prof. Dr. Aldi Feiden, prof. Dr. Altevair Signor e Ronan Rorato (*in memoriam*).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de bolsa de estudos, fundamental para o desenvolvimento da dissertação e aperfeiçoamento do mestrando.

Ao Programa de Pós Graduação *stricto sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, principalmente ao Luiz Antônio Hesper pela paciência em sanar todas as minhas dúvidas.

À banca examinadora por gentilmente aceitou o convite para avaliar e dar suas contribuições ao nosso trabalho.

A todas as pessoas que me recebem nas minhas viagens: Instituto de Botânica em São Paulo - IBt (Dr. Carlos Eduardo de Mattos Bicudo, Dr^a. Célia Leite Sant'Anna, Dinorá, Msc. Angélica Cristina Righetti da Rocha e Msc. Simone Wengrat), Universidade Estadual de Maringá - UEM (Luzia e Susi) e Universidade Federal do Paraná - UFPR (Dr^a. Thelma A. V. Ludwig e Dr^a. Priscila Isabel Tremarin).

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram de alguma forma para que este trabalho se tornasse possível.

SUMÁRIO

Resumo geral	8
General abstract	9
Introdução geral	10
Referências	11
 Capítulo I – Efeitos do cultivo de peixes em tanques-rede na composição, densidade e diversidade da comunidade fitoplanctônica em um reservatório subtropical brasileiro	14
Resumo	14
Abstract.....	15
1 Introdução.....	16
2 Material e métodos	17
3 Resultados.....	21
4 Discussão	31
5 Referências	35
 Capítulo II – Influência do cultivo experimental de peixes em tanques-rede sobre a estrutura do fitoplâncton em braço de um reservatório subtropical	45
Resumo	45
Abstract.....	46
1 Introdução.....	47
2 Material e Métodos.....	48
Área de estudo	48
Metodologia de campo	50
Análise dos dados	51
3 Resultados.....	52
4 Discussão	59
5 Referências	63
 ANEXO I.....	70
ANEXO II.....	72
Normas do periódico <i>Brazilian Journal of Biology</i> (Capítulo 1)	72
Normas do periódico <i>Aquaculture Research</i> (Capítulo 2)	74

Introdução geral e capítulo 1 elaborados e formatados conforme as normas da publicação científica *Brazilian Journal of Biology*. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=1519-6984&lng=en&nrm=iso>

Efeitos do cultivo experimental de peixes em tanques-rede sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica em um braço do reservatório de Salto Caxias, região Sudoeste do Estado do Paraná

Resumo geral

No Brasil, reservatórios de usinas hidrelétricas são utilizados para múltiplas propostas, entre elas, o cultivo de peixes em tanques-rede. O presente estudo objetivou avaliar as variações espaciais e temporais das variáveis abióticas, concentração de nutrientes, estado trófico e da composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica em um braço do reservatório de Salto Caxias influenciado pelo cultivo experimental de peixes em tanques-rede. Foram realizadas amostragens bimestrais, entre setembro de 2010 e julho de 2011, à subsuperfície da zona pelágica, em quatro estações de amostragem, sendo duas localizadas em um braço influenciado pelo cultivo em 30 tanques-rede e duas em um braço não influenciado. Não foram registradas diferenças significativas para a composição, diversidade, densidade e biomassa fitoplanctônica entre os tratamentos utilizados. Os resultados das análises realizadas evidenciaram apenas variações sazonais, separando o período seco do período chuvoso. Os valores de riqueza de espécies e diversidade de Shannon foram baixos durante todo o período de estudo. A equitabilidade foi elevada no período seco e baixa no período chuvoso. Ambos os braços foram classificados como oligotróficos, demonstrando possivelmente baixa influência dos tanques-rede sobre o ambiente. A densidade e biomassa fitoplanctônica foram maiores durante o período chuvoso. O período seco foi representado principalmente por táxons de Bacillariophyceae e o período chuvoso por Cyanobacteria e Chlorophyceae. Dois grupos funcionais (GF) fitoplanctônicos foram observados (GF F e K), ambos característicos de ambientes rasos e com elevada transparência da água. As variações da estrutura fitoplanctônica parecem ter sido influenciadas principalmente pela sazonalidade. Os efeitos dos tanques-rede sobre a concentração de nutrientes e estrutura da comunidade fitoplanctônica parecem ter sido pouco significativos, possivelmente devido ao pequeno número de tanques-rede e peixes utilizados e a hidrodinâmica dos ambientes estudados, influenciados pelos influxos dos rios à montante.

Palavras-chave: estrutura do fitoplancton, diversidade de Shannon, reservatórios subtropicais, tanques-rede, biomassa.

Effects of experimental fish farming in net cages on phytoplankton structure in an arm of Salto Caxias reservoir, Southeast of Paraná State

General abstract

In Brazil, hydroelectric powerplant reservoirs are used for multiple purposes, among them, fish farming in net cages. The present study aimed to evaluate spacial and temporal variations of the abiotic variables, nutrients concentration, trophic state and composition and structure of the phytoplankton community in an arm of Salto Caxias reservoir influenced by experimental fish cultivation in net cages. Samples were bimonthly between September 2010 and July 2011 at the subsurface of the pelagic zone in four sampling stations, been two of them placed in the arm influenced by the cultivation of 30 net cages and the other two in the cageless arm. No significant differences were observed for composition, diversity, density and phytoplankton biomass between the treatments. The results of the analysis performed showed only seasonal variations, separating the dry from the rainy period. The values of species richness and Shannon diversity were low during the entire study period. Evenness was high in the dry period and low in the rainy period. Both arms were classified as oligotrophic, possibly demonstrating low influence of the net cages in the environment. Phytoplankton density and biomass were higher during the rainy period. The dry period was represented mainly for Bacillariophyceae taxa and the rainy period by Cyanobacteria and Chlorophyceae. Two functional groups (FG) were observed (FG **F** and **K**), both of them typical from shallow environments with high transparency water. Variations in the phytoplankton structure seem to have been influenced mainly by the seasonality. The effects of the net cages in the nutrients concentration and phytoplankton structure were probably low, possibly due to the low number of net cages and fishes employed and environment dynamics, influenced by the inflows of the upstream rivers.

Key words: phytoplankton structure, Shannon diversity, subtropical reservoirs, net cages, biomass.

Introdução geral

Reservatórios são considerados ecossistemas artificiais que apresentam características intermediárias entre rios e lagos, pois possuem a típica organização vertical do lago e a horizontal do rio (Margalef, 1993; Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008). Estes sistemas são construídos principalmente para atender a demanda energética, mas também são utilizados para outras finalidades como recreação, abastecimento, irrigação e aquicultura (Júnior et al. 2005; Rodrigues et al., 2005; Alves e Baccarin, 2007).

Entre as atividades aquícolas desenvolvidas no Brasil, o cultivo de peixes em tanques-rede apresenta-se em expansão devido, principalmente, ao aumento na disponibilidade de recursos hídricos represados oriundos da construção de usinas hidrelétricas (Mallasen et al., 2008). Esta atividade apresenta vantagens técnicas, econômicas e ambientais quando comparada com a pesca tradicional e vem recebendo incentivos governamentais por considerá-la uma fonte de emprego e renda, principalmente para pescadores artesanais (Agostinho e Gomes, 2007; Alves e Baccarin, 2007; Agostinho et al., 2007; Ayrosa et al., 2008).

Durante o cultivo intensivo em tanques-rede grande quantidade de nutrientes, provenientes das rações utilizadas na alimentação e das excretas dos peixes, é lançada diretamente no ambiente aquático o que pode resultar na sua eutrofização (Diaz et al., 2001; Guo e Li, 2003; Figueredo e Giani, 2005; Alves e Baccarin, 2007; Degefu et al., 2011). A principal consequência da eutrofização é a acumulação excessiva de biomassa vegetal, principalmente de fitoplâncton (Diaz et al., 2001; Araripe et al., 2006). Atualmente, a eutrofização artificial é um dos maiores problemas em reservatórios, principalmente quando são acompanhados por proliferações de cianobactérias (Tucci e Sant'Anna, 2003; Rodrigues et al., 2005; Sant'Anna et al., 2006; Mancini et al., 2010).

Em diversos países, como Austrália, China e Estados Unidos, vários estudos vêm sendo desenvolvidos sobre os impactos do cultivo de peixes em tanques-rede sobre a comunidade fitoplanctônica como aqueles desenvolvidos por Diaz et al. (2001), Guo e Li (2003), Turker et al. (2003), Degefu et al. (2011), entre outros. Entretanto, estudos sobre os efeitos do cultivo de peixes em tanques-rede sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica ainda são incipientes no Brasil. Figueredo e Giani (2005), em experimento no reservatório de Furnas (MG), observaram aumento na biomassa fitoplanctônica devido à excreção das tilápias no ambiente. Borges et al. (2010) verificaram aumento na abundância do fitoplâncton,

principalmente de Cyanobacteria, após a instalação de tanques-rede em um braço do reservatório de Rosana.

Com a disseminação deste tipo de tecnologia de cultivo de peixes no país e considerando-se a necessidade de uso racional dos recursos aquáticos, faz-se imprescindível a realização de estudos que auxiliem na compreensão dos seus efeitos sobre a qualidade da água (Araripe et al., 2006; Alves e Baccarin, 2007), que podem ser avaliados através da comunidade fitoplanctônica.

Diante do exposto acima, os objetivos do presente estudo foram avaliar as variações espaciais e temporais das variáveis abióticas e da composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica em um braço do reservatório de Salto Caxias influenciado pelo cultivo experimental de jundiás (*Rhamdia voulezi* Haseman, 1911) e surubins do Iguaçu (*Steindachneridion melanoderdatum* Garavello, 2005).

Este estudo encontra-se dividido em dois capítulos. O primeiro trata da concentração de nutrientes no ambiente influenciado pelo sistema de cultivo, composição, densidade, diversidade de Shannon e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica. O segundo capítulo aborda o estado trófico, densidade, biomassa, grupos funcionais e espécies abundantes e dominantes desta comunidade. Em anexo encontram-se duas pranchas com alguns táxons inventariados durante o período de estudo, bem como as normas de publicação dos dois periódicos selecionados para formatação dos dois capítulos (*Brazilian Journal of Biology* e *Aquaculture Research*).

Referências

AGOSTINHO, AA. e GOMES, LC., 2007. O manejo da pesca em reservatórios da bacia do Alto Rio Paraná: avaliação e perspectivas. In NOGUEIRA, MG., HENRY, R. e JORCIN, A. (Eds.). *Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. RiMa, São Carlos: 329-347.

AGOSTINHO, AA., GOMES, LC. e PELICICE, FM., 2007. *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. EDUEM, Maringá.

ALVES, RCP. e BACCARIN, AE., 2007. Efeito da produção de peixes em tanques-rede sobre sedimentação de material em suspensão e de nutrientes no córrego da Arribada (UHE Nova Avanhandava, baixo rio Tiête, SP). In NOGUEIRA, MG., HENRY, R. e JORCIN, A.

(Eds.). *Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. RiMa, São Carlos: 329-347.

ARARIPE, MNBA., SEGUNDO, LFF., LOPES, JB. e ARARIPE, HGA., 2006. Efeito do cultivo de peixes em tanques rede sobre o aporte de fósforo para o ambiente. *Revista Científica de Produção Animal*, vol. 8, no. 2, p. 56-65.

AYROSA, DMMR., FURLANETO, FPB. e AYROSA, LMS., 2008. Regularização de projetos de piscicultura no estado de São Paulo. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, vol. 1, no. 1, p. 33-41.

BORGES, PAF., TRAIN, S., DIAS, JD. e BONECKER, CC., 2010. Effects of fish farming on plankton structure in a Brazilian tropical reservoir. *Hydrobiologia*, vol. 649, no. 1, p. 279-291.

DEGEFU, F., MENGISTU, S. e SCHAGERL, M., 2011. Influence of fish cage farming on water quality and plankton in fish ponds: A case study in the Rift Valley and North Shoa reservoirs, Ethiopia. *Aquaculture*, vol. 316, p. 129-135.

DIAZ, MM, TEMPORETTI, PF. e PEDROZO, FL., 2001. Response of phytoplankton to enrichment from cage fish farm waste in Alicura reservoir (Patagônia, Argentina). *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, vol. 6, p. 151-158.

FIGUEREDO, CC. e GIANI, A., 2005. Ecological interactions between Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplankton community of the Furnas reservoir (Brazil). *Freshwater Biology*, vol. 50, p. 1394-1403.

GUO, L. e LI, Z., 2003. Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. *Aquaculture*, vol. 226, p. 201-2012.

JÚNIOR, HFJ., THOMAZ, SM., AGOSTINHO, AA. e LATINI, JD., 2005. Distribuição e caracterização dos reservatórios. In RODRIGUES, L., THOMAZ, SM., AGOSTINHO, AA. e

GOMES, LC. (Orgs.). *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. RiMa, São Carlos: 1-16.

MALLASEN, M., BARROS, HP. e YAMASHITA, EY., 2008. Produção de peixes em tanques-rede e a qualidade de água. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, p. 47-51.

MANCINI, M., RODRIGUEZ, C., BAGNIS, G., LIENDO, A., PROSPERI, C., BONANSEA, M. e TUNDISI, JG., 2010. Cyanobacterial bloom and animal mass mortality in a reservoir from Central Argentina. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 70, n. 3, p. 841-845.

MARGALEF, R., 1993. *Limnologia*. Omega, Barcelona, 1010p.

RODRIGUES, LC., TRAIN, S., PIVATO, BM., BOVO, VM., BORGES, PAF. e JATI, S., 2005. Assembléias fitoplanctônicas de trinta reservatórios do estado do Paraná. In RODRIGUES, L., THOMAZ, SM., AGOSTINHO, AA. e GOMES, LC. *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. RiMa, São Carlos: 57-72.

SANT'ANNA, CL., GENTIL, RC. e SILVA, D., 2006. Comunidade fitoplanctônica de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo. In ESTEVES, KE. e SANT'ANNA, CL. (Orgs.). *Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo*. RiMa, São Carlos: 49-62.

TUCCI, A. e SANT'ANNA, CL., 2003. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju (Cyanobacteria): variação semanal e relações com fatores ambientais em um reservatório eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, vol. 26, n. 1, p. 97-112.

TUNDISI, JG. e MATSUMURA-TUNDISI, T., 2008. *Limnologia*. São Paulo, 631p.

TURKER, H., EVERSOLE, AG. e BRUNE, DE., 2003. Effect of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), size on phytoplankton filtration rate. *Aquaculture Research*, n. 34, p. 1087-1091.

Capítulo I – Efeitos do cultivo de peixes em tanques-rede na composição, densidade e diversidade da comunidade fitoplanctônica em um reservatório subtropical brasileiro

Resumo

Este estudo investigou os efeitos do enriquecimento devido ao cultivo de peixes em tanques-rede sobre a composição, densidade e diversidade fitoplanctônica em dois braços de um reservatório subtropical (Salto Caxias, Paraná). Não foram registradas diferenças significativas para a composição e diversidade fitoplanctônica e para as concentrações de nutrientes entre os tratamentos utilizados. A densidade foi maior durante o período chuvoso. Os valores de riqueza de espécies e diversidade de Shannon foram baixos durante todo o período de estudo. A equitabilidade foi elevada no período seco e baixa no período chuvoso. As variações da comunidade fitoplanctônica e dos nutrientes parecem ter sido influenciadas principalmente pela sazonalidade. A ausência de diferenças significativas entre o braço com tanques-rede e aquele sem tanques para as variáveis utilizadas, provavelmente se devem ao pequeno número de tanques e peixes utilizados, e à hidrodinâmica dos ambientes estudados, os quais são influenciados pelos influxos dos rios à montante.

Palavras-chave: Diversidade de Shannon-Wiener, equitabilidade, fitoplâncton, riqueza.

Chapter I – Effects of fish farming in net cages in the composition, density and diversity of phytoplankton community in a Brazilian subtropical reservoir

Abstract

This study investigated the effects of enrichment due to cultivation of fish in net cages on the phytoplankton composition, density and diversity in two arms of a subtropical reservoir (Salto Caxias, Paraná). There were no statistically significant differences in the phytoplankton composition and diversity, as well as for concentrations of nutrients among the treatments handled. The density was greater during the rainy season. Values of species richness and Shannon diversity were low during the entire period of study. The equitability was high during the dry season and low in the rainy season. Variations of phytoplankton community and nutrients appear to have been mainly influenced by seasonality. The absence of significant differences between the arm with net cages and that without tanks for the variables used was probably due to the small number of net cages and fish used, as well as to the hydrodynamics of studied environments, which are influenced by inflows of rivers upstream.

Key words: Shannon-Wiener diversity, evenness, phytoplankton, richness.

1 Introdução

No Brasil, o cultivo de peixes em tanques-rede é uma atividade relativamente recente que teve início a partir da década de 1980, a qual foi introduzida no país principalmente para geração de emprego e renda e vem crescendo significativamente nos últimos anos, recebendo inclusive incentivos governamentais (Alves e Baccarin, 2007; Ayrosa et al., 2008).

Durante o cultivo intensivo em tanques-rede grande quantidade de matéria orgânica, proveniente das rações utilizadas na alimentação e das excretas dos peixes, é lançada diretamente no ambiente aquático (Alves e Baccarin, 2007; Santos et al., 2009). Tal atividade pode aumentar as concentrações de nitrogênio e fósforo na coluna de água, levando à eutrofização do sistema (Diaz et al., 2001; Figueredo e Giani, 2005; Alves e Baccarin, 2007), que por sua vez pode causar redução na diversidade fitoplanctônica e promover crescimento intenso de algumas espécies (Crossetti et al., 2008).

A comunidade fitoplanctônica constitui uma ferramenta importante no diagnóstico das condições ambientais, pois responde prontamente aos impactos gerados no ambiente aquático, resultando em mudanças na sua estrutura (Diaz et al., 2001; Lachi e Sipaúba-Tavares, 2008). Tais mudanças podem ser ocasionadas por variações na disponibilidade de nutrientes, alterações na estabilidade da coluna de água, tempo de residência da água e disponibilidade de luz (Kimmel et al., 1990; Nogueira, 2000; Borges et al., 2008; Teixeira de Oliveira et al., 2011).

Em regiões tropicais e subtropicais mudanças sazonais, relacionadas principalmente a variações de precipitação, induzem modificações físicas e químicas na água (Figueredo e Giani, 2001) e podem se tornar a principal responsável por alterações na dinâmica fitoplanctônica (Huszar e Reynolds, 1997). No caso de reservatórios, além das flutuações sazonais de nível da água, outros fatores devem ser considerados como a entrada de nutrientes dos tributários que, associados ao cultivo de peixes, podem acelerar o processo de eutrofização do sistema (Nogueira, 2000; Diaz et al., 2001).

Embora haja inúmeros estudos sobre a dinâmica do fitoplâncton em reservatórios brasileiros, estudos sobre os efeitos do cultivo de peixes em tanques-rede sobre esta comunidade ainda são escassos. Desta forma, este estudo visou avaliar as mudanças nos componentes de diversidade desta comunidade em função do cultivo experimental de duas espécies de Siluriformes, jundiá (*Rhamdia voulezi* Haseman, 1911) e surubim do Iguaçu (*Steindachneridion melanodermatum* Garavello, 2005), em tanques-rede instalados em um braço do reservatório de Salto Caxias, Paraná.

Nós testamos as hipóteses de que o sistema de cultivo dos Siluriformes (i) promove aumento da concentração de nutrientes nos locais afetados, (ii) diminui a complexidade taxonômica (composição) da comunidade fitoplanctônica, (iii) aumenta a densidade e, (iv) reduz a riqueza de espécies, a equitabilidade e a diversidade de Shannon-Wiener.

2 Material e métodos

O rio Iguaçu é formado pelo encontro dos rios Iraí e Atuba no município de Curitiba e, seguindo seu curso, percorre cerca de 1.320 km até desaguar no rio Paraná, no município de Foz do Iguaçu (Sema, 2010). O reservatório de Salto Caxias (25° 33' S; 53° 30' W) é o último de uma série de cinco grandes represamentos que regulam a vazão do rio Iguaçu. A construção da barragem teve início em 1995, o reservatório foi fechado em 1998 e sua operação iniciou-se em 1999 (Copel, 2011). O reservatório é considerado como fio d'água, possui área de 142 km² e volume de 3573 km³ (Comitê Brasileiro de Barragens, 2011). O tempo de residência da água está estimado em 32,5 dias e apresenta padrão dendrítico de desenvolvimento de margem (Ribeiro et al., 2005).

O clima da região é classificado como subtropical úmido (Cfa), com estações do ano bem definidas. As chuvas são, em geral, bem distribuídas ao longo do ano, no entanto a precipitação no outono e inverno é menor (período seco) que na primavera e verão (período chuvoso). A precipitação anual média é de 1600 a 1800 mm e a temperatura anual média é de 19 a 20°C (Maak, 1981).

O presente estudo foi realizado em dois braços laterais localizados na margem direita na região de transição do reservatório (Figura 1), no município de Boa Vista da Aparecida, Paraná. O braço maior é formado pelo rio Jacutinga e o menor por um riacho com denominação desconhecida. A área do entorno do reservatório é dominada por pastagem e pequenas áreas de mata secundárias (Júlio Júnior et al., 2005), com pequenas propriedades rurais e predomínio da agricultura familiar (Lima et al., 2005). Não foi verificada a presença de macrófitas aquáticas durante o período de estudo (Figura 2).

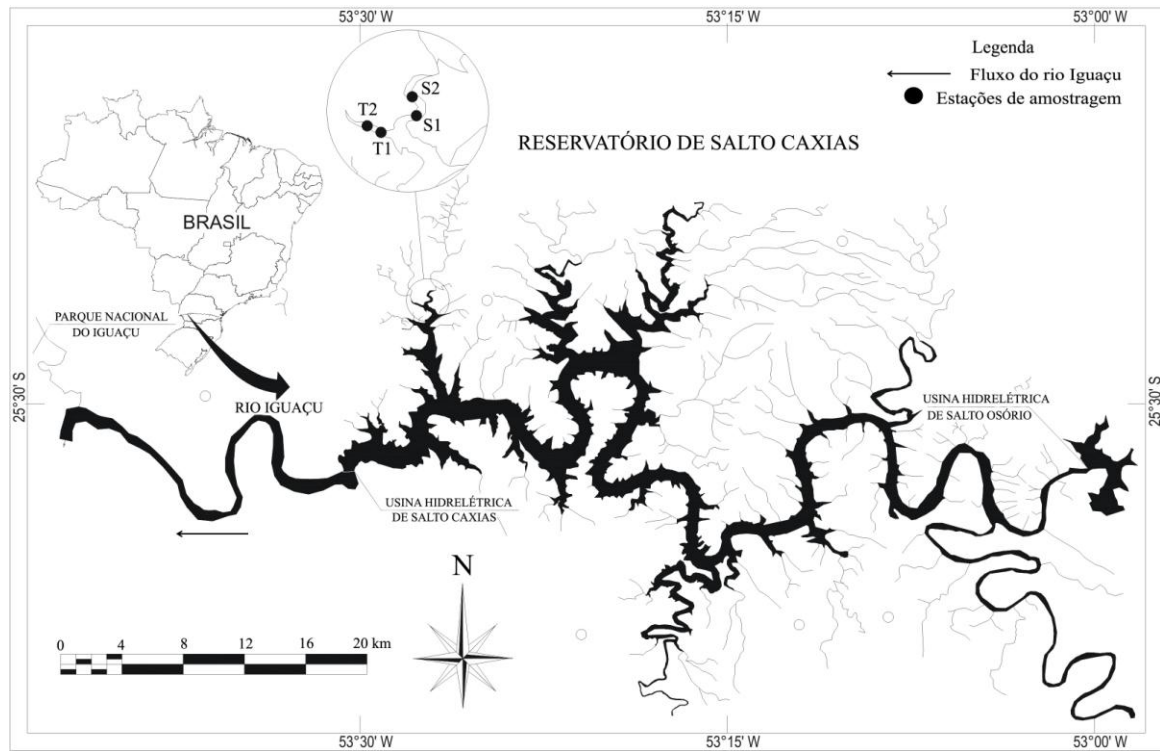


Figura 1. Mapa do reservatório de Salto Caxias com a localização das estações de amostragem. T1 e T2: estações de amostragem com tanques-rede; S1 e S2: estações de amostragem sem tanques-rede.

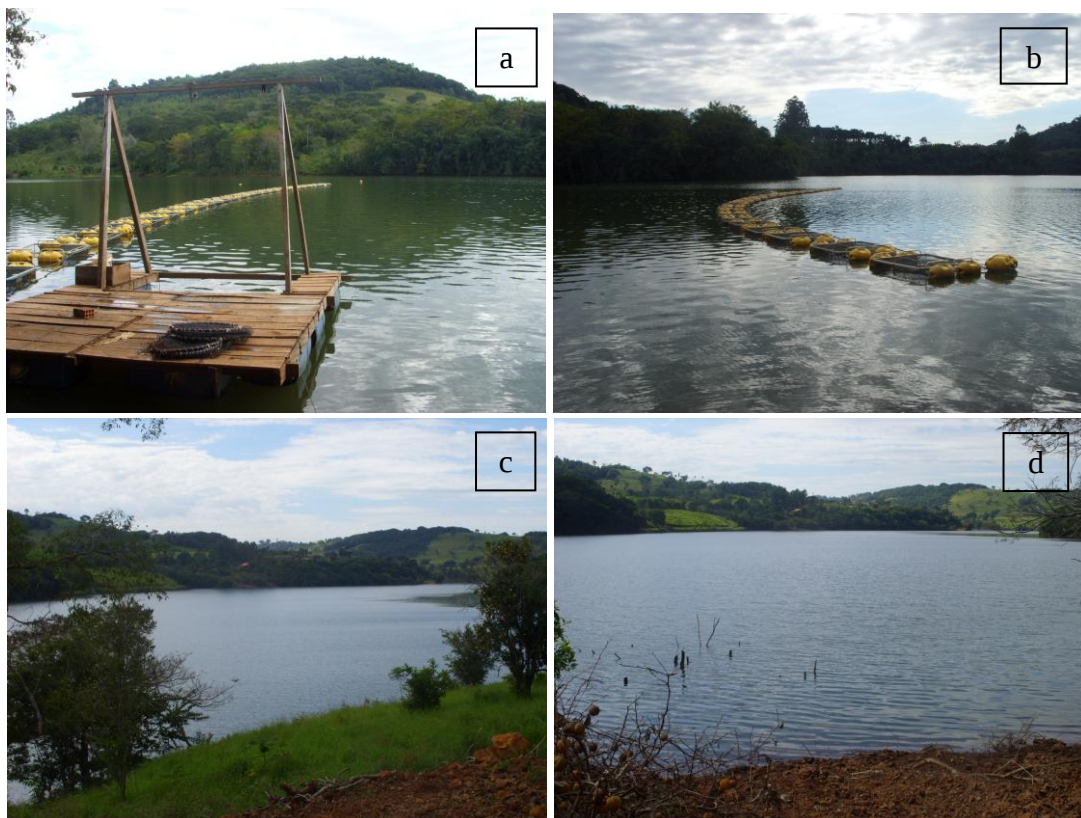


Figura 2. Vista geral dos dois braços no reservatório de Salto Caxias. Estações de amostragem com tanques-rede (a,b) e sem tanques-rede (c, d).

Um ano antes do início deste experimento, 30 tanques-rede foram dispostos no braço menor em três baterias de dez. Assim, não foram realizadas amostragens prévias à instalação dos tanques. Em cada tanque-rede de 4 m³ foram colocados 60 peixes adultos das espécies *Rhamdia voulezi* (jundiá) e *Steindachneridion melanodermatum* (surubim do Iguaçu). O segundo braço, formado pelo rio Jacutinga, foi considerado sem influência direta dos tanques-rede.

O jundiá é uma espécie neotropical, encontrada desde o Sudeste do México até a região central da Argentina (Urbinati e Gonçalves, 2005). O surubim do Iguaçu é uma espécie endêmica, restrita ao baixo rio Iguaçu (ocorre apenas à jusante do reservatório de Segredo) e considerada em risco de extinção (Agostinho et al., 2002; Feiden et al., 2006).

Para dieta alimentar dos peixes foi utilizado ração comercial do tipo extrusada. O manejo alimentar foi estabelecido pela técnica de fornecimento *ad libidum* e foi regulado através das observações do consumo de toda a ração na primeira hora após o fornecimento. Os peixes receberam ração duas vezes ao dia (manhã e tarde).

As amostragens da comunidade fitoplânctônica e das variáveis abióticas foram realizadas na zona pelágica dos dois braços, bimestralmente entre setembro de 2010 e julho de 2011. Duas estações de amostragem foram estabelecidas próximas aos tanques-rede (T1 e T2) e com distância de 200 m entre cada; outras duas foram estabelecidas no braço sem tanques-rede (S1 e S2) à mesma distância (Figura 1). Em setembro de 2010 não houve amostragem em S2.

As variáveis ambientais obtidas simultaneamente as coletas de fitoplâncton foram temperatura da água (Tag) e oxigênio dissolvido (OD). A zona eufótica (Z_{eu}) foi estimada como 2,7 vezes a profundidade de desaparecimento do disco de Secchi (Cole, 1994). A razão zona eufótica e zona máxima (Z_{eu}:Z_{max}) foi estimada pelo quociente entre zona eufótica e profundidade máxima.

Foram determinadas a turbidez (Turb), pH e as concentrações de fósforo total (PT; Mackereth, 1978), fósforo solúvel reativo (PSR; Mackereth, 1978), nitrito (N-NO₂⁻; Strickland e Parsons, 1972) e amônio (N-NH₄⁺; Koroleff, 1976). Para as análises foi utilizada a soma destes dois últimos (nitrogênio inorgânico dissolvido - NID).

Os valores de velocidade do vento (Ven), temperatura do ar (Tar) e precipitação pluviométrica (Pre) foram fornecidos pelo Instituto Meteorológico do Paraná (Simepar) e utilizaram-se os registros da estação Salto Caxias, localizada no município de Capitão Leônidas Marques. Nas análises estatísticas e multivariadas, para a precipitação, foi utilizada a soma dos três dias anteriores às amostragens.

As amostras da comunidade fitoplanctônica foram coletadas à subsuperfície e fixadas com solução de lugol acético 1%. Paralelamente, foram obtidas amostras com rede de plâncton com abertura de malha de 25 μm , com a finalidade de concentrar o material e auxiliar na análise taxonômica. Estas amostras foram preservadas em solução Transeau (Bicudo e Menezes, 2006) e encontram-se depositadas no Herbário da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNOP), *campus* Cascavel. O sistema de classificação adotado em nível de classe foi o de Round (1965, 1971) proposto por Bicudo e Menezes (2006). Para enquadramento dos táxons de Cyanobacteria adotou-se Komárek e Anagnostidis (1989; 1998; 2005).

A densidade fitoplanctônica foi determinada segundo a metodologia descrita por Utermöhl (1958), com análise das amostras em microscópio invertido. A contagem de campos foi realizada aleatoriamente utilizando o critério de área mínima (100 campos) ou até obtenção da curva de rarefação de espécies. O cálculo de densidade fitoplanctônica foi realizado conforme a American Public Health Association - APHA (1995) e o resultado expresso em indivíduos (células, cenóbios ou colônias) por mililitro.

Os atributos da comunidade fitoplanctônica avaliados foram composição, riqueza de espécies (número de táxons por amostra quantitativa), densidade (ind.ml^{-1}), equitabilidade (E – Pielou, 1966) e diversidade de Shannon-Wiener (H' bits.ind. $^{-1}$) (H' – Shannon e Weaver, 1963). A frequência das espécies foi calculada a partir da porcentagem de ocorrência nas amostras quantitativas.

As variáveis abióticas foram sintetizadas utilizando-se uma Análise de Componentes Principais (PCA) e os eixos significativos foram selecionados segundo o critério de Broken Stick (Jackson, 1993). Uma análise de variância (ANOVA Bifatorial) foi aplicada para testar diferenças significativas para os valores de nutrientes (PT, P-PSR e NID) nos diferentes tratamentos (estações de amostragem – fator 1) e períodos de coleta (seca e cheia - fator 2). Os pressupostos de normalidade e homocedasticidade da ANOVA foram avaliados pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Quando identificadas diferenças significativas ($p < 0,05$), foi aplicado o teste de Tukey *a posteriori*.

Para sumarizar os dados de composição fitoplanctônica foi utilizada a Análise de Correspondência com Remoção do Efeito de Arco (DCA – Gauch Jr., 1986; Jongman et al., 1995) utilizando-se uma tabela com presença (1) e ausência (0) das espécies nas diferentes estações e períodos de amostragem.

Para testar diferenças significativas para a composição das espécies entre as estações e períodos de amostragem, foi aplicada uma análise de variância (ANOVA Bifatorial) a partir

dos escores dos dois primeiros eixos da DCA, da riqueza de espécies, densidade, equitabilidade e diversidade de Shannon.

Para avaliar a influência das variáveis abióticas sobre a composição da comunidade fitoplanctônica, foi realizada a Análise de Correlação de Spearman entre as variáveis com maior coeficiente de estrutura obtidos a partir da PCA e os valores de riqueza de espécies, densidade, equitabilidade e diversidade de Shannon. Foram consideradas significativas as correlações que apresentaram $p < 0,05$. Para as análises de variância e correlação de Spearman foi utilizado o programa Statistica versão 7.1 (StatSoft Inc., 2005). Para estimar os valores de riqueza de espécies, equitabilidade, diversidade de Shannon e as análises multivariadas (PCA e DCA) foi utilizado o programa Pc-Ord 4.0 (MacCune e Mefford, 1999).

3 Resultados

Os maiores níveis de precipitação foram observados no verão (dezembro de 2010, janeiro e fevereiro de 2011) e os menores níveis ocorreram no final do outono (maio e junho de 2011) (Figura 3). Julho de 2011, apesar de ser um mês de seca, apresentou elevada precipitação, principalmente nos dias anteriores à amostragem (Tabela 1).

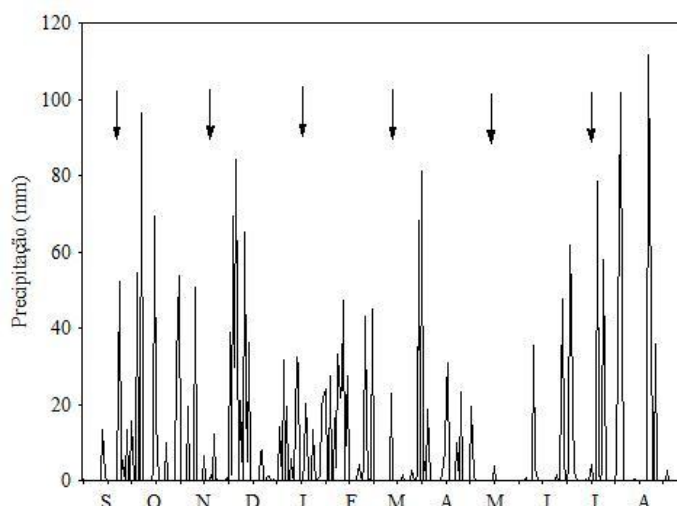


Figura 3. Precipitação pluviométrica na região dos dois braços do reservatório de Salto Caxias entre setembro de 2010 e agosto de 2011. Setas indicam as datas das coletas.

A extensão da zona eufótica alcançou praticamente toda a coluna de água na maior parte do período, como mostrado a partir dos valores de $Z_{eu}:Z_{max}$ (Tabela 1). As temperaturas do ar e da água foram mais elevadas em janeiro e março de 2011. Os valores de oxigênio dissolvido foram similares entre as estações e os períodos de amostragem, com os maiores valores observados em julho de 2011, juntamente com os menores valores de temperatura do

ar e da água. A turbidez foi mais elevada em novembro de 2010 nas quatro estações de amostragem.

O pH apresentou valores próximos à neutralidade durante o período de estudo e os menores valores foram observados nas estações S1 e S2 em setembro de 2010 e S2 em julho de 2011. As concentrações de NID foram ligeiramente superiores durante o período chuvoso e os maiores valores foram observados em março. A turbidez, P-PSR, precipitação pluviométrica e NID foram as variáveis abióticas com maiores coeficientes de variação ao longo do período de estudo.

Tabela 1. Valores médios da precipitação – Pre (mm); velocidade do vento – Ven (m.s⁻¹), profundidade – Prof (m), zona eufótica - Z_{eu} (m), razão zona eufótica:zona máxima - Z_{eu}:Z_{max}, temperatura do ar – Tar (°C), temperatura da água - Tag (°C), oxigênio dissolvido – OD (mg.L⁻¹), turbidez – Turb (NTU), fósforo total – PT (mg.L⁻¹), fósforo solúvel reativo – PSR (mg.L⁻¹) e nitrogênio inorgânico dissolvido – NID (mg.L⁻¹) registradas nos quatro locais de amostragem nos dois braços do reservatório de Salto Caxias entre setembro de 2010 e julho de 2011. Valores médios por locais e tempo de coleta, e coeficiente de variação (CV) para todo o período amostrado. (T1 and T2: estações de amostragem com tanques-rede; S1 and S2: estações de amostragem sem tanques-rede; Set-Setembro, Nov-Novembro, Jan-Janeiro, Mar-Março, Mai-Maio, Jul-Julho).

Locais	Pre	Ven	Prof	Z _{eu}	Z _{eu} : Z _{max}	Tar	Tag	OD	Turb	pH	PT	PSR	NID
T1													
Set	0,0	2,7	9,6	9,6	1,0	20,0	23,9	6,7	2,1	7,1	24,2	47,7	23,3
Nov	50,8	2,0	9,9	7,9	0,8	21,1	23,5	6,3	3,1	7,1	8,7	50,4	20,1
Jan	62,2	1,9	9,9	9,9	1,0	24,8	28,2	5,6	0,3	7,3	3,8	35,2	17,6
Mar	0,0	2,9	10,7	9,3	0,9	24,4	28,5	6,3	0,8	7,6	0,5	8,9	33,1
Mai	0,2	1,7	11,2	8,0	0,7	19,3	24,2	5,9	1,2	7,2	0,5	28,6	46,0
Jul	81,0	2,1	7,8	7,1	0,9	19,4	20,0	7,5	0,0	7,3	3,8	24,7	16,8
T2													
Set	0,0	2,7	6,5	6,5	1,0	20,0	21,5	6,7	1,7	7,0	25,0	45,5	15,2
Nov	50,8	2,0	4,2	4,2	1,0	21,1	23,9	6,2	2,6	7,1	13,6	58,0	26,6
Jan	62,2	1,9	4,2	4,2	1,0	24,8	28,7	6,5	0,8	7,3	4,6	34,8	21,4
Mar	0,0	2,9	5,2	5,2	1,0	24,4	28,0	5,6	0,4	7,5	2,2	7,9	54,3
Mai	0,2	1,7	5,5	5,5	1,0	19,3	24,4	6,1	0,9	7,1	1,3	6,9	21,5
Jul	81,0	2,1	5,5	5,5	1,0	19,4	19,7	7,5	0,0	7,2	3,0	2,2	21,7
S1													
Set	0,0	2,7	10,8	10,8	1,0	20,0	23,3	6,2	2,2	6,2	20,9	62,8	11,1
Nov	50,8	2,0	9,4	8,9	1,0	21,1	24,4	6,2	6,2	7,2	8,7	63,8	21,7
Jan	62,2	1,9	9,4	7,3	0,8	24,8	29,1	7,0	0,7	7,7	4,6	79,9	14,5
Mar	0,0	2,9	10,9	10,9	1,0	24,4	28,1	5,7	0,8	7,0	4,6	12,6	47,8
Mai	0,2	1,7	10,6	9,2	0,9	19,3	24,0	5,6	1,1	7,3	0,5	54,8	29,6
Jul	81,0	2,1	10,6	7,8	0,7	19,4	20,7	7,4	0,0	7,3	3,8	49,3	30,7
S2													
Nov	50,8	2,0	8,0	8,0	1,0	21,1	24,8	6,3	6,3	7,2	4,6	43,4	21,7
Jan	62,2	1,9	6,3	6,1	1,0	24,8	29,6	6,5	0,4	7,4	4,6	42,9	22,2
Mar	0,0	2,9	4,0	4,0	1,0	24,4	29,0	5,1	1,4	7,1	4,6	53,1	74,7
Mai	0,2	1,7	5,6	5,6	1,0	19,3	25,2	6,1	0,8	7,1	0,5	26,5	13,4
Jul	81,0	2,1	5,6	4,1	0,7	19,4	20,8	7,4	2,6	6,3	7,0	2,8	16,8
CV (%)	101,4	19,4	32,3	30,5	11,3	10,9	12,7	10,3	108,0	4,8	56,5	107,5	60,2

A ANOVA Bifatorial revelou que as concentrações dos nutrientes (PT, P-PSR e NID) não apresentaram variações significativas entre os tratamentos (locais com e sem tanques-rede). Entretanto, foram verificadas diferenças significativas considerando-se os períodos de amostragem. Em março de 2011 verificaram-se diferenças significativas em relação ao registrado nos demais meses para os valores de PT ($F = 16,14$, $p = 0,0001$) e NID ($F = 19,77$, $p = 0,0001$). Considerando-se o P-PSR, setembro de 2010 apresentou diferenças significativas em relação aos demais meses ($F = 78,85$, $p = 0,0001$).

A Análise de Componentes Principais (PCA) explicou 50,2% da variabilidade total dos dados (Figura 4). A dispersão dos escores dos locais e períodos de amostragem evidenciou um gradiente temporal, com separação, no diagrama, dos períodos seco e chuvoso, com novembro de 2010 e maio de 2011 ocupando posição intermediária. Não foram observadas diferenças espaciais nítidas.

O primeiro eixo da PCA, que explicou 32,2% da variabilidade dos dados, separou os locais de acordo com sua variação temporal. As amostragens referentes ao período chuvoso posicionaram-se no lado direito do diagrama e apresentaram correlação positiva com as variáveis PT (0,44), NID (0,44), temperatura da água (0,39) e temperatura do ar (0,33). As amostragens referentes ao período seco posicionaram-se no lado esquerdo do diagrama e apresentaram correlação negativa com o OD (-0,37).

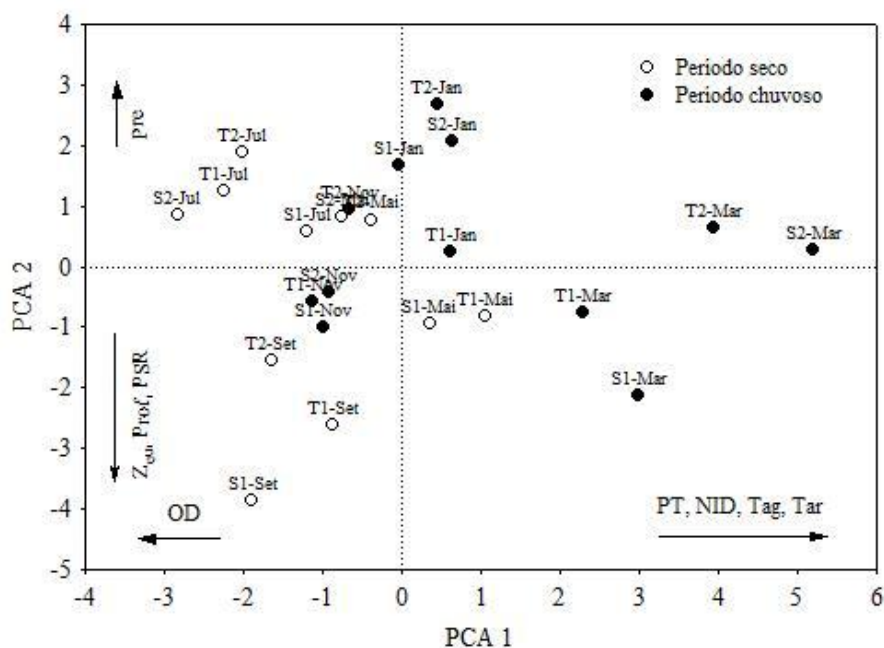


Figura 4. Dispersão dos escores para os locais e períodos de amostragem ao longo dos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais (PCA), realizada para as variáveis abióticas nos dois braços do reservatório de Salto Caxias. Códigos disponíveis na Tabela 1.

O segundo eixo da PCA explicou 20% da variabilidade dos dados e ordenou no lado positivo do diagrama as amostragens influenciadas pela precipitação pluviométrica (0,39) e no lado negativo as amostragens influenciadas, pelas variáveis Z_{eu} (-0,47), profundidade (-0,40) e P-PSR (-0,36).

Considerando-se as análises qualitativas e quantitativas da comunidade fitoplanctônica, foram inventariados 206 táxons distribuídos em nove grupos taxonômicos: Cyanobacteria (65), Bacillariophyceae (59), Zygnemaphyceae (37), Chlorophyceae (31), Oedogoniophyceae (7), Chrysophyceae (4), Cryptophyceae (1) Chlamydomonadophyceae (1) e Dinophyceae (1) (Tabela 2).

Tabela 2. Táxons registrados nas quatro estações de amostragem nos dois braços do reservatório de Salto Caxias entre setembro de 2010 e julho de 2011. Códigos disponíveis na Tabela 1.

Táxons	Período Seco				Período Chuvoso			
	T1	T2	S1	S2	T1	T2	S1	S2
Bacillariophyceae								
<i>Achnanthes exiguum</i> (Grunow) Czarnecki								x
<i>Achnanthes minutissimum</i> (Kützinger) Czarnecki	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen		x			x		x	x
<i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>ambigua</i> f. <i>spiralis</i> (Skuja) Ludwig & Valente-Moreira	x	x	x					
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	x	x	x	x	x	x		x
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (Otto Müller) Simonsen	x	x	x	x				
<i>Aulacoseira muzzanensis</i> (Meister) Krammer					x	x		
<i>Aulacoseira pusilla</i> (Meister) Tuji & Houki	x		x					
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck	x		x		x			
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützinger						x	x	x
<i>Cymbella</i> cf. <i>affinis</i> Kützinger	x				x	x		x
<i>Diadema contenta</i> (Grunow ex Van Heurck) Mann					x			
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve et Grunow) Houk & Klee						x		
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) Mann	x		x	x	x	x	x	x
<i>Encyonema vulgare</i> Krammer	x							
<i>Eunotia bilunaris</i> Ehrenberg	x						x	
<i>Eunotia camelus</i> Ehrenberg	x							
<i>Eunotia flexuosa</i> Brébisson ex. Kützinger	x							
<i>Eunotia incisa</i> (cadeia) Gregory	x							
<i>Eunotia</i> sp.	x		x	x	x	x	x	
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazieres	x		x	x	x	x	x	x
<i>Fragilaria tenera</i> (W. Smith) Lange-Bertalot	x						x	x
<i>Fragilaria</i> sp.	x							
<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson) Costa						x		
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni		x						
<i>Gomphonema brasiliense</i> Grunow	x		x		x			
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	x	x			x	x	x	x
<i>Gomphonema hawaiiense</i> Reichardt	x				x	x	x	x
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützinger) Kützinger	x				x	x	x	x
<i>Gomphonema</i> sp.	x			x	x			
<i>Hantzschia abundans</i> Lange-Bertalot							x	
<i>Hydrosera whampoensis</i> (Schwartz) Deby	x	x	x	x	x		x	x
<i>Melosira varians</i> Agardh	x	x	x		x	x		x
<i>Navicula</i> sp.	x	x		x	x	x	x	x
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow				x		x		x
<i>Nitzschia</i> cf. <i>acicularioides</i> Hustedt	x				x			
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) Smith	x							
<i>Nitzschia palea</i> (Kützinger) Smith	x						x	
<i>Nitzschia</i> sp.	x	x	x					
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> Rabenhorst var. <i>acrosphaeria</i>	x				x			
<i>Pinnularia brebissonii</i> (Kützinger) Rabenhorst	x							
<i>Pinnularia</i> cf. <i>dispar</i> Metzeltin et Krammer				x				
<i>Pinnularia divergens</i> Smith	x							
<i>Pinnularia divergens</i> var. <i>malayensis</i> Hustedt							x	
<i>Pinnularia nobilis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg								

<i>Pinnularia tabellaria</i> Ehrenberg	x							
<i>Pinnularia viridis</i> Ehrenberg	x							x
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot			x	x	x			
<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compère			x	x				
<i>Sellaphora parapupula</i> Lange-Bertalot						x		
<i>Sellaphora</i> sp.								x
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg			x					
<i>Stenopterobia schweickerdtii</i> (Cholnoky) Brassac, Ludwig & Torgan		x			x	x		
<i>Surirella guatimalensis</i> Ehrenberg	x	x	x		x	x	x	x
<i>Surirella linearis</i> var. <i>constricta</i> Grunow	x	x	x		x	x	x	x
<i>Surirella splendida</i> (Ehrenberg) Ehrenberg					x			
<i>Synedra gouldarii</i> Brébisson ex Cleve & Grunow	x				x			
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg			x	x		x	x	
<i>Thalassiosira rudis</i> Tremarin, Ludwig, Becker & Torgan	x	x	x		x	x	x	x
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	x	x		x	x	x	x	x
Chlorophyceae								
<i>Ankistrodesmus bernardii</i> Komárek					x	x	x	x
<i>Ankistrodesmus densus</i> Korshikov					x	x		x
<i>Ankistrodesmus spiralis</i> Lemmermann					x	x	x	
<i>Ankyra ancora</i> (Smith) Fott		x				x	x	x
<i>Characium</i> sp.	x	x			x	x	x	x
<i>Chlorolobion braunii</i> (Nägeli) Komárek					x	x	x	x
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dangeard) Senn								x
<i>Coenocystis</i> sp.	x	x	x		x		x	x
<i>Desmodesmus armatus</i> (Chodat) Hegewald								
<i>Desmodesmus</i> sp.								
<i>Dictyosphaerium</i> sp.		x			x		x	x
<i>Dictyosphaerium</i> sp 1					x		x	x
<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille						x		x
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Eutetramorus planctonicus</i> (Korshikov) Bourrelly	x	x				x	x	
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat	x							
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius							x	
<i>Kirchneriella roselata</i> Hindák	x				x	x	x	x
<i>Kirchneriella obesa</i> (West) West & West								x
<i>Monoraphidium caribeum</i> Hindák							x	x
<i>Monoraphidium pusillum</i> (Printz) Komárková-Legnerová					x			
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová								
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat						x	x	
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i> Smith					x	x	x	x
<i>Pseudoquadrigula</i> sp.							x	x
<i>Quadriococcus</i> sp.							x	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i> Chodat	x	x			x	x	x	x
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat								
<i>Ulothrix tenerrima</i> (Kützing) Kützing					x	x		
Chlorophyceae não identificado					x	x	x	x
Radiococcaceae não identificado					x	x	x	x
Chrysophyceae								
<i>Mallomonas rhombica</i> Cronberg	x	x	x		x			
<i>Mallomonas</i> sp.					x	x	x	x
<i>Mallomonas</i> sp 1	x	x	x	x	x	x		x
Colonial perifítica não identificada	x	x	x	x	x	x	x	x
Cyanobacteria								
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West & West					x	x	x	x
<i>Aphanocapsa grevillei</i> (Berkeley) Rabenhorst					x			
<i>Aphanocapsa holsatica</i> Cronberg & Komárek					x	x	x	x
<i>Aphanocapsa planctonica</i> (Smith) Komárek & Anagnostidis					x			
<i>Coelomorum</i> sp.								
<i>Chroococcus aphanocapsoides</i> Skuja					x	x	x	x
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli								
<i>Chroococcus</i> sp.		x						
<i>Cyanodictyon iac</i> Cronberg & Komárek					x	x	x	x
<i>Dolichospermum circinalis</i> (Rabenhorst ex Bornet et Flahault) comb. nova					x		x	
<i>Gloeotheca</i> sp.					x	x		x
<i>Heteroleibleinia rigidula</i> (Kützing ex Hansgirg) Hoffmann	x							
<i>Heteroleibleinia</i> sp.						x		
<i>Komvophorum</i> sp.					x			x
<i>Leibleinia epiphytica</i> (Hieronymus) Anagnostidis & Komárek	x				x	x		x
<i>Leibleinia</i> sp.					x	x		
<i>Leptolyngbya</i> sp.		x	x			x	x	x
<i>Lyngbya martensiana</i> Meneghini	x				x	x	x	x
<i>Lyngbya stagnina</i> Kützing	x							
<i>Lyngbya</i> sp.	x				x	x	x	x
<i>Lyngbya</i> sp 1					x			x

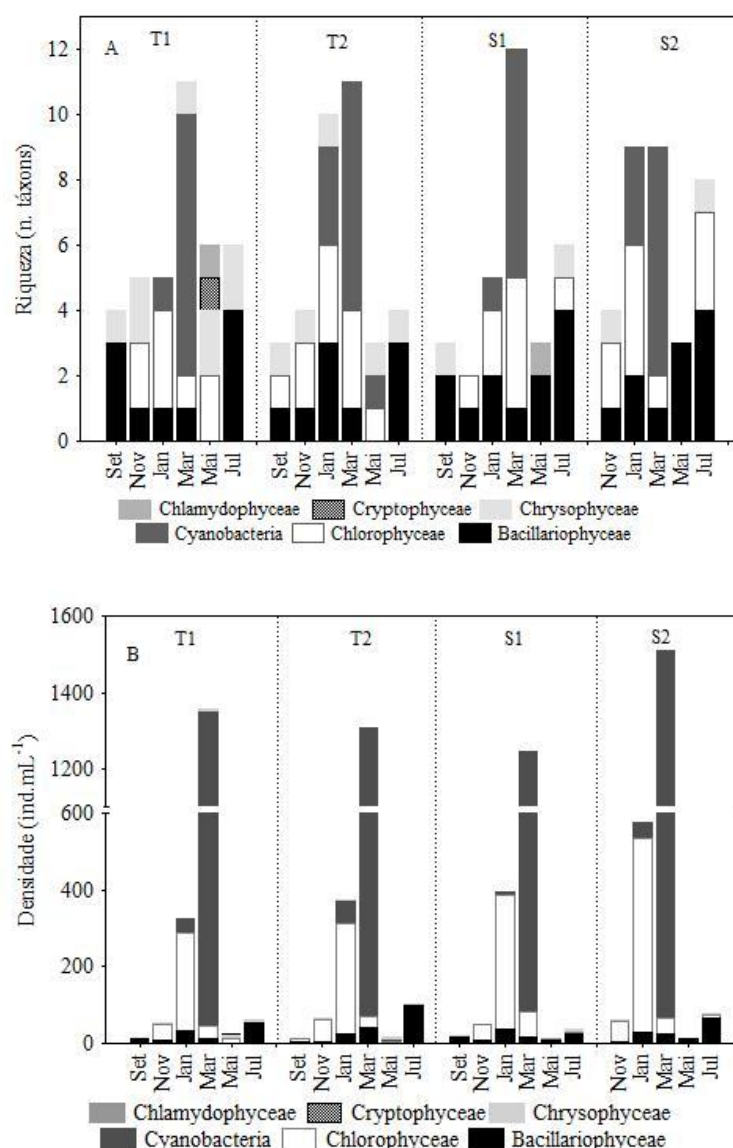


Figura 5. Variação da riqueza de espécies (A) e densidade fitoplanctônica (B) por classes taxonômicas observadas nos dois braços do reservatório de Salto Caxias de setembro de 2010 a julho de 2011. Códigos disponíveis na Tabela 1.

O período chuvoso apresentou os menores valores de equitabilidade, com diferenças significativas em relação ao período seco ($F = 6,695$; $p = 0,004$), quando os maiores valores foram observados (Figura 5). Os valores de H' foram relativamente baixos, sempre inferiores a $2,2 \text{ bits.mm}^{-3}$. Observou-se tendência de aumento ao longo do período de estudo, entretanto, os valores mais baixos foram observados na estação S1 em novembro de 2010 e maio de 2011. O maior valor de H' foi observado na estação S2 em julho de 2011 (Figura 5). Não foram observadas diferenças significativas para os atributos da comunidade fitoplanctônica entre os tratamentos (estações com e sem tanques-rede), de acordo com a ANOVA.

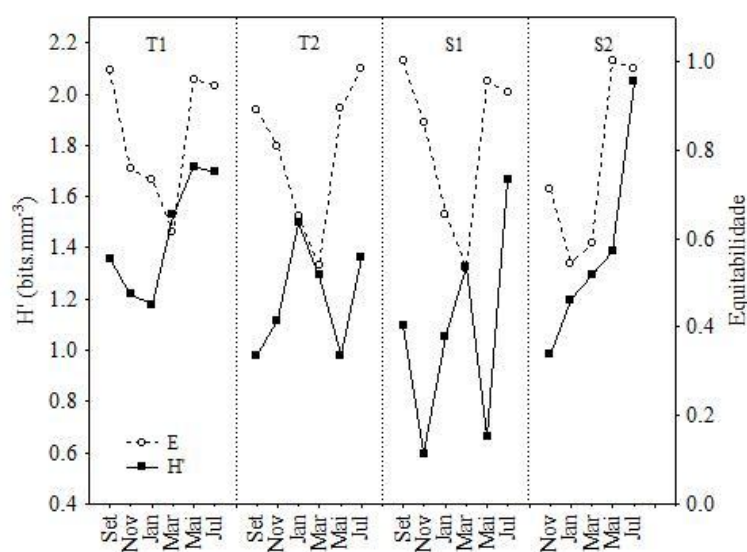


Figura 6. Variação da diversidade de Shannon-Wiener (H') e equitabilidade (E) observadas nos dois braços do reservatório de Salto Caxias de setembro de 2010 a julho de 2011. Códigos disponíveis na Tabela 1.

Os dois primeiros eixos da DCA foram retidos para interpretação e explicaram 23,3% da variabilidade total dos dados. A DCA evidenciou um gradiente temporal na composição das espécies quanto aos meses de amostragem e separação entre os períodos seco e chuvoso (Figura 7A). No primeiro eixo da DCA, os meses de novembro de 2010, janeiro e março de 2011 estiveram discriminados à esquerda do diagrama, e setembro de 2010, maio e julho de 2011, à direita. Cyanobacteria e Chlorophyceae estiveram associados principalmente ao período chuvoso, enquanto que as demais classes foram mais representativas no período seco. A baixa dispersão dos escores das espécies evidenciou similaridade espacial na composição fitoplanctônica (Figura 7B).

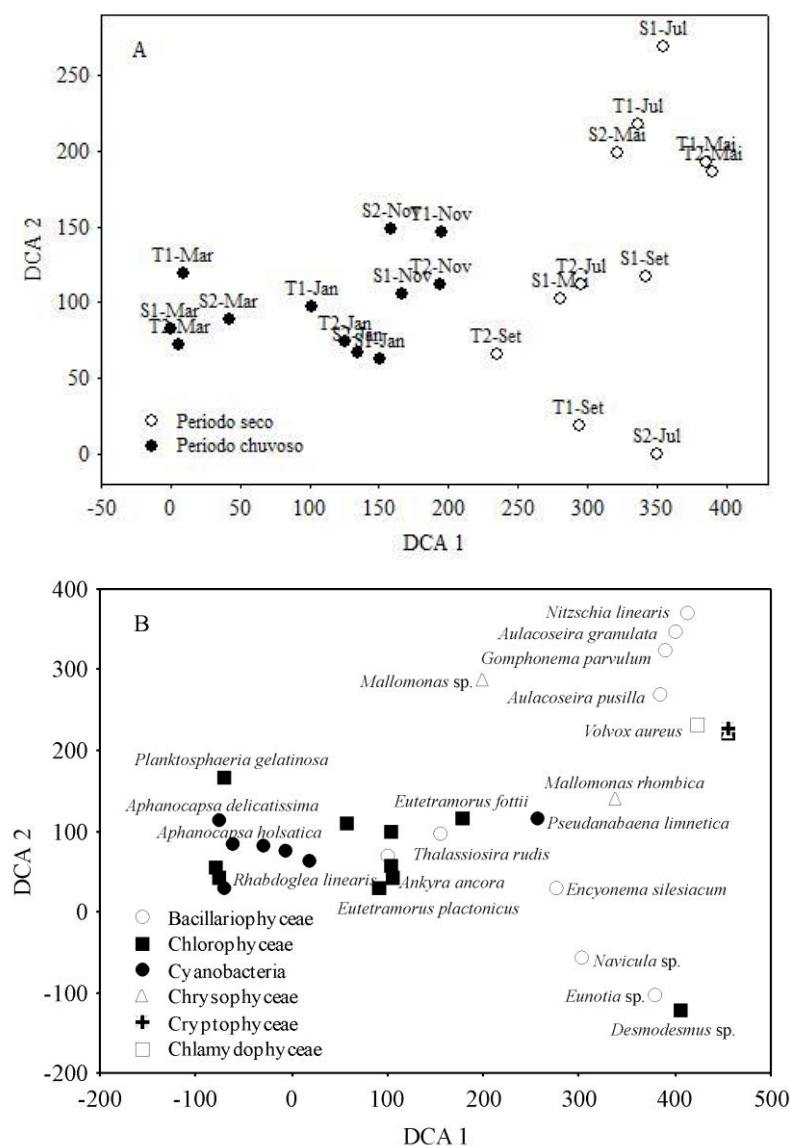


Figura 7. Dispersão dos escores dos locais e meses amostrados (A) e das espécies fitoplanctônicas (B) para os dois primeiros eixos da DCA. Códigos disponíveis na Tabela 1.

A análise de variância evidenciou diferenças significativas para o primeiro eixo da DCA ($F = 156,8$; $p = 0,000$). O teste de Tukey evidenciou diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso.

As correlações de Spearman mostrou que as alterações na composição da comunidade fitoplanctônica nos dois braços do reservatório de Salto Caxias estiveram relacionadas com a precipitação, vento, temperatura do ar e da água, turbidez, OD, pH, PT, P-PSR e NID (Tabela 3). A diversidade de Shannon não apresentou correlação com nenhuma das variáveis abióticas.

Tabela 3. Resultados das correlações de Spearman significativas para os dois braços do reservatório de Salto Caxias entre setembro de 2010 e julho de 2011. Códigos disponíveis na Tabela 1.

Atributos/ variáveis	Pre	Ven	Tar	Tag	OD	Turb	pH	PT	PSR	NID
Densidade Bacillariophyceae	0,48	-	0,87	0,72	-	-0,62	-	-	-	-
Densidade Chlorophyceae	-	-	0,87	0,72	-	-	-	-	-	-
Densidade Cyanobacteria	-	-	0,70	0,80	-	-	0,46	-	-	-
Densidade Chrysophyceae	-	-	-0,41	-0,53	-	-	-	-	-	-
Densidade Chlamydomonadales	-	-0,45	-0,45	-	-	-	-	-	-0,47	-
Densidade total	-	-	0,81	0,57	-	-	0,43	-	-	-
Riqueza Bacillariophyceae	0,53	-	-	-	0,63	-	-	-	-	-
Riqueza Chlorophyceae	-	-	0,71	0,50	-	-	-	-	-	-
Riqueza Cyanobacteria	-	-	0,68	0,79	-	-	0,47	-	-	-
Riqueza Chrysophyceae	-	-	-	-0,63	0,50	-	-	-	-	-
Riqueza Chlamydomonadales	-	-0,45	-0,45	-	-	-	-	-	-0,47	-
Riqueza total	-	-	0,60	-	-	-	-	0,49	-	0,49
Equitabilidade	-	-	-0,83	-0,72	-	-	-0,42	-0,46	-	-0,46

4 Discussão

As concentrações de nutrientes e as demais variáveis abióticas apresentaram alterações apenas ao longo do tempo, conforme demonstrado pelas análises realizadas, com separação entre os períodos seco e chuvoso. Segundo Guo e Li (2003), os efeitos dos tanques-rede dependem primariamente da intensidade do sistema de cultivo, área e profundidade do ambiente, e tempo de residência da água. No presente estudo, verificou-se que o curto tempo de residência do reservatório (estimada em 32,5 dias), associado à baixa profundidade dos locais de amostragem e aos influxos dos dois rios de montante, parecem ter resultado em efeitos pouco significativos do cultivo sobre o ambiente avaliado.

Além da hidrodinâmica do ambiente, caracterizada por alta vazão, a dimensão do sistema de cultivo parece ter assumido relevância, uma vez que no presente estudo foram

utilizados poucos tanques-rede. Apesar dos nutrientes não terem apresentado aumento significativo no braço influenciado pelo cultivo, outros estudos sobre os impactos da piscicultura demonstraram mudanças nas suas concentrações, como aqueles realizados por Guo e Li (2003) e Guo et al. (2009), que verificaram aumento do fósforo e nitrogênio proveniente de cultivo de peixes em tanques-rede em uma baía do lago Niushanhu (China).

Borges et al. (2010), em experimento com tilápias (*Oreochromis niloticus* L.) em tanques-rede, em um braço do reservatório de Rosana, observaram incremento na concentração de nitrogênio total e amônio após a instalação dos tanques-rede, e ainda constataram forte influência da hidrodinâmica do local sobre o sistema de cultivo. De fato, a hidrodinâmica do ambiente tem sido apontada por diversos autores (Diaz et al., 2001; Silva et al. 2005; Araripe et al., 2006; Alves e Baccarin, 2007; Nogueira et al. 2010) como um dos principais fatores para as alterações das variáveis abióticas. Assim, o cultivo de peixes pode causar a eutrofização do sistema, especialmente em ambientes com baixo tempo de renovação da água (Araripe et al., 2006).

Ambientes rasos e estreitos, como no caso dos dois braços estudados, associados aos influxos dos rios de montante e à operação do reservatório, apresentam reduzido tempo de retenção da água, conseqüentemente, a quantidade de nutrientes retidos pode ser pequena (Kennedy e Walker, 1990).

As alterações sazonais da composição e densidade da comunidade fitoplanctônica parecem ter sido influenciadas principalmente por mudanças climatológicas naturais, como precipitação e temperatura. Cyanobacteria e Chlorophyceae estiveram associados ao período chuvoso devido aos maiores valores de temperatura e maior disponibilidade de nutrientes. Bacillariophyceae esteve relacionado ao período seco, possivelmente favorecido pelos menores valores de temperatura. Crossetti e Bicudo (2005) ressaltam que a composição fitoplanctônica também pode ser determinada pelo regime de mistura da coluna de água. Ambientes pouco profundos, onde a luz alcança a superfície do sedimento, mantém boa circulação vertical, contribuindo para o sucesso de algas que dependem da luz e facilita a resuspensão das frústulas de diatomáceas (Tundisi, 1990; Moura et al., 2007).

Cyanobacteria provavelmente foi favorecido pelas altas temperaturas, como também verificado por Chu et al. (2007), Degefu et al. (2011) e Kosten et al. (2012). Apesar das cianobactérias constituírem componentes comuns do fitoplâncton, elas representam um dos principais contribuintes para a biomassa e diversidade em ecossistemas aquáticos, especialmente em ambientes eutrofizados (Sant'Anna et al., 2006a; Borges et al., 2008). Além

disso, diversas espécies deste grupo são potenciais produtoras de toxinas (Komárek, 2003; Calijuri et al., 2006).

Bacillariophyceae foi representado principalmente por diatomáceas cêntricas e tipicamente potamoplanctônicas como *Aulacoseira granulata*, *A. muzzanensis* e *Thalassiosira rudis*, provavelmente em resposta aos fluxos de correnteza dos dois braços avaliados, pois as diatomáceas são adaptadas a ambientes turbulentos devido à alta taxa de sedimentação que apresentam (Tundisi, 1990; Pérez et al., 1999; Train e Rodrigues, 2004; Silva et al., 2005).

Os baixos valores de riqueza de espécies e densidade verificados durante todo o período de estudo com diferenças significativas apenas ao longo do tempo, provavelmente foram influenciados pelo curto tempo de residência da água (Train et al., 2005; Brasil e Huszar, 2011). As variações no número de espécies entre os períodos seco e chuvoso podem ser atribuídas a reduzida profundidade dos ambientes estudados, considerando que ambientes rasos são mais susceptíveis às mudanças ambientais, por exemplo, as causadas pelas chuvas (Kimmel et al., 1990; Tundisi, 1990; Padisák, 1993; Straskraba, 1998).

Os maiores valores de riqueza e densidade de Bacillariophyceae observados em julho de 2011 provavelmente foram favorecidos pelas menores temperaturas observadas neste mês. Outros autores têm demonstrado que as diatomáceas ocorrem preferencialmente em temperaturas mais amenas (Huszar e Caraco, 1998; Silva et al., 2005). Adicionalmente, a ocorrência de chuvas no dia anterior à amostragem também pode explicar a maior contribuição deste grupo neste mês, o que ainda justifica a presença de gêneros tipicamente perifíticos como *Pinnularia* e *Eunotia*. Silva et al. (2005) e Rodrigues et al. (2005) também verificaram predominância de Bacillariophyceae no reservatório de Salto Caxias no período seco em resposta às baixas temperaturas.

A maior riqueza e densidade de Chlorophyceae e Cyanobacteria durante o período chuvoso esteve positivamente relacionada com as temperaturas do ar e da água. Em ambientes aquáticos tropicais rasos, as clorofíceas e cianobactérias estão amplamente distribuídas e o favorecimento destes grupos geralmente tem sido associado a condições de maior disponibilidade de nutrientes, temperatura e luminosidade (Huszar et al., 2000; Komárek, 2003; Sant'Anna et al., 2006b; Lachi e Sipaúba-Tavares, 2008).

Cyanobacteria e Chlorophyceae foram particularmente representadas por algas nanoplantônicas cocóides coloniais das ordens Chroococcales e Chlorococcales, as quais possuem elevada razão superfície/volume, o que favorece a absorção de nutrientes permitindo vantagens adaptativas (Lopes et al., 2005; Dantas et al., 2008; Brasil e Huszar, 2011).

Os baixos valores de diversidade de Shannon, com ausência de diferenças significativas para os tratamentos e períodos de amostragem, podem ser atribuídos aos baixos valores de riqueza. Apesar da maior densidade de Cyanobacteria em março de 2011, principalmente de *Aphanocapsa delicatissima* e *A. holsatica*, não houve redução da diversidade, pois neste mês foram observados os maiores valores de riqueza. Segundo Reynolds et al. (2002), em períodos mais quentes e com elevada transparência da água, a comunidade fitoplanctônica pode ser representada principalmente pelo picoplâncton, devido a sua capacidade em permanecer mais tempo na coluna de água.

Assim, embora a equitabilidade tenha diminuído até março de 2011, a diversidade apresentou aumento devido ao incremento no número de espécies. Entretanto, cabe ressaltar que a redução da diversidade associada à elevada proliferação de cianobactérias vem sendo frequentemente mencionada na literatura (Padisák, 1993; Borics et al., 2000; Figueredo e Giani, 2001; Sant'Anna et al., 2006b).

Os menores valores de diversidade de Shannon observados em novembro de 2010 e em maio de 2011 na estação S1, provavelmente estiveram relacionados à maior profundidade deste local e menor velocidade do vento nestes meses. O regime de mistura da água influencia diretamente a estrutura fitoplanctônica (Padisák, 1993) por afetar a disponibilidade de nutrientes na coluna de água (Lopes et al., 2005). A redução da diversidade observada em setembro de 2010, maio e julho de 2011 na estação T2 e em novembro de 2010 em S1, é resultado da diminuição do número de espécies e equitabilidade, como observado por Padisák (1993).

Os resultados não confirmaram a hipótese de ocorrência de alterações na concentração de nutrientes para os locais influenciados pelos tanques-rede e sobre os atributos da comunidade fitoplanctônica (composição, riqueza, densidade, equitabilidade e diversidade de Shannon). A hidrodinâmica dos dois braços associada às variações sazonais parecem ter constituído fatores-chave na estruturação do fitoplâncton e das variáveis abióticas. Embora o lançamento de nutrientes não tenha afetado significativamente a área de estudo, Diaz (2001) ressalta que os sistemas apresentam capacidade de suporte e que a partir deste ponto as condições do ambiente podem ser comprometidas.

Tendo em vista os efeitos cumulativos dos resíduos provenientes do cultivo intensivo de peixes, há uma necessidade crescente de estudos que avaliem os impactos com um número maior de tanques-rede, principalmente em meses mais quentes, quando o metabolismo dos peixes é mais elevado (Araripe et al., 2006; Borges et al., 2010). Além disso, o monitoramento das condições ambientais não deve se restringir à área diretamente afetada

pelo cultivo, devendo também ser consideradas as áreas adjacentes para detectar os reais efeitos destes sistemas na diversidade da biota aquática (Marengoni, 2006; Borges et al., 2010).

5 Referências

AGOSTINHO, AA., PAVANELLI, CS., SUZUKI, HI., LATINI, JD., GOMES, LC., HAHN, NS., FUGI, R. e DOMINGUES, WM., 2002. *Reservatório de Salto Caxias: bases ecológicas para o manejo (relatório final)*. Maringá: UEM, Nupélia, Copel, 272 p.

ALVES, RCP. e BACCARIN, AE., 2007. Efeito da produção de peixes em tanques-rede sobre sedimentação de material em suspensão e de nutrientes no córrego da Arribada (UHE Nova Avanhandava, baixo rio Tiête, SP). In NOGUEIRA, MG., HENRY, R. and JORCIN, A. (Eds.), *Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: Rima, p. 329-347.

APHA - American Public Health Association. 1995. *Standard methods for the examination of water and wastewater* 19th ed. APHA, Washington DC.

ARARIPE, MNBA., SEGUNDO, LFF., LOPES, JB. e ARARIPE, HGA., 2006. Efeito do cultivo de peixes em tanques rede sobre o aporte de fósforo para o ambiente. *Revista Científica de Produção Animal*, vol. 8, no. 2, p. 56-65.

AYROSA, DMMR., FURLANETO, FPB. e AYROSA, LMS., 2008. Regularização de projetos de piscicultura no estado de São Paulo. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, vol. 1, no. 1, p. 33-41.

BICUDO, C.E.M. e MENEZES, M. 2006. *Gêneros de Algas de Águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições*. São Carlos: Rima.

BORGES, PAF., TRAIN, S., DIAS, JD. e BONECKER, CC., 2010. Effects of fish farming on plankton structure in a Brazilian tropical reservoir. *Hydrobiologia*, vol. 649, no. 1, p. 279-291.

BORGES, PAF., TRAIN, S. e RODRIGUES, LC., 2008. Estrutura do fitoplâncton, em um curto período de tempo, em um braço do reservatório de Rosana (ribeirão do Corvo, Paraná, Brasil). *Acta Scientiarum Biological Science*, vol. 30, no. 1, p. 57-65.

BORICS, G., GRIGORSZKY, I., SZABÓ, S. e PADISÁK, J., 2000. Phytoplankton associations in a small hypertrophic fishpond in East Hungary during a change from bottom-up to top-down control. *Hydrobiologia*, vol. 424, p.79-90.

BRASIL, J. e HUSZAR, VLM. 2011. O papel dos traços funcionais na ecologia do fitoplâncton continental. *Oecologia Australis*, vol. 15, no. 4, p. 799-834.

CALIJURI, MC., ALVES, MAS. e SANTOS, ACA., 2006. *Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais*. São Carlos: Rima.

CHU, Z., JIN, X., IWAMI, N. e INAMORI, Y., 2007. The effect of temperature on growth characteristics and competitions of *Microcystis aeruginosa* and *Oscillatoria mougeotii* in a shallow, eutrophic lake simulator system. *Hydrobiologia*, vol. 581, p. 217-223.

COLE, GA., 1994. *Text book of limnology*. Waveland Press Inc., Illinois.

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS, 2011. *Usina Hidrelétrica de Salto Caxias*. Disponível em http://www.cbdb.org.br/site/bdados.asp?str_cod=264 (Acesso em 17 de outubro 2011).

COPEL - COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA, 2011. *Usina Governador José Richa*. Disponível em <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F044b34faa7cc1143032570bd0059aa29%2F9bdc37f6b8c44b810325741200587db7> (Acesso em 17 de outubro de 2011).

CROSSETTI, LO. e BICUDO, CEM., 2005. Structural and functional phytoplankton responses to nutrient impoverishment in mesocosms placed in a shallow eutrophic reservoir (Garças Pond), São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, vol. 541, p. 71-85.

CROSSETTI, LO., BICUDO, DC., BICUDO, CEM. e BINI, LM., 2008. Phytoplankton biodiversity changes in a shallow tropical reservoir during the hypereutrophication process. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 68, no. 4, p. 1061-1067.

DANTAS, EW., MOURA, AN., BITTENCOURT-OLIVEIRA, MC., ARRUDA NETO, JDTA. e CAVALCANTI, ADC., 2008. Temporal variation of the phytoplankton community at short sampling intervals in the Munduaú reservoir, Northeastern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, vol. 22, no. 4, p. 970-982.

DEGEFU, F., MENGISTU, S. e SCHAGERL, M., 2011. Influence of fish cage farming on water quality and plankton in fish ponds: A case study in the Rift Valley and North Shoa reservoirs, Ethiopia. *Aquaculture*, vol. 316, p. 129-135.

DIAZ, MM, TEMPORETTI, PF. e PEDROZO, FL., 2001. Response of phytoplankton to enrichment from Cage fish farm waste in Alicura reservoir (Patagônia, Argentina). *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, vol. 6, p. 151-158.

FEIDEN, A., HAYASHI, C., BOSCOLO, WR. e REIDEL, A., 2006. Desenvolvimento de larvas de *Steindachneridion* sp. em diferentes condições de refúgio e luminosidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 41, no. 1, p. 133-137.

FIGUEREDO, CC. e GIANI, A., 2001. Seasonal variation in the diversity and species richness of phytoplankton in a tropical eutrophic reservoir. *Hydrobiologia*, vol. 445, p. 165-174.

FIGUEREDO, CC. e GIANI, A., 2005. Ecological interactions between Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplankton community of the Furnas reservoir (Brazil). *Freshwater Biology*, vol. 50, p. 1394-1403.

GAUCH Jr., HG., 1986. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982 (reprinted 1986). Cambridge studies in ecology.

GUO, L. e LI, Z., 2003. Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. *Aquaculture*, vol. 226, p. 201-2012.

GUO, L., LI, Z., XIE, P. e NI, L., 2009. Assessment effects of cage culture on nitrogen and phosphorus dynamics in relation to fallowing in a shallow lake in China. *Aquaculture International*, vol. 17, p. 229-241.

HUSZAR, VLM. e CARACO, NF., 1998. The relationship between phytoplankton composition and physical-chemical variables: a comparison of taxonomic and morphological-functional descriptors in six temperate lakes. *Freshwater Biology*, vol. 40, p. 679-696.

HUSZAR, VLM. e REYNOLDS., CS., 1997. Phytoplankton periodicity and sequences of dominance in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Pará, Brazil): responses to gradual environmental changes. *Hydrobiologia*, vol. 346, p. 169-181.

HUSZAR, VLM., SILVA, LHS., MARINHO, M., DOMINGOS, P. e SANT'ANNA, CL., 2000. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia*, vol. 424, p. 67-77.

JACKSON, DA., 1993. Stopping rules in the principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology*, vol. 74, p. 2204-2214.

JÚLIO JÚNIOR, HF., THOMAZ, SM., AGOSTINHO, AA. e LATINI, JD., 2005. Distribuição e caracterização dos reservatórios. In RODRIGUES, L., THOMAZ, SM., AGOSTINHO, AA. e GOMES, LC. *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. Rima, São Carlos: 1-16.

JONGMAN, RHG., TER BRAAK CJF. e VAN TONGEREN OFR., 1995. *Data analysis in communit and landscape ecology (reprinted 1996)*. Cambridge University Press, Cambridge.

KENNEDY, RH. e WALKER, WW., 1990. Reservoir nutrient dynamics. In THORNTON, KW., KIMMEL, BL. & PAYNE, FE. *Reservoir limnology: ecological perspectives*. John Wiley & Sons, New York: 109-131.

KIMEL, BL., LIND, OT. e PAULSON, LJ., 1990. Reservoir primary production. In THORNTON, KW., KIMMEL, BL. and PAYNE, FE. (Eds). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. John Wiley & Sons, Inc., Somerset, New Jersey, 133-194.

KOMÁREK, J. e ANAGNOSTIDIS, K. 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 4 - Nostocales. *Algological Studies*, vol. 56, p. 247-345.

KOMÁREK, J. e ANAGNOSTIDIS, K., 1998. Cyanoprokaryota. 1. Teil Chroococcales. In ETTL, H., GÄRTNER, G., HEYNIG, H. e MÖLLENHAUER, D. (Eds.). *Sübwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer Verlag, Jena: 1-548.

KOMÁREK, J. e ANAGNOSTIDIS, K., 2005. Cyanoprokaryota. 2. Teil Oscillatoriales. In BÜDEL, B., GÄRTNER, G., KRIENITZ, L. e SCHAGERL, M. (Eds.), *Sübwasserflora von Mitteleuropa*. Elsevier GmbH, München: 1-759.

KOMÁREK, J., 2003. Coccoid and colonial Cyanobacteria. In WEHR, J.D. e SHEATH, R.G. (Eds). *Freshwater algae of North America: ecology and classification*. Academic Press, USA: 59-116.

KOROLEFF, K., 1976. Determination of ammonia. In GRASSHOFF, K. e KREMLING, E. (Eds). *Methods of Seawater Analysis*. Verlag Chemie, Weinheim.

KOSTEN, S., HUSZAR, V.L.M., CARES, E., COSTA, L.S., VAN DONK, E., HANSSON, L., JEPPESEN, E., KRUK, C., LACEROT, G., MAZZEO, N., MEESTER, L., MOSS, B., LÜRLING, M., NÖGES, T., ROMO, S. e SCHEFFER, M., 2012. Warmer climates boost cyanobacterial dominance in shallow lakes. *Global Change Biology*, vol. 18, p. 118-126.

LACHI, GB. e SIPAÚBA-TAVARES, LH., 2008. Qualidade da água e composição fitoplanctônica de um viveiro de piscicultura utilizado para fins de pesca esportiva e irrigação. *Boletim do Instituto de Pesca*, vol. 34, no. 1, p. 29-38.

LIMA, JF., ALVES, LR., KARPINSKI, C., PIACENTI, CA. e PIFFER, M., 2005. A região de Salto Caxias no Sudoeste paranaense: elementos para uma política de desenvolvimento econômico microrregional. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, vol. 108, p. 87-111.

LOPES, MRM., BICUDO, CEM. e FERRAGUT, C., 2005. Short term spatial and temporal variation of phytoplankton in a shallow tropical oligotrophic reservoir, southeast Brazil. *Hydrobiologia*, vol. 542, p. 235-247.

MAACK, R. 2002. *Geografia física do Estado do Paraná*. 3. ed. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio. 438 p.

MACKERETH, JFH., HERON, J. e TALLING, JF., 1978. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Freshwater Biological Association, n. 36. 121 p.

MACCUNE, B. e MEFFORD, MJ., 1999. PC-ORD. *Multivariate analysis of ecological data, version 4.0*. MjM Software Design, Gleneden Blach, Oregon.

MARENGONI, NG., 2006. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitralada), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. *Arquivos de Zootecnia*, vol. 55, p. 127-138.

MOURA, AN., BITTENCOURT-OLIVEIRA, MC., DANTAS, E.W. e NETO, JDTA., 2007. Phytoplanktonic associations: a tool to understanding dominance events in a tropical Brazilian reservoir. *Acta Botanica Brasilica*, vol. 21, n. 3, p. 641-648.

NOGUEIRA, MG., 2000. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, vol. 431, p. 115-128.

NOGUEIRA, MG., FERRAREZE, M., MOREIRA, ML. e GOUVÊA, RM., 2010. Phytoplankton assemblages in a reservoir cascade of a large tropical-subtropical river (SE, Brazil). *Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology*, vol. 70, n. 3, p. 781-793.

PADISÁK, J., 1993. The influence of different disturbance frequencies on the species richness, diversity and equitability of phytoplankton in shallow lakes. *Hidrobiologia*, vol. 249, p. 135-156.

PÉREZ, MC., BONILLA, S. e MARTÍNEZ, G., 1999. Phytoplankton community of a polymictic reservoir, La Plata River basin, Uruguay. *Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology*, vol. 59, n. 4, p. 535-541.

PIELOU, EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. *Journal of Theoretical Biology*, no 13, p. 131-144.

REYNOLDS, CS., HUSZAR, V., KRUK, C., NASELLI-FLORES, L e MELO, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, vol. 24, n. 5, p. 417-428.

RIBEIRO, LHL, BRANDIMARTE, AL. e KISHI, RT., 2005., Formation of the Salto Caxias Reservoir (PR) – an approach on the eutrophication process. *Acta Limnologia Brasiliensia*, vol. 17, n. 2, p. 155-165.

RODRIGUES, LC., TRAIN, S., PIVATO, BM., BOVO, VM., BORGES, PAF. e JATI, S., 2005. Assembléias fitoplanctônicas de trinta reservatórios do estado do Paraná. In RODRIGUES, L., THOMAZ, SM., AGOSTINHO, AA. e GOMES, LC. *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. RiMa, São Carlos: 57-72.

ROUND, FE., 1965. *The biology of the algae*. Edward Arnold (publishers) Ltda., London.

ROUND, FE., 1971. *The taxonomy of the Chlorophyta*, 2. *British Phycological Journal*, vol. 6, p. 235-264.

SANTOS, RM., ROCHA, G, ROCHA, O. e WISNIEWSKI, MJS., 2009. Influence of net cage fish cultures on the diversity of the zooplankton community in the Furnas hydroelectric reservoir, Areado, MG, Brazil. *Aquaculture Research*, vol. 40, p. 753-761.

SANT'ANNA, CL., AZEVEDO, MTP., AGUIARO, LF., CARVALHO, MC., CARVALHO, LR. e SOUZA, RCR., 2006a. *Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras*. Interciência, Rio de Janeiro, 58p.

SANT'ANNA, CL., GENTIL, RC. e SILVA, D. 2006b. Comunidade fitoplanctônica de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo. In ESTEVES, KE. and SANT'ANNA, CL. (Orgs.), *Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo*. Rima, São Carlos: 49-62.

SEMA - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2010. *Bacias hidrográficas do Paraná: série histórica*. Curitiba, Paraná. 140p.

SHANNON, CE. e WEAVER, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Illinois: University Press, Urbana.

SILVA, CA., TRAIN, S. e RODRIGUES, LC. 2005. Phytoplankton assemblages in a Brazilian subtropical cascading reservoir system. *Hydrobiologia*, vol. 537, p. 99-109.

STATSOFT INC. 2005. Statistica (data analysis software system) version 7.1. Available at: www.statsoft.inc.

STRASKRABA, M., 1998. Limnological differences between deep valley reservoirs and deep lakes. *International Review of Hydrobiology*, vol. 83, special issue, n. 1-12.

STRICKLAND, JDH. e PARSONS, TR., 1972. *A practical handbook of sea water analysis*. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 310p.

TEIXEIRA de OLIVEIRA, M., ROCHA, O. e PERET, AC., 2011. Structure of phytoplankton community in the Cachoeira Dourada reservoir (GO/MG), Brazil. *Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology*, vol. 71, n. 3, p. 587-600.

TRAIN, S. e RODRIGUES, LC., 2004. Phytoplanktonic Assemblages. In AGOSTINHO, AA.; THOMAZ, SM.; HAHN, NS. (Org.). *The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Backhuys, Leiden. p. 103-124.

TRAIN, S., JATI, S., RODRIGUES, LC. e PIVATO, BM., 2005. Distribuição espacial e temporal do fitoplâncton em três reservatórios da bacia do rio Paraná. In RODRIGUES, L., THOMAZ, SM., AGOSTINHO, AA. and GOMES, LC. *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. RiMa, São Carlos: 73-85.

TUNDISI, JG., 1990. Distribuição espacial, sequência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology*, vol. 50, n. 4, p. 937-955.

URBINATI, EC. e GONÇALVES, FD., 2005. Jundiá (*Rhamdia quelen*). In BALDISSEROTO, B. and GOMES, LC. *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. Santa Maria: Editora UFSM, 470p.

UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodic. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, vol. 9, p. 1-38.

Capítulo 2 elaborado e formatado conforme as normas da publicação científica *Aquaculture Research*. Disponível em: <<http://www.wiley.com/bw/journal.asp?ref=1355-557x>>

Capítulo II – Influência do cultivo experimental de peixes em tanques-rede sobre a estrutura do fitoplâncton em braço de um reservatório subtropical

Resumo

O objetivo deste estudo foi determinar o estado trófico e as variações espaciais e temporais da densidade e biomassa fitoplanctônica durante um experimento com cultivo de jundiás e surubins do Iguaçu em um braço do reservatório de Salto Caxias, Brasil. Foram selecionados dois locais de coleta no braço influenciado pelo sistema de cultivo e dois locais em um braço não influenciado. Não foram verificadas diferenças significativas para os atributos da comunidade e para as variáveis abióticas entre os tratamentos utilizados. Os resultados da CCA e da ANOVA evidenciaram apenas variações sazonais, separando o período seco do período chuvoso. Ambos os braços foram classificados como oligotróficos, demonstrando baixa influência dos tanques-rede. Dois grupos funcionais fitoplanctônicos (**F** e **K**) foram observados, ambos característicos de ambientes rasos e com elevada transparência da água. Os valores de densidade e biomassa fitoplanctônica foram maiores no período chuvoso. O período seco foi representado principalmente por táxons de Bacillariophyceae e o período chuvoso por Cyanobacteria e Chlorophyceae. As variações da estrutura fitoplanctônica parecem ter sido influenciadas principalmente pela sazonalidade. Os efeitos dos tanques-rede sobre a concentração de nutrientes e estrutura da comunidade fitoplanctônica parecem ter sido pouco significativos, possivelmente devido ao pequeno número de tanques-rede e peixes utilizados e a hidrodinâmica dos ambientes estudados, influenciados pelos rios à montante.

Palavras-chave: biomassa, densidade, eutrofização, grupos funcionais.

Chapter II – Effects of fish farming in net cages on phytoplankton structure in an arm of a subtropical reservoir

Abstract

The aim of this study was to evaluate the trophic state and spatial-temporal changes in phytoplankton density and biomass during an experimental net cages culture of silver catfish and surubins do Iguaçu in an arm of Salto Caxias reservoir, Brazil. Two samples stations were selected in the affected arm and other two in the non-affected arm. There were no significant differences in phytoplankton structure, as well as for abiotic variables among the treatments handled. According to CCA and ANOVA, temporal changes were verified separating the dry period from the rainy period. Both arms were classified as oligotrophic, showing low influence of the net cages. Two functional groups were observed (**F** and **K**) that may occur in shallow environments with high water transparency. Density and biomass values were higher in the rainy period. The dry period was represented mainly by Bacillariophyceae taxa and the rainy period by Cyanobacteria and Chlorophyceae. Variations of phytoplankton structure appear to have been mainly influenced by seasonality. The effects of the net cages on nutrients and phytoplankton structure were small, probably due to the low number of net cages and fish employed and the area hydrodynamics, influenced by the upstream rivers.

Keywords: biomass, density, eutrophication, functional groups.

1 Introdução

Reservatórios são sistemas construídos, em geral, para usos múltiplos como a geração de energia elétrica, abastecimento, irrigação, recreação e aquicultura (Rodrigues *et al.* 2005). No Brasil, entre as atividades aquícolas, destaca-se o cultivo de peixes em tanques-rede que vem sendo estimulado por políticas governamentais por considerá-la uma alternativa para produção de alimentos (Rodrigues *et al.* 2005; Alves & Baccarin 2007). Além disso, as agências ambientais brasileiras e companhias hidrelétricas consideram esta atividade uma maneira de reduzir a pressão sobre os estoques naturais e gerar trabalho para pescadores artesanais (Agostinho & Gomes 2007; Agostinho *et al.* 2007).

Assim como outras atividades econômicas, o cultivo de peixes em tanques-rede pode gerar impactos sobre as comunidades biológicas e sobre a qualidade da água, pois implica na entrada de grandes quantidades de nutrientes no sistema, principalmente fósforo e nitrogênio, resultando em sua eutrofização (Diaz *et al.* 2001; Agostinho & Gomes 2007; Guo *et al.* 2009; Borges *et al.* 2010). A elevada disponibilidade de nutrientes na água pode estimular a produção do fitoplâncton, especialmente de cianobactérias que representam um problema crescente em reservatórios (Deblois *et al.* 2008; Borges *et al.* 2010).

A comunidade fitoplanctônica é considerada um excelente indicador da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos, devido ao seu curto ciclo de vida e por ser um dos principais produtores primários (Kimmel *et al.* 1990; Nogueira & Matsumura-Tundisi 1996; Sant'Anna *et al.* 2006; Teixeira de Oliveira *et al.* 2011). Diversos estudos sobre a ecologia do fitoplâncton foram desenvolvidos em reservatórios tropicais e subtropicais brasileiros, tais como os de Silva *et al.* (2005), Borges *et al.* (2008), Fonseca & Bicudo (2011), Teixeira de Oliveira *et al.* (2011), entre outros. No entanto, poucos trabalhos enfocaram os efeitos do cultivo de peixes em tanques-rede sobre esta comunidade, sendo que aqueles desenvolvidos mostraram que esta atividade pode levar ao aumento na densidade e biomassa fitoplanctônica e, consequentemente, no grau de trofia do ambiente (Figueredo & Giani 2005; Lachi & Sipaúba-Tavares 2008; Borges *et al.* 2010).

Devido aos potenciais efeitos negativos do cultivo de peixes em tanques-rede sobre os ecossistemas aquáticos, é importante compreender as interações exercidas pelo sistema de cultivo sobre o fitoplâncton, com intuito de melhorar a produção pesqueira e preservar a qualidade da água (Figueredo & Giani 2005).

Assim, o presente estudo visou analisar as variações espaciais e temporais sobre a concentração de nutrientes e sobre a densidade e biomassa fitoplanctônica durante um

experimento de criação dos Siluriformes jundiá (*Rhamdia voulezi* Haseman, 1911) e surubim do Iguaçu (*Steindachneridion melanodermatum* Garavello, 2005). As hipóteses testadas foram: (i) o cultivo de jundiás e surubins do Iguaçu propicia o aumento das concentrações de nutrientes, aumentando o estado trófico do braço influenciado pelo sistema de cultivo, e (ii) aumento da densidade e biomassa fitoplanctônica, especialmente de cianobactérias, nos locais influenciados.

2 Material e Métodos

Área de estudo

O rio Iguaçu é formado pelo encontro dos rios Iraí e Atuba no município de Curitiba e, seguindo seu curso, percorre cerca de 1.320 km até desaguar no rio Paraná, no município de Foz do Iguaçu (Sema 2010). O reservatório de Salto Caxias (25° 33' S; 53° 30' W) é o último de uma série de cinco grandes represamentos que regulam a vazão do rio Iguaçu. A construção da barragem teve início em 1995, o reservatório foi fechado em 1998 e sua operação iniciou-se em 1999 (Copel 2011). O reservatório é considerado como fio d'água, possui área de 142 km² e volume de 3573 km³ (Comitê Brasileiro de Barragens 2011). O tempo de residência da água está estimado em 32,5 dias e apresenta padrão dendrítico de desenvolvimento de margem (Ribeiro *et al.* 2005).

O clima da região é classificado como subtropical úmido (Cfa), com estações do ano bem definidas. As chuvas são, em geral, bem distribuídas ao longo do ano, no entanto a precipitação no outono e inverno é menor (período seco) que na primavera e verão (período chuvoso). A precipitação anual média é de 1600 a 1800 mm e a temperatura anual média é de 19 a 20°C (Maak 1981).

O presente estudo foi realizado em dois braços laterais localizados na margem direita na região de transição do reservatório (Figura 1), no município de Boa Vista da Aparecida, Paraná. O braço maior é formado pelo rio Jacutinga e o menor por um riacho com denominação desconhecida. A área do entorno do reservatório é dominada por pastagem e pequenas áreas de mata secundárias (Júlio Júnior *et al.* 2005), com pequenas propriedades rurais e predomínio da agricultura familiar (Lima *et al.* 2005). Não foi verificada a presença de macrófitas aquáticas durante o período de estudo (Figura 2).

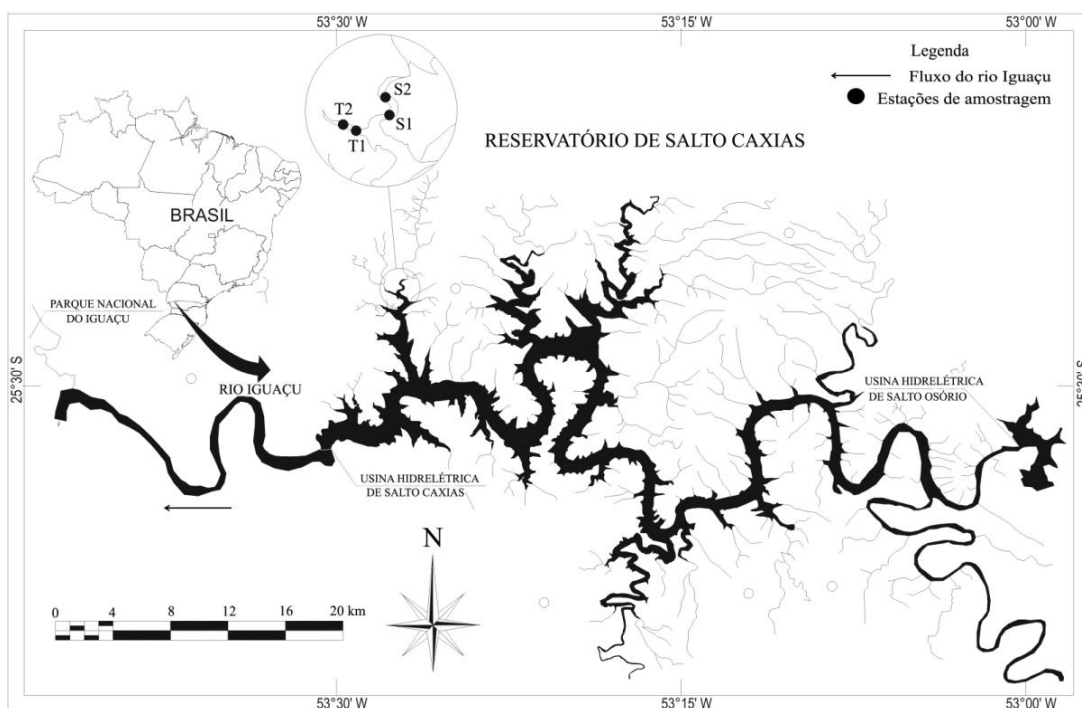


Figura 1. Reservatório de Salto Caxias com a localização das estações de amostragem. T1 e T2: estações de amostragem com tanques-rede; S1 e S2: estações de amostragem sem tanques-rede.

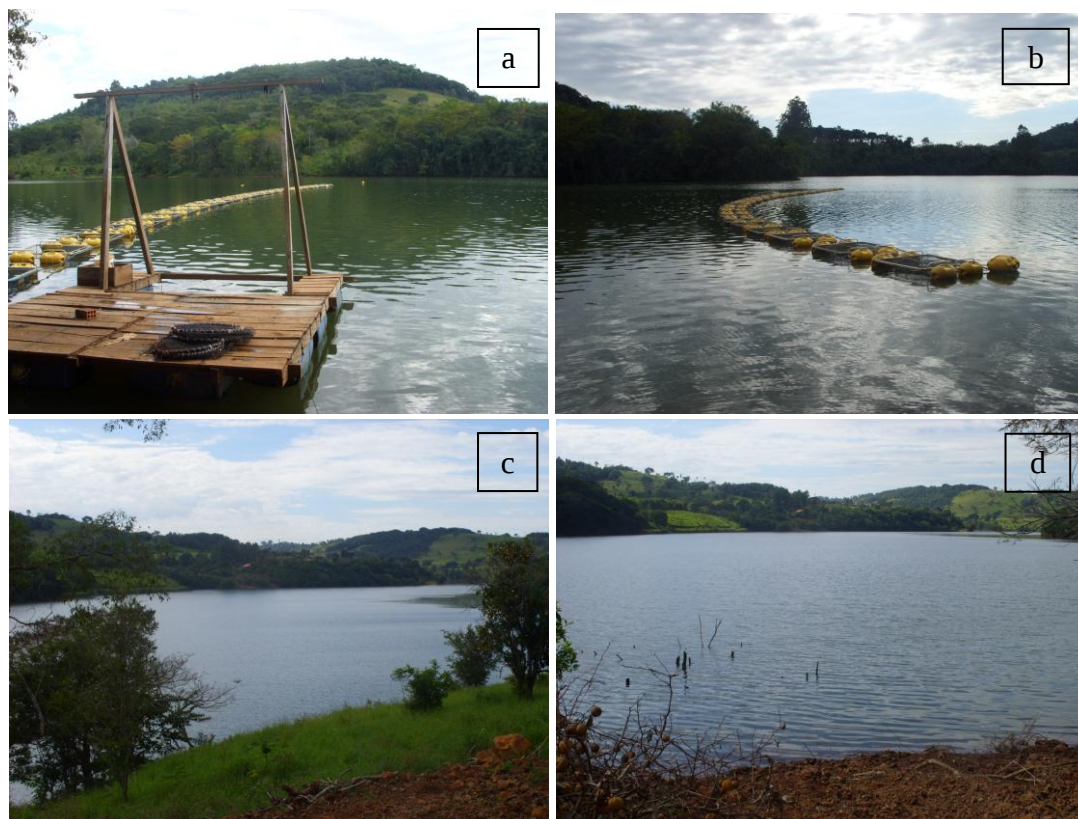


Figura 2. Vista geral dos dois braços no reservatório de Salto Caxias. Estações de amostragem com tanques-rede (a,b) e sem tanques-rede (c, d).

Metodologia de campo

Um ano antes do início deste experimento, 30 tanques-rede foram dispostos no braço menor em três baterias de dez. Assim, não foram realizadas amostragens prévias à instalação dos tanques. Em cada tanque-rede de 4 m³ foram colocados 60 peixes adultos das espécies *Rhamdia voulezi* (jundiá) e *Steindachneridion melanoderdatum* (surubim do Iguaçu). O segundo braço, formado pelo rio Jacutinga, foi considerado como sem influência direta dos tanques-rede.

O jundiá é uma espécie neotropical, encontrada desde o Sudeste do México até a região central da Argentina (Urbinati & Gonçalves, 2005). O surubim do Iguaçu é uma espécie endêmica, restrita ao baixo rio Iguaçu (ocorre apenas à jusante do reservatório de Segredo) e considerada em risco de extinção (Agostinho *et al.* 2002; Feiden *et al.* 2006).

Para dieta alimentar dos peixes foi utilizado ração comercial do tipo extrusada. O manejo alimentar foi estabelecido pela técnica de fornecimento *ad libidum* e foi regulado através das observações do consumo de toda a ração na primeira hora após o fornecimento. Os peixes receberam ração duas vezes ao dia (manhã e tarde).

As amostragens da comunidade fitoplânctônica e das variáveis abióticas foram realizadas na zona pelágica dos dois braços, bimestralmente entre setembro de 2010 e julho de 2011. Duas estações de amostragem foram estabelecidas próximas aos tanques-rede (T1 e T2) e com distância de 200 m entre cada; outras duas foram estabelecidas no braço sem tanques-rede (S1 e S2) à mesma distância (Figura 1). Em setembro de 2010 não houve amostragem em S2.

As variáveis ambientais obtidas simultaneamente as coletas de fitoplâncton foram temperatura da água (Tag) e oxigênio dissolvido (OD). A zona eufótica (Z_{eu}) foi estimada como 2,7 vezes a profundidade de desaparecimento do disco de Secchi (Cole 1994). A razão zona eufótica e zona máxima ($Z_{eu}:Z_{max}$) foi estimada pelo quociente entre zona eufótica e profundidade máxima.

Foram determinadas a turbidez (Turb), pH e as concentrações de fósforo total (PT; Mackereth *et al.* 1978), fósforo solúvel reativo (P-PSR; Mackereth *et al.* 1978), nitrito ($N-NO_2^-$; Strickland & Parsons 1972) e amônio ($N-NH_4^+$; Koroleff 1976). Para as análises foi utilizada a soma destes dois últimos (nitrogênio inorgânico dissolvido – NID).

Os valores de velocidade do vento (Ven), temperatura do ar (Tar) e precipitação pluviométrica (Pre) foram fornecidos pelo Instituto Meteorológico do Paraná (Simepar) e utilizaram-se os registros da estação Salto Caxias, localizada no município de Capitão

Leônidas Marques. Nas análises estatísticas e multivariadas, para preipitação, foi utilizada a soma dos três dias anteriores às amostragens.

As amostras da comunidade fitoplanctônica foram coletadas à subsuperfície e fixadas com solução de lugol acético 1%. Paralelamente, foram obtidas amostras com rede de plâncton com abertura de malha de 25 μm , com a finalidade de concentrar o material auxiliando na análise taxonômica. Estas amostras foram preservadas em solução Transeau (Bicudo & Menezes, 2006) e encontram-se depositadas no Herbário da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNOP), *campus* Cascavel. O sistema de classificação adotado em nível de classe foi o de Round (1965; 1971) proposto por Bicudo & Menezes (2006). Para enquadramento dos táxons de Cyanobacteria adotou-se Komárek & Anagnostidis (1989; 1998; 2005).

Análise dos dados

A densidade fitoplanctônica foi determinada segundo a metodologia descrita por Utermöhl (1958), com análise das amostras em microscópio invertido. O volume sedimentado foi definido de acordo com as concentrações de algas e/ou detritos presentes na amostra, sendo o tempo de sedimentação de pelo menos três horas para cada centímetro de altura da câmara de sedimentação (Margalef 1983). A contagem de campos foi realizada aleatoriamente utilizando o critério de área mínima (100 campos) ou até obtenção da curva de rarefação de espécies. O cálculo de densidade fitoplanctônica foi realizado conforme American Public Health Association - APHA (1995) e o resultado expresso em indivíduos (células, cenóbios ou colônias) por mililitro.

O volume celular foi obtido a partir de fórmulas estereométricas adequadas à forma das células algais (Sun & Liu 2004). A biomassa fitoplanctônica foi obtida por meio da multiplicação da densidade populacional pelo volume dos indivíduos. Os táxons fitoplanctônicos com contribuição acima de 1% para a biomassa fitoplanctônica total foram enquadrados em grupos funcionais (Reynolds *et al.* 2002; Padisák *et al.* 2006; 2009).

A partir dos valores de biomassa foram determinadas as espécies fitoplanctônicas dominantes e abundantes (espécies descritoras da comunidade), segundo os critérios de Lobo & Leighton (1986). Através da biomassa fitoplanctônica também foi verificado o estado trófico dos dois braços do reservatório, de acordo com os critérios estabelecidos por Vollenweider (1968): oligotrófico ($< 3 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$), eutrófico ($5\text{-}10 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$) ou hipereutrófico ($> 10 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$).

As variáveis abióticas foram sintetizadas utilizando-se uma Análise de Componentes Principais (PCA) e os eixos significativos desta análise foram selecionados segundo o critério de Broken Stick (Jackson 1993). Uma análise de variância (ANOVA Bifatorial) foi aplicada para testar diferenças significativas para os valores de nutrientes (PT, P-PSR e NID) nos diferentes tratamentos (estações de amostragem – fator 1) e períodos de coleta (seca e cheia - fator 2). Uma análise de variância (ANOVA Bifatorial) também foi empregada para testar se houveram diferenças significativas para as médias dos valores de densidade e biomassa fitoplanctônica. Os pressupostos de normalidade e homocedasticidade da ANOVA foram avaliados pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Quando foram identificadas diferenças significativas ($p < 0,05$), foi aplicado o teste de Tukey *a posteriori*. Estas análises foram realizadas com o programa Statistica 7.1 (Statsoft Inc. 2005).

Com o objetivo de reduzir a dimensionalidade dos dados e identificar as principais variáveis intervenientes na estrutura da comunidade fitoplanctônica, foi efetuada uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) a partir dos valores de biomassa (Ter Braak 1986). As análises multivariadas (PCA e CCA) foram realizadas através do programa Pc-Ord 4.0 (McCune & Mefford 1999).

3 Resultados

Os maiores níveis de precipitação foram observados no verão (dezembro de 2010, janeiro e fevereiro de 2011) e os menores níveis ocorreram no final do outono (maio e junho de 2011) (Fig. 3). Julho de 2011, apesar de ser um mês de seca, apresentou elevada precipitação, principalmente nos dias anteriores à amostragem (Tabela 1).

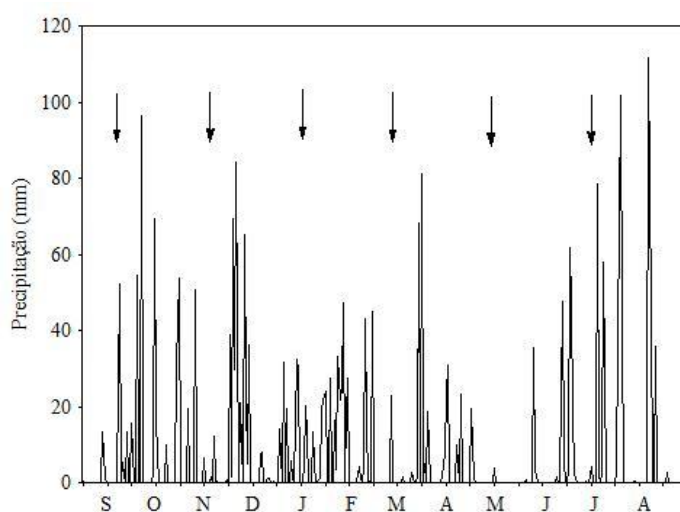


Figura 3. Precipitação pluviométrica na região dos dois braços do reservatório de Salto Caxias entre setembro de 2010 e agosto de 2011. Setas indicam as datas das coletas.

A extensão da zona eufótica alcançou praticamente toda a coluna de água na maior parte do período, como mostrados a partir dos valores de $Z_{eu}:Z_{max}$ (Tabela 1). As temperaturas do ar e da água foram mais elevadas em janeiro e março de 2011. Os valores de oxigênio dissolvido foram similares entre as estações e períodos de amostragem, com os maiores valores observados em julho de 2011, juntamente com os menores valores de temperatura do ar e da água. A turbidez foi mais elevada em novembro de 2010 nas quatro estações de amostragem.

Table 1. Valores médios da precipitação – Pre (mm); velocidade do vento – Ven (m.s⁻¹), profundidade – Prof (m), zona eufótica - Z_{eu} (m), razão zona eufótica:zona máxima - $Z_{eu}:Z_{max}$, temperatura do ar – Tar (°C), temperatura da água - Tag (°C), oxigênio dissolvido – OD (mg.L⁻¹), turbidez – Turb (NTU), fósforo total – PT (mg.L⁻¹), fósforo solúvel reativo – P-PSR (mg.L⁻¹) e nitrogênio inorgânico dissolvido – NID (mg.L⁻¹) registradas nos quatro locais de amostragem nos dois braços do reservatório de Salto Caxias entre setembro de 2010 e julho de 2011. Valores médios por locais e tempo de coleta, e coeficiente de variação (CV) para todo o período amostrado. T1 e T2: estações de coleta com tanques-rede; S1 e S2: estações de coleta sem tanques-rede; Set-Setembro, Nov-Novembro, Jan-Janeiro, Mar-Março, Mai-Maio, Jul-Julho.

Locais	Pre	Ven	Prof	Z_{eu}	$\frac{Z_{eu}}{Z_{max}}$	Tar	Tag	OD	Turb	pH	PT	P-PSR	NID
T1													
Set	0,0	2,7	9,6	9,6	1,0	20,0	23,9	6,7	2,1	7,1	24,2	47,7	23,3
Nov	50,8	2,0	9,9	7,9	0,8	21,1	23,5	6,3	3,1	7,1	8,7	50,4	20,1
Jan	62,2	1,9	9,9	9,9	1,0	24,8	28,2	5,6	0,3	7,3	3,8	35,2	17,6
Mar	0,0	2,9	10,7	9,3	0,9	24,4	28,5	6,3	0,8	7,6	0,5	8,9	33,1
Mai	0,2	1,7	11,2	8,0	0,7	19,3	24,2	5,9	1,2	7,2	0,5	28,6	46,0
Jul	81,0	2,1	7,8	7,1	0,9	19,4	20,0	7,5	0,0	7,3	3,8	24,7	16,8
T2													
Set	0,0	2,7	6,5	6,5	1,0	20,0	21,5	6,7	1,7	7,0	25,0	45,5	15,2
Nov	50,8	2,0	4,2	4,2	1,0	21,1	23,9	6,2	2,6	7,1	13,6	58,0	26,6
Jan	62,2	1,9	4,2	4,2	1,0	24,8	28,7	6,5	0,8	7,3	4,6	34,8	21,4
Mar	0,0	2,9	5,2	5,2	1,0	24,4	28,0	5,6	0,4	7,5	2,2	7,9	54,3
Mai	0,2	1,7	5,5	5,5	1,0	19,3	24,4	6,1	0,9	7,1	1,3	6,9	21,5
Jul	81,0	2,1	5,5	5,5	1,0	19,4	19,7	7,5	0,0	7,2	3,0	2,2	21,7
S1													
Set	0,0	2,7	10,8	10,8	1,0	20,0	23,3	6,2	2,2	6,2	20,9	62,8	11,1
Nov	50,8	2,0	9,4	8,9	1,0	21,1	24,4	6,2	6,2	7,2	8,7	63,8	21,7
Jan	62,2	1,9	9,4	7,3	0,8	24,8	29,1	7,0	0,7	7,7	4,6	79,9	14,5
Mar	0,0	2,9	10,9	10,9	1,0	24,4	28,1	5,7	0,8	7,0	4,6	12,6	47,8
Mai	0,2	1,7	10,6	9,2	0,9	19,3	24,0	5,6	1,1	7,3	0,5	54,8	29,6
Jul	81,0	2,1	10,6	7,8	0,7	19,4	20,7	7,4	0,0	7,3	3,8	49,3	30,7
S2													
Nov	50,8	2,0	8,0	8,0	1,0	21,1	24,8	6,3	6,3	7,2	4,6	43,4	21,7
Jan	62,2	1,9	6,3	6,1	1,0	24,8	29,6	6,5	0,4	7,4	4,6	42,9	22,2
Mar	0,0	2,9	4,0	4,0	1,0	24,4	29,0	5,1	1,4	7,1	4,6	53,1	74,7
Mai	0,2	1,7	5,6	5,6	1,0	19,3	25,2	6,1	0,8	7,1	0,5	26,5	13,4
Jul	81,0	2,1	5,6	4,1	0,7	19,4	20,8	7,4	2,6	6,3	7,0	2,8	16,8
CV (%)	101,4	19,4	32,3	30,5	11,3	10,9	12,7	10,3	108,0	4,8	56,5	107,5	60,2

Figura 4. Dispersão dos escores para os locais e períodos de amostragem ao longo dos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais, realizada para as variáveis abióticas nos dois braços do reservatório de Salto Caxias. Códigos disponíveis na Tabela 1.

O primeiro eixo da PCA, que explicou 32,2% da variabilidade dos dados, separou os locais de acordo com sua variação temporal. As amostragens referentes ao período chuvoso posicionaram-se no lado direito do diagrama e apresentaram correlação positiva com as variáveis PT (0,44), NID (0,44), temperatura da água (0,39) e temperatura do ar (0,33). As amostragens referentes ao período seco posicionaram-se no lado esquerdo do diagrama e apresentaram correlação negativa com o OD (-0,37).

O segundo eixo da PCA explicou 20% da variabilidade dos dados e ordenou no lado positivo do diagrama as amostragens influenciadas pela precipitação pluviométrica (0,39) e no lado negativo as amostragens influenciadas pelas variáveis Z_{eu} (-0,47), profundidade (-0,40) e P-PSR (-0,36).

A partir das amostras quantitativas, foram inventariados 38 táxons fitoplanctônicos durante o período de estudo e os grupos com maior contribuição foram Chlorophyceae (31%), Bacillariophyceae (29%) e Cyanobacteria (26%) (Tabela 3).

Tabela 3. Táxons fitoplanctônicos registrados nos dois braços do reservatório de Salto Caxias entre setembro de 2010 e julho de 2012.

Bacillariophyceae	
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützinger) Kützinger
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (Otto Müller) Simonsen	<i>Navicula</i> sp.
<i>Aulacoseira pusilla</i> (Meister) Tuji & Houki	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) Smith
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) Mann	<i>Thalassiosira rudis</i> Tremarin, Ludwig, Becker & Torgan
<i>Encyonema</i> sp.	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère
<i>Eunotia</i> sp.	
Chlorophyceae	
<i>Ankistrodesmus bernardii</i> Komárek	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komáreková-Legnerová
<i>Ankistrodesmus densus</i> Korshikov	<i>Oocystis lacustris</i> Chodat
<i>Ankyra ancora</i> (Smith) Fott	<i>Planktosphaeria gelatinosa</i> Smith
<i>Desmodesmus</i> sp.	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek	<i>Sphaerocystis Schroeteri</i> Chodat
<i>Eutetramorus planctonicus</i> (Korshikov) Bourrelly	Radiococcaceae não identificada
Cyanobacteria	
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West & West	<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek
<i>Aphanocapsa holsatica</i> Cronberg & Komárek	<i>Rhabdoderma lineare</i> Schmidle & Lauterborn
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützinger) Nägeli	<i>Rhabdogloea linearis</i> (Geitler) Komárek
<i>Coelomorum</i> sp.	<i>Synechococcus nidulans</i> (Pringsheim) Komárek
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	Chroococcales não identificada
Chrysophyceae	
<i>Mallomonas rhombica</i> Cronberg	<i>Mallomonas</i> sp.
Colonial perifítica não identificada	
Chlamydomonadales	
<i>Volvox aureus</i> Ehrenberg	
Cryptophyceae	
<i>Cryptomonas</i> sp.	

Em geral, a densidade fitoplanctônica apresentou aumento entre setembro de 2010 e março de 2011, diminuindo até o final do experimento. Os maiores valores deste atributo foram observados em março para as quatro estações de amostragem, com valores acima de $1.300 \text{ ind.mL}^{-1}$ (Fig. 5). Os grupos que mais contribuíram para a densidade foram Cyanobacteria e Chlorophyceae, principalmente durante o período chuvoso (novembro de 2010, janeiro e março de 2011).

A análise de variância realizada para a densidade fitoplanctônica apresentou diferenças significativas em relação ao período de estudo ($F = 200,00$; $p = 0,0001$) e estiveram relacionadas aos meses de janeiro e julho, os quais também foram significativamente diferentes entre si. Todavia, a análise não apresentou variações significativas em relação aos tratamentos.

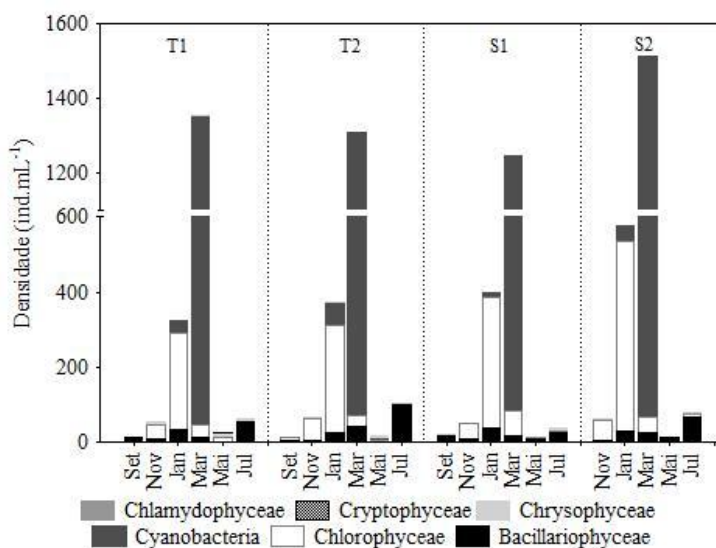


Figura 5. Densidade por grupos taxonômicos para as quatro estações de amostragem entre setembro de 2010 e julho de 2011 no reservatório de Salto Caxias. Códigos disponíveis na Tabela 1.

O biovolume fitoplanctônico foi baixo, inferior a $2,0 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ ao longo de todo o período de estudo, para as quatro estações de amostragem (Fig. 6). Este atributo apresentou aumento até março de 2011, quando os maiores valores foram observados (média de $1,66 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ entre as quatro estações de amostragem) e maior contribuição de Cyanobacteria. Em seguida, o biovolume diminuiu para valores inferiores a $0,2 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ até o fim do experimento. Os táxons *Aphanocapsa delicatissima* e *A. holsatica*, apesar de terem sua ocorrência restrita a março de 2011, foram os principais responsáveis pela biomassa total, devido ao elevado número de indivíduos observados.

O menor biovolume foi verificado em maio de 2011 na estação de amostragem S2 ($0,005 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$) e os maiores valores foram observados em março nas estações T1 e S2 ($1,93 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$). Assim, quanto ao nível trófico, os dois braços do reservatório foram classificados como oligotróficos ao longo de todo o período de estudo.

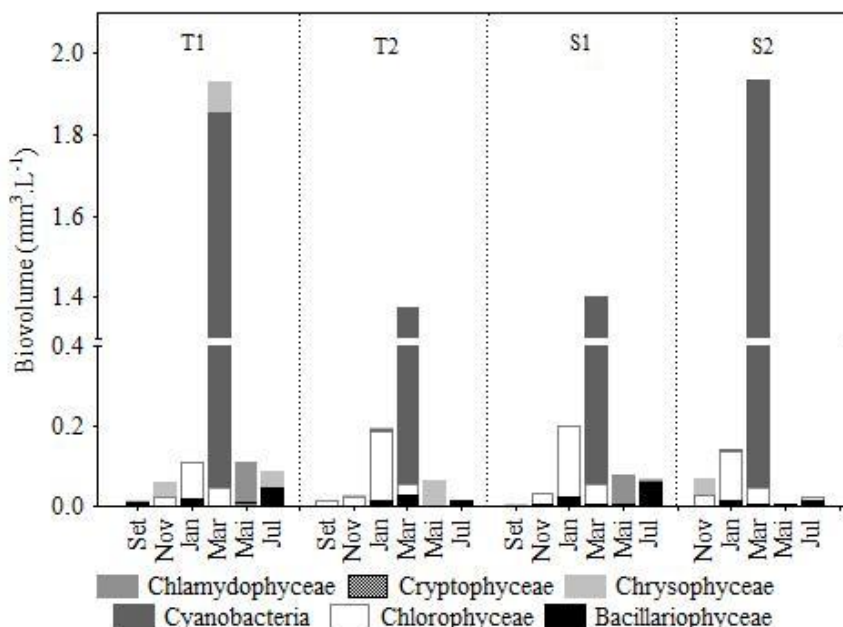


Figura 6. Biovolume fitoplanctônico por grupos taxonômicos para as quatro estações de amostragem entre setembro de 2010 e julho de 2011 no reservatório de Salto Caxias. Códigos disponíveis na Tabela 1.

A partir dos valores de biovolume, apenas um táxon foi considerado abundante e dez foram dominantes (Tabela 5). Em geral, houve dominância de táxons de Cyanobacteria e Chlorophyceae no período chuvoso, exceto *Mallomonas* sp. o qual foi dominante nos tratamentos T1 e S2 em novembro. O período seco foi representado por Bacillariophyceae, Chlamydomonadales e Chrysophyceae, exceto *Eutetramorus planctonicus* que foi dominante no tratamento T2 em setembro.

Tabela 5. Espécies abundantes e dominantes nos dois braços do reservatório de Salto Caxias, entre setembro de 2012 e julho de 2011, considerando-se o biovolume fitoplanctônico. Códigos disponíveis na Tabela 1.

Táxons	Abundante	Dominante
Bacillariophyceae		
<i>Aulacoseira granulata</i>		T1-jul
<i>Aulacoseria pusilla</i>		T2-jul
<i>Navicula</i> sp.	S1-setembro, S2-maio, S2-julho	
<i>Thalassiosira rudis</i>		S2-mai
<i>Ulnaria ulna</i>		T1-set
Chlorophyceae		
<i>Eutetramorus fottii</i>		T2-nov, S1-nov, T1-jan, T2-jan, S1-

	jan, S2-jan
<i>Eutetramorus plactonicus</i>	T2-set
Cyanobacteria	
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	T2-mar, S2-mar
Chrysophyceae	
<i>Mallomonas</i> sp.	T1-nov, S2-nov
Colonial perifítica não identificada	T2-mai
Chlamydomphyceae	
<i>Volvox aureus</i>	T1-mai, S2-mai

As análises de variância realizadas para os valores de biovolume fitoplanctônico (Tabela 6), mostraram diferenças significativas quanto ao período de estudo ($F = 66,38$; $p = 0,0001$), diferenciando março de 2011 dos demais meses. Entretanto, não foram verificadas diferenças significativas para os valores de biovolume entre os tratamentos.

De acordo com as abordagens de Reynolds *et al.* (2002) e Padisák *et al.* (2006, 2009), ao longo do estudo foram identificados dois grupos funcionais (GF) fitoplanctônicos dos quais, um para clorofíceas (GF **F**) e um para cianobactérias (GF **K**).

A Análise de Correspondência Canônica (CCA), realizada com os dados de biovolume, apresentou escores significativos para os dois primeiros eixos ($p < 0,05$), de acordo com o Teste de Monte Carlo (Fig. 8a, b), indicando correlações significativas entre as variáveis ambientais e a comunidade fitoplanctônica. Estes dois eixos explicaram 31,1% da variabilidade total dos dados. O diagrama da CCA evidenciou diferenças na distribuição temporal das unidades amostrais e da biomassa fitoplanctônica, entretanto, diferenças espaciais significativas não foram observadas.

O primeiro eixo da CCA explicou 16,9% da variabilidade total dos dados e foi influenciado positivamente pela temperatura do ar (0,77), velocidade do vento (0,62), temperatura da água (0,49) e $Z_{eu}:Z_{max}$ (0,36). O segundo eixo da CCA explicou 14,2% da variabilidade total dos dados e foi influenciado negativamente pela precipitação pluviométrica (-0,98), oxigênio dissolvido (-0,62) e PSR (-0,35), e positivamente pela velocidade do vento (0,74) e temperatura da água (0,50).

No diagrama da CCA verifica-se a ocorrência exclusiva de alguns táxons nos meses de março e maio de 2011, e ainda, que eles estiveram separados dos demais meses de amostragens devido aos maiores e menores valores de biomassa, respectivamente. As cianobactérias *Aphanocapsa delicatissima*, *A. holsatica*, *Coelomorum* sp., *Chroococcus minutus* e *Merismopedia tenuissima* ocorreram exclusivamente em março. Além disso, o gênero *Aphanocapsa* foi o principal responsável pelos maiores valores de biomassa

observados neste mês. Colonial perifítica não identificada, *Cryptomonas* sp., *Monoraphidium contortum* e *Volvox aureus* ocorreram apenas em maio.

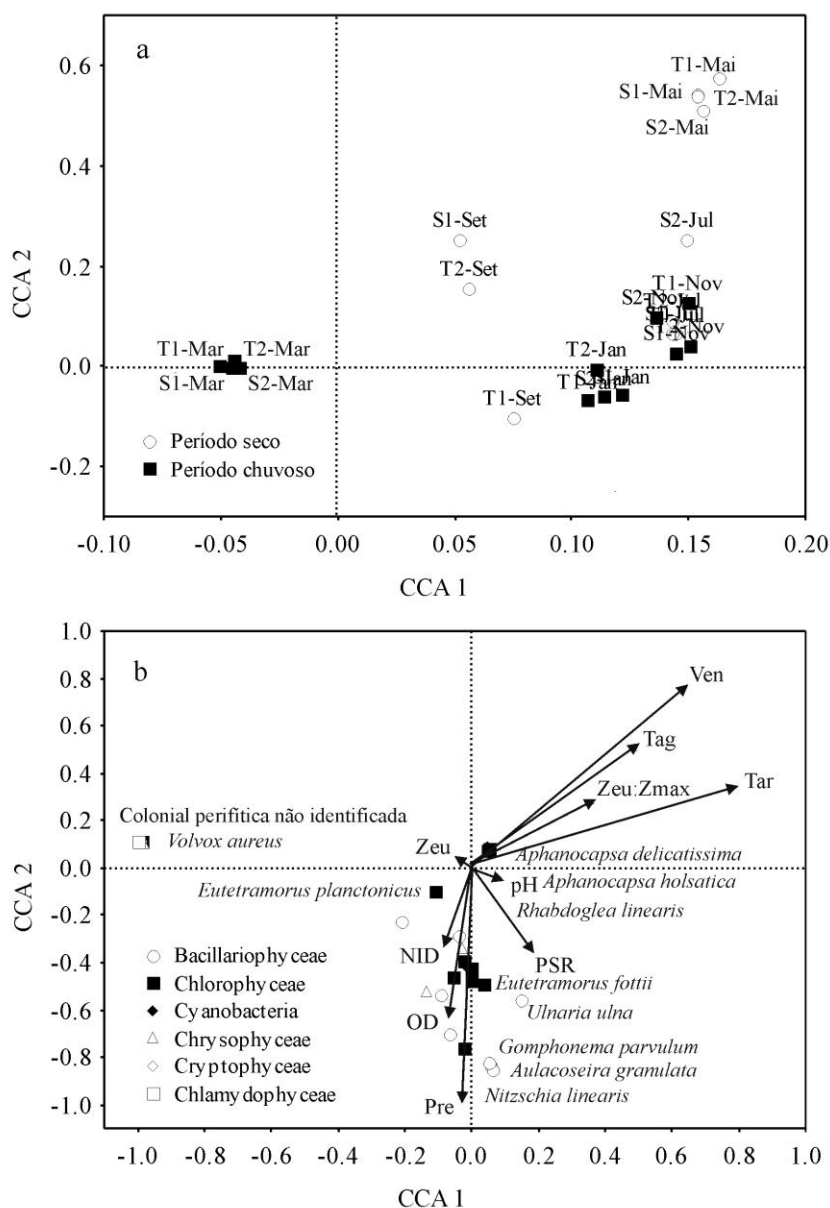


Figura 8. Dispersão dos escores dos locais por tempo de coleta e das variáveis abióticas e da biomassa fitoplanctônica ao longo dos dois primeiros eixos da CCA. Códigos disponíveis na Tabela 1.

4 Discussão

Os valores das variáveis abióticas apresentaram alterações apenas ao longo do tempo, conforme demonstrado pelas análises realizadas, com separação entre os períodos seco e chuvoso. Guo & Li (2003) ressaltam que a influência dos tanques-rede depende primariamente da intensidade do sistema de cultivo, área e profundidade do ambiente, e

tempo de residência da água. Neste estudo, verificou-se que o curto tempo de residência da água do reservatório (estimada em 32,5 dias), associado à baixa profundidade dos locais de amostragem e aos influxos dos dois rios a montante, parecem ter resultado em efeitos pouco significativos do cultivo sobre o ambiente avaliado.

Além da hidrodinâmica do ambiente, caracterizada por alta vazão, a dimensão do sistema de cultivo parece ter assumido relevância, uma vez que no presente estudo foram utilizados poucos tanques-rede. Apesar dos nutrientes não terem apresentado aumento significativo no braço influenciado pelo cultivo, outros estudos sobre os impactos da piscicultura demonstraram mudanças nas suas concentrações, como aqueles realizados por Guo e Li (2003) e Guo et al. (2009), que verificaram aumento do fósforo e nitrogênio proveniente de cultivo de peixes em tanques-rede em uma baía do lago Niushanhu (China).

Borges et al. (2010), em experimento com tilápias (*Oreochromis niloticus* L.) em tanques-rede, em um braço do reservatório de Rosana, observaram incremento na concentração de nitrogênio total e amônio após a instalação dos tanques-rede, e ainda constataram forte influência da hidrodinâmica do local sobre o sistema de cultivo.

De fato, a hidrodinâmica do ambiente associada à sazonalidade tem sido apontada por diversos autores (Diaz et al., 2001; Silva et al. 2005; Araripe et al., 2006; Alves e Baccarin, 2007; Nogueira et al. 2010) como um dos principais fatores para as alterações das variáveis abióticas. Assim, o cultivo de peixes pode causar a eutrofização do sistema, especialmente em ambientes com baixo tempo de renovação da água (Araripe et al., 2006).

Ambientes rasos e estreitos, como no caso dos dois braços estudados, associados aos influxos dos rios à montante e à operação do reservatório, apresentam reduzido tempo de retenção da água, conseqüentemente, a quantidade de nutrientes retidos pode ser pequena (Kennedy e Walker, 1990).

As variações sazonais e a hidrodinâmica dos dois braços também parecem ter sido os principais fatores estruturadores da comunidade fitoplanctônica. Os baixos valores de densidade e biomassa registrados para os dois braços do reservatório podem ser explicados pelo curto tempo de retenção da água, como verificado em outros reservatórios (Kimmel et al. 1990; Rodrigues et al. 2005; Train et al. 2005; Pivato et al. 2006; Borges et al. 2008; Teixeira de Oliveira et al. 2011).

Os maiores valores de densidade e biomassa fitoplanctônica verificados durante o período chuvoso, com pico em março de 2011, possivelmente foram favorecidos pela maior precipitação pluviométrica neste período, que aumentam a entrada de nutrientes alóctones (Borges et al. 2008). Silva et al. (2005) e Borges et al. (2008) também observaram aumento

na biomassa fitoplanctônica e nas concentrações de nutrientes durante o período chuvoso em outros reservatórios subtropicais brasileiros. No entanto, como não houve aumento significativo nas concentrações de nutrientes no braço com tanques-rede, o fitoplâncton não foi influenciado a ponto de apresentar variações espaciais.

Quanto às espécies abundantes e dominantes da comunidade fitoplanctônica, a partir dos valores de biomassa, verificou-se marcante sazonalidade para as quatro estações de amostragens. Durante o período chuvoso, os maiores valores de precipitação pluviométrica, temperatura e nutrientes favoreceram principalmente a dominância de táxons S-estrategistas de Chlorophyceae e Cyanobacteria. Em novembro de 2010 e janeiro de 2011 a clorófitica *Eutetramorus fottii* foi a espécie dominante, sendo substituída, em março de 2011, pela cianofítica *Aphanocapsa delicatissima*. Em corpos de água rasos, as clorófiticas e cianobactérias possuem ampla distribuição e vários autores têm apontado o favorecimento destes grupos em maiores concentrações de nutrientes e temperatura (Huszar *et al.* 2000; Komárek 2003; Sant'Anna *et al.* 2006; Kosten *et al.* 2012).

Sant'Anna *et al.* (2006) em estudo com pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo também verificaram predominância de *A. delicatissima* e *A. holsatica* durante o período seco e chuvoso. Para estes autores, a baixa profundidade dos ambientes, forte ação do vento e o curto tempo de residência da água podem favorecer o estabelecimento deste gênero.

Durante o período seco, os menores índices pluviométricos, menores temperaturas e maior disponibilidade de oxigênio dissolvido favoreceram principalmente o desenvolvimento de espécies R-estrategistas de Bacillariophyceae como *Aulacoseira granulata*, *A. pusilla*, *Navicula* sp. e *Thalassiosira rudis*. Tundisi (1990) e Pérez *et al.* (1999) sugerem que diatomáceas, principalmente táxons de *Aulacoseira*, são bastante comuns em reservatórios em episódios de elevada turbulência e curto tempo de retenção da água.

Os maiores valores de biomassa de Bacillariophyceae observados em julho de 2011 podem ser explicados principalmente devido à ocorrência de chuvas no dia anterior à amostragem, justificando a presença de gêneros tipicamente perifíticos como *Gomphonema* e *Eunotia*. Além disso, a baixa profundidade dos ambientes, permitindo que a luz alcance a superfície do sedimento, mantém boa circulação vertical, contribuindo para o sucesso de algas que dependem da luz e ainda facilita a ressuspensão das frústulas de diatomáceas (Moura *et al.* 2007; Tundisi 1990). Resultados semelhantes foram verificados por Silva *et al.* (2005), que verificaram que o reservatório de Salto Caxias foi representado por espécies R-estrategistas no inverno e S-estrategistas no verão.

Em relação aos grupos funcionais (GF), estes têm sido utilizados com êxito na caracterização ambiental, pois simplificam as longas listas taxonômicas para alguns grupos de espécies com características ecológicas semelhantes (Reynolds *et al.* 2002; Padisák *et al.* 2006, 2009). Neste estudo apenas dois grupos funcionais (GF F e GF K) fitoplanctônicos foram observados.

O GF F ocorreu em janeiro de 2011 e é caracterizado por clorofíceas coloniais. Estão relacionadas à ambientes com elevada transparência da coluna d'água, meso a eutróficos e com profunda zona de mistura (Reynolds *et al.* 2002; Padisák *et al.* 2006, 2009). No presente estudo, as quatro estações de amostragem foram classificadas como oligotróficas segundo os critérios de Vollenweider (1968). Entretanto, os elevados valores de transparência da água e zona eufótica provavelmente favorecem o desenvolvimento deste grupo.

O GF K, com ocorrência em março de 2011, compreende principalmente cianofíceas coloniais picoplanctônicas e sem vesículas de gás. Geralmente estão associadas a ambientes rasos e com elevada disponibilidade de nutrientes na coluna de água (Padisák *et al.* 2009). Apesar da condição oligotrófica observada nos dois braços do reservatório, sabe-se que a maior parte dos nutrientes pode permanecer incorporada as células fitoplanctônicas (Kosten *et al.* 2012). Além disso, estudos têm demonstrado que a disponibilidade de luz e temperaturas mais elevadas podem ser os principais fatores para o desenvolvimento de cianofíceas (Chu *et al.* 2007; Degefu *et al.* 2011; Kosten *et al.* 2012). Reynolds *et al.* (2002), afirmam ainda que, em períodos quentes e com elevada transparência da água, a biomassa fitoplanctônica pode ser representada principalmente pelo picoplâncton, devido a sua capacidade em permanecer mais tempo na coluna de água.

Cyanobacteria e Chlorophyceae foram os grupos que mais contribuíram para os valores totais de densidade e biomassa no presente estudo, em especial os táxons *Rhabdoglea linearis*, *Aphanocapsa delicatissima*, *A. holsatica* e *Eutetramorus fottii*. Embora ocorram variações, diversos estudos demonstraram que estes grupos foram as principais responsáveis pelos valores de densidade e biomassa em reservatórios tropicais e subtropicais (Borics *et al.* 2000; Kruk *et al.* 2002; Figueredo & Giani 2005; Moura *et al.* 2007; Dantas *et al.* 2008).

Diferentemente do observado neste estudo, Silva *et al.* (2005) verificaram que Bacillariophyceae e Cryptophyceae foram os grupos que apresentaram os maiores valores de densidade no reservatório de Salto Caxias, enquanto que para o biovolume Cyanobacteria e Bacillariophyceae foram as mais representativas. Borges *et al.* (2010) observaram que Cyanobacteria e Cryptophyceae foram os grupos que mais contribuíram para a densidade em experimento com tilápias em tanques-rede em um braço do reservatório de Rosana, Brasil.

Quanto às hipóteses testadas, não foi verificado aumento nas concentrações de nutrientes e estado trófico e não observou-se aumento da densidade e biomassa nos locais influenciados pelos tanques-rede, provavelmente devido ao pequeno número de tanques e peixes utilizados e a hidrodinâmica dos dois braços, com influências de fluxos de correnteza. Durante todo o período de estudo foram verificadas condições favoráveis para a piscicultura. Entretanto, este estudo demonstra riscos potenciais que o cultivo pode acarretar ao ecossistema aquático e, ainda, a ocorrência de cianobactérias com potencial toxigênico durante o experimento.

Verifica-se que ambientes com maior capacidade de diluição podem apresentar as melhores condições para instalação de tanques-rede em reservatórios. Mas, como os reservatórios são utilizados para múltiplas propostas, recomenda-se o monitoramento permanente dos parâmetros abióticos e biológicos para garantir a qualidade da água dos sistemas de cultivo.

5 Referências

- Agostinho, A.A., Pavanelli, C.S., Suzuki, H.I., Latini, J.D., Gomes, L.C., Hahn, N.S., Fugi, R. & Domingues, W.M. (2002) *Reservatório de Salto Caxias: bases ecológicas para o manejo* (relatório final). Maringá: UEM, Nupélia, Copel, 272p.
- Agostinho, A.A. & Gomes, L.C. (2007) O manejo da pesca em reservatórios da bacia do alto rio Paraná: avaliação e perspectivas. In: Nogueira, M.G., Henry, R. & Jorcin, A. (eds), *Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. RiMa, São Carlos, 329-347.
- Agostinho, A.A., Gomes, L.C. & Pelicice, F.M. (2007) *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. EDUEM, Maringá.
- Alves, R.C.P. & Baccarin, A.E. (2007) Efeito da produção de peixes em tanques-rede sobre sedimentação de material em suspensão e de nutrientes no córrego da Arribada (UHE Nova Avanhandava, baixo rio Tiête, SP). In: Nogueira, M.G., Henry, R. & Jorcin, A. (Eds.), *Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. RiMa, São Carlos: 329-347.
- American Public Health Association - APHA. (1995) *Standart methods for the examination of water and wasterwater*. Byrd Prepress Springfield, Washington.

- Araripe, M.N.B.A., Segundo, L.F.F., Lopes, J.B. & Araripe, H.G.A. (2006) Efeito do cultivo de peixes em tanques rede sobre o aporte de fósforo para o ambiente. *Revista Científica de Produção Animal* **8**(2), 56-65.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M. (2006) *Gêneros de Algas de Águas continentais do Brasil*: chave para identificação e descrições. RiMa, São Carlos, 502p.
- Borges, P.A.F., Train, S. & Rodrigues, L.C. (2008) Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical Brazilian reservoirs. *Hydrobiologia* **607**, 63-74.
- Borges, P.A.F., Train, S., Dias, J.D. & Bonecker, C.C. (2010) Effects of fish farming on plankton structure in a Brazilian tropical reservoir. *Hydrobiologia* **649**(1), 279-291.
- Borics, G., Grigorszky, I., Szabó, S. & Padisák, J. (2000) Phytoplankton associations in a small hypertrophic fishpond in East Hungary during a change from bottom-up to top-down control. *Hydrobiologia* **424**, 79-90.
- Chu, Z., Jin, X., Iwami, N. & Inamori, Y. (2007) The effect of temperature on growth characteristics and competitions of *Microcystis aeruginosa* and *Oscillatoria mougeotii* in a shallow, eutrophic lake simulator system. *Hydrobiologia* **581**, 217-223.
- Cole, G.A., 1994. *Text book of limnology*. Waveland Press Inc., Illinois.
- Comitê Brasileiro de Barragens. (2011) *Usina Hidrelétrica de Salto Caxias*. Disponível em: http://www.cbdb.org.br/site/bdados.asp?str_cod=264 (acesso em 17 de outubro 2011).
- Copel - Companhia Paranaense de Energia. (2011) *Usina José Richa*. Disponível em: <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F044b34faa7cc1143032570bd0059aa29%2F9bdc37f6b8c44b810325741200587db7> (acesso em 17 de outubro de 2011).
- Dantas, E.W., Moura, A.N., Bittencourt-Oliveira, M.C., Arruda Neto, J.D.T.A. & Cavalcanti, A.D.C. (2008) Temporal variation of the phytoplankton community at short sampling intervals in the Munduaú reservoir, Northeastern Brazil. *Acta Botanica Brasilica* **22**(4), 970-982.
- Deblois, C.P., Aranda-Rodriguez, R., Giani, A. & Bird, D.F. (2008) Microcystin accumulation in liver and muscle of tilapia in two large Brazilian hydroelectric reservoirs. *Toxicon* **51**, 435-448.
- Degefu, F., Mengitsu, S. & Scharger, M. (2011) Influence of fish cage farming on water quality and plankton in fish ponds: a case study in the Rift Valley and North Shoa reservoirs, Ethiopia. *Aquaculture* **316**, 129-135.

- Diaz, M.M., Temporetti, P.F. & Pedrozo, F.L. (2001) Response of phytoplankton to enrichment from cage fish farm waste in Alicura reservoir (Patagônia, Argentina). *Lakes & Reservoirs: Research and Management* **6**, 151-158.
- Feiden, A., Hayashi, C., Boscolo, W.R. & Reidel, A. (2006) Desenvolvimento de larvas de *Steindachneridion* sp. em diferentes condições de refúgio e luminosidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **41**(1), 133-137.
- Figueredo, C.C. & Giani, A. (2005) Ecological interactions between Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplankton community of the Furnas reservoir (Brazil). *Freshwater Biology* **50**, 1394-1403.
- Fonseca, B.M. & Bicudo C.E.M. (2011) Plankton seasonal and vertical variations in a tropical shallow reservoir with abundant macrophytes (Ninféias Pond, Brazil). *Hydrobiologia* **665**: 229-245.
- Guo, L. & Li, Z. (2003) Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. *Aquaculture* **226**, 201-2012.
- Guo, L., Li, Z., Xie, P. & Ni, L. (2009) Assessment effects of cage culture on nitrogen and phosphorus dynamics in relation to fallowing in a shallow lake in China. *Aquaculture International* **17**, 229-241.
- Huszar, V.L.M. Silva, L.H.S., Marinho, M., Domingos, P. & Sant'Anna, C.L. (2000) Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia* **424**, 67-77.
- Jackson, D.A. (1993). Stopping rules in the principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology* **74**, 2204-2214.
- Júlio Júnior, H.F., Thomaz, S.M., Agostinho, A.A. & Latini, J.D. (2005) Distribuição e caracterização dos reservatórios. In Rodrigues, L., Thomaz, S.M., Agostinho, A.A. e Gomes, L.C. *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. RiMa, São Carlos: 1-16.
- Kennedy, R.H. & Walker, W.W. (1990) Reservoir nutrient dynamics. In Thornton, K.W., Kimmel, B.L. & Payne, F.E. (Eds). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. John Wiley & Sons, Inc., Somerset, New Jersey, 109-131.
- Kimel, B.L., Lind, O.T. & Paulson, L.J. (1990) Reservoir primary production. In Thornton, K.W., Kimmel, B.L. & Payne, F.E. (Eds). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. John Wiley & Sons, Inc., Somerset, New Jersey, 133-194.

- Komárek, J. & Anagnostidis, K. (1989) Modern approach to the classification system of Cyanophytes 4 – Nostocales. *Algological Studies* **56**, 247-345.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. (1998) Cyanoprokaryota. 1. Teil Chroococcales. In Ettl, H., G. Gärtner, H. Heynig & D. Möllenhauer, D. (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer Verlag, Jena, 1-548.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. (2005) Cyanoprokaryota. 2. Teil Oscillatoriales. In Büdel, B., G. Gärtner, L. Krienitz & M. Schagerl, D. (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Elsevier GmbH, München, 1-759.
- Komárek, J. (2003) Coccoid and colonial Cyanobacteria. In Wehr, J.D. & Sheath R.G. (eds). *Freshwater algae of North America: ecology and classification*. Academic Press, USA, 59-116.
- Koroleff, K. (1976) Determination of ammonia. In Grasshoff, K. & Kremling, E. (eds). *Methods of Seawater analysis*. Verlag Chemie, Weinheim.
- Kosten, S., Huszar, V.L.M., Cares, E., Costa, L.S., Van Donk, E., Hansson, L., Jeppesen, E., Kruk, C., Lacerot, G., Mazzeo, N., Meester, L., Moss, B., Lürling, M., Nöges, T., Romo, S. & Scheffer, M. (2012) Warmer climates boost cyanobacterial dominance in shallow lakes. *Global Change Biology* **18**, 118-126.
- Kruk, C., Mazzeo, N., Lacerot, G. & Reynolds, C.S. (2002) Classifications schemes for phytoplankton: a local validation of a functional approach to the analysis of species temporal replacement. *Journal of Plankton Research* **24**(9), 901-912.
- Lachi, G.B. & Sipaúba-Tavares, L.H. (2008) Qualidade da água e composição fitoplanctônica de um viveiro de piscicultura utilizado para fins de pesca esportiva e irrigação. *Boletim do Instituto de Pesca* **34**(1), 29-38.
- Lima, J.F, Alves, L.R., Karpinski, C., Piacenti, C.A. & Piffer, M. (2005) A região de Salto Caxias no Sudoeste paranaense: elementos para uma política de desenvolvimento econômico microrregional. *Revista Paranaense de Desenvolvimento* **108**, 87-111.
- Lobo, E. & Leighton, G. (1986) Estructuras comunitárias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Revista de Biología Marinha* **22**(1), 1-29.
- Maak, R. (1981) *Geografia física do Estado do Paraná*. José Olympio, Rio de Janeiro, 450p.
- Mackereth, J.F.H., Heron, J. & Talling, J.F. 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. *Freshwater Biological Association* **36**. 121 p.
- Margalef, R. (1983) *Limnologia*. Omega, Barcelona, 1010 p.

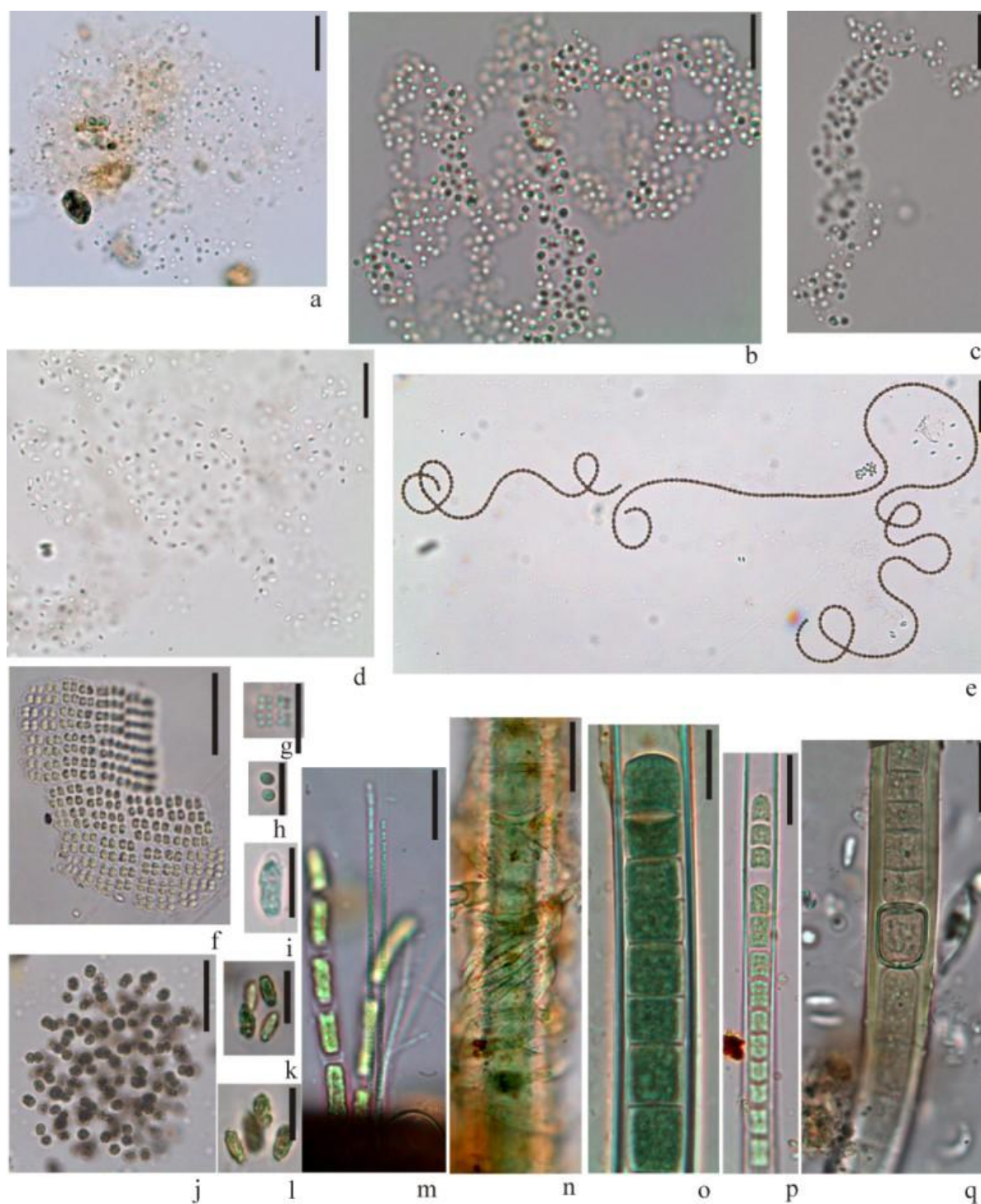
- McCune, B. & Mefford, M.J. (1999) *PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, version 4.0*. MjM Software Design, Gleneden Blach, Oregon.
- Moura, A.N., Bittencourt-Oliveira, M.C., Dantas, E.W. & Neto, J.D.T.A. (2007) Phytoplanktonic associations: a tool to understanding dominance events in a tropical Brazilian reservoir. *Acta Botanica Brasilica* **21**(3), 641-648.
- Nogueira, M.G. & Matsumura-Tundisi, T. (1996) Limnologia de um sistema artificial raso (represa do Monjolinho – São Carlos, SP). Dinâmica das populações planctônicas. *Acta Limnologica Brasiliensia* **8**, 149-168.
- Nogueira, M.G., Ferrareze, M., Moreira, M.L. & Gouvêa, R.M. (2010) Phytoplankton assemblages in a reservoir cascade of a large tropical-subtropical river (SE, Brazil). *Brazilian Journal of Biology* **70**(3), 781-793.
- Padisák, J., Borics, G., Grigorszky, I. & Soróczki-Pintér, É. (2006) Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within water framework directive: the assemblage index. *Hydrobiologia* **553**, 1-14.
- Padisák, J., Crossetti, L.O. & Naselli-Flores, L. (2009) Use and minuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical rewiew with updates. *Hydrobiologia* **621**, 1-19.
- Pérez, M.C., Bonilla, S. & Martínez, G. (1999) Phytoplankton community of a polymictic reservoir, La Plata River basin, Uruguay. *Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology* **59**(4), 535-541.
- Pivato, B.M., Train, S. & Rodrigues, L. (2006) Dinâmica nictemeral das assembléias fitoplactônicas em um reservatóriotropical (reservatório Corumbá, Estado de Goiás, Brasil), em dois períodos do ciclo hidrológico. *Acta Scientiarum Biological Sciences* **28**(1), 19-29.
- Reynolds, C.S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L. & Melo, S. (2002) Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* **24**(5), 417-428.
- Ribeiro, L.H.L., Brandimarte, A.L. & Kishi, R.T. (2005) Formation of the Salto Caxias Reservoir (PR) – an approach on the eutrophication process. *Acta Limnologia Brasiliensia* **17**(2), 155-165.
- Rodrigues, L.C., Train, S., Pivato, B.M., Bovo, V.M., Borges, P.A.F. & JATI, S. (2005) Assembléias fitoplanctônicas de trinta reservatórios do estado do Paraná. In Rodrigues, L., Thomaz, S.M., Agostinho, A.A. & Gomes, L.C. *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. RiMa, São Carlos: 57-72.

- Round, F.E. (1965) *The biology of the algae*. Edward Arnold (publishers) Ltda, London.
- Round, F.E. (1971) The taxonomy of the Chlorophyta, 2. *British Phycological Journal* **6**, 235-264.
- Sant'anna, C.L., Gentil, R.C. & Silva, D. (2006) Comunidade fitoplanctônica de pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo. In: Esteves, K.E. & Sant'Anna, C.L. (orgs.). *Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo: um estudo da Região Metropolitana de São Paulo*. São Carlos: RiMa, 49-62.
- Sema - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. (2010) *Bacias hidrográficas do Paraná: série histórica*. Curitiba, Paraná. 140p.
- Silva, C.A., Train, S. & Rodrigues, L.C. (2005) Phytoplankton assemblages in a Brazilian subtropical cascading reservoir system. *Hydrobiologia* **537**, 99-109.
- Statsoft Inc. (2005) *Statistica (data analysis software system) version 7.1*. www.statsoft.inc.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. (1972) *A practical handbook of sea water analysis*. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 310p.
- Sun, J. & Liu, D. (2003) Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of Plankton Research* **25**, 1331-1346.
- Teixeira de Oliveira, M., Rocha, O. & Peret, A.C. (2011) Structure of phytoplankton community in the Cachoeira Dourada reservoir (GO/MG), Brazil. *Brazilian Journal of Biology* **71**(3), 587-600.
- Ter Braak, C.J.T. (1986) *Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis*. Ecology **67**, 1167-1179.
- Train, S., Jati, S., Rodrigues, L.C. & Pivato, B.M. (2005) Distribuição espacial e temporal do fitoplâncton em três reservatórios da bacia do rio Paraná. In Rodrigues, L., Thomaz, S.M., Agostinho, A.A. e Gomes, L.C. *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. RiMa, São Carlos: 73-85.
- Tundisi, J.G. (1990) Distribuição espacial, sequência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Revista Brasileira de Biologia* **50**(4), 937-955.
- Urbinati, E.C. & Gonçalves, F.D. (2005) Jundiá (*Rhamdia quelen*). In Baldisseroto, B. & Gomes, L.C. *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. Santa Maria: Editora UFSM, 470p.
- Utermöhl, H. (1958) Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodic. Stuttgart. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* **9**, 1-38.

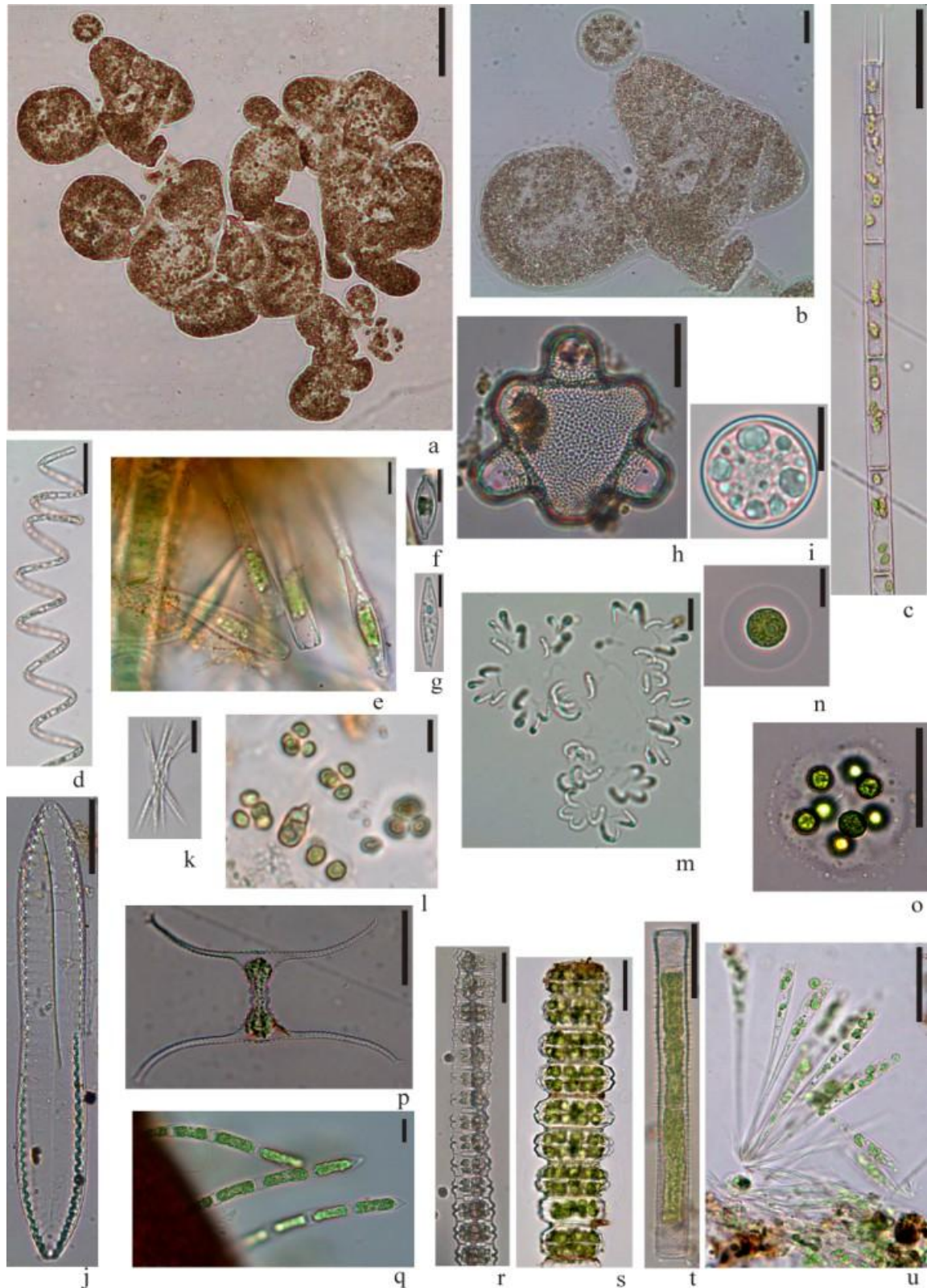
Vollenveider, R.A. (1968) Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing water, with particular reference to phosphorus and nitrogen as factors in eutrophication. *Tech. Report*. OECD Paris, DAS/CSI/58-27, 1-159.

ANEXO I

Imagens de alguns táxons registrados nos dois braços do reservatório de Salto Caxias



Prancha 1: a. *Aphanocapsa delicatissima*. b-c. *A. holsatica*. d. *Cyanodiction iac*. e. *Dolichospermum circinalis*. f. *Merismopedia convoluta*. g. *M. tenuissima*. h. *Chroococcus minutus*. i. *Synechococcus* sp. j. *Radiocystis fernandoi*. k-l. *Rhabdoglea linearis*. m. *Heteroleibleinia* sp. n. *Leibleinia epiphytica*. o. *Phormidium* sp. p. *Phormidium* sp 1. q. *Scytonema* sp. Barras: 10 µm (exceto figura 1e: 50 µm).



Prancha 2: a-b. *Microcystis wesenbergii*. c. *Aulacoseira granulata*. d. *A. ambigua* var. *ambigua* f. *spiralis*. e. *Gomphonema hawaiiense*. f. *G. parvulum*. g. *Navicula* sp. h. *Hydrosera whampoensis*. i. *Thalassiosira rudis*. j. *Surirella linearis* var. *constricta*. k. *Ankistrodesmus bernardii*. l. Radiococcaceae não identificada. m. *Kirchneriella rosolata*. n. *Planktosphaeria gelatinosa*. o. *Eutetramorus fottii*. p. *Staurostrum leptocladum*. q. *Ulothrix tenerrima*. r. *Desmidium aptogonum*. s. *D. grevillii*. t. *Gonatozygom pilosum*. u. Colonial perfitica não identificada. Barras: 10 μ m (exceto figura 2a: 50 μ m).

ANEXO II

Normas do periódico *Brazilian Journal of Biology* (Capítulo 1)

Instructions for Preparation of Manuscripts

Three copies of the manuscript should be submitted. They should be typewritten, neat, and free of errors or with clear handwritten corrections. They should be double-spaced, source: Time New Roman, size 12 with a margin of 3 cm and 2 cm left to right, justified alignment and typed on one side of A4 paper (white and of good quality).

The contents of the manuscript should be organized in the following sequence on the front page: Title, Name(s) of author(s), Institution with address, Number of figures, and Running title. The second page must contain: Abstract with Keywords (maximum, 5) and the Resumo in Portuguese with Palavras-chave (5). The items on subsequent pages are: Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, and Acknowledgments. References should be listed, starting on a separate page, after the conclusion of the manuscript. The paper should be as free as possible of footnotes.

The following information should accompany all species cited in the article:

- for zoology, the author's name and the publication date of the original description should be given the first time the species is cited in the work;
- for botany and ecology, only the name of the author who made the description should be given the first time the species is cited in the work.

Manuscripts can be submitted on-line to the following address: bjb@bjb.com.br

Tables and Figures

Tables should be numbered by Arabic numerals; descriptive legend should appear at the top. Figures should be numbered in the preceding way. Figure captions should be grouped on a separate sheet of paper. Do not type captions on the figures themselves.

Tables and Figures must be presented individually on separate sheets of white paper.

Original figures should be submitted on good quality paper with drawings in black ink and clear lettering, designed as to remain readable after reduction, on scales and graphs. References in the text to figures and tables should be indicated as in these two examples: (see Figure 1) or (as shown in Table 2). Photo- and electron micrographs should have scales.

Color photographs will not be accepted, unless the author agrees to pay for additional cost.

Units, Symbols, and Abbreviations

Only standard international units are acceptable. Authors are urged to comply with the rules for biological nomenclature.

References

1. Citation in the text: Use the name and year system: Reis (1980); (Reis, 1980); (Zaluar and Rocha, 2000). for more than two authors use et al.

2. Citations from the list of references in line with ISO 690/1987.

All references cited in the text should be listed alphabetically according to the first authors. References should start on a separate sheet.

Examples:

LOMINADZE, DG., 1981. Cyclotron waves in plasma. 2nd ed. Oxford: Pergamon Press. 206 p. International series in natural philosophy, no. 3.

WRIGLEY, EA., 1968. Parish registers and the historian. In STEEL, DJ. National index of parish registers. London: Society of Genealogists. p. 15-167.

CYRINO, JEP. and MULVANEY, DR., 1999. Mitogenic activity of fetal bovine serum, fish fry extract, insulin-like growth factor-I, and fibroblast growth factor on brown bullhead catfish cells - BB line. *Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology*, vol. 59, no. 3, p. 517-525.

LIMA, PRS., 2004. Dinâmica populacional da Serra Scomberomorus brasiliensis (Osteichthyes; Scombridae), no litoral ocidental do Maranhã-Brasil. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco. 45 p. Dissertação de Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura.

WU, RSS., SHANG, EWV. and ZHOU, BS., 2006. Endocrine disrupting and teratogenic effects of hypoxia on fish, and their ecological implications. In *Proceedings of the Eighth International Symposium on Fish Physiology, Toxicology and Water Quality*, 2005. Georgia, USA: EPA. p. 75-86.

Final Recommendations

Papers should not exceed 25 typewritten pages including figures, tables, and references. Figures and Tables should be kept to the minimum necessary, and have a maximum of 30 cm in height by 25 cm in width. Each table or figure should appear on a separate sheet. Before sending a manuscript to the Brazilian Journal of Biology®, proofread the final version very thoroughly and correct any remaining errors.

Notes and Comments should not exceed 4 typewritten pages including figures, tables, and references.

Normas do periódico *Aquaculture Research* (Capítulo 2)

5 Manuscript Format and Structure

5.1. Format

All sections of the typescript should be on one side of A4 paper, double-spaced and with 30mm margins. A font size of 12pt should be used. Line numbering should be included, with numbering to continue from the first line to the end of the text (reference list). Line numbers should be continuous throughout the manuscript and NOT start over on each page.

Articles are accepted for publication only at the discretion of the Editors. Authors will be notified when a decision on their paper is reached.

Language: The language of publication is English. Authors for whom English is a second language must have their manuscript professionally edited by an English speaking person before submission to make sure the English is of high quality. It is preferred that manuscripts are professionally edited. A list of independent suppliers of editing services can be found at http://authorservices.wiley.com/bauthor/english_language.asp. Japanese authors can also find a list of local English improvement services at <http://www.wiley.co.jp/journals/editcontribute.html>. All services are paid for and arranged by the author, and use of one of these services does not guarantee acceptance or preference for publication. Manuscripts in which poor English makes it difficult or impossible to review will be returned to authors without review.

Units and spelling: Systeme International (SI) units should be used. The salinity of sea water should be given as gL^{-1} . Use the form gmL^{-1} not g/ml . Avoid the use of g per 100 g, for example in food composition, use g kg^{-1} . If other units are used, these should be defined on first appearance in terms of SI units, e.g. mmHg. Spelling should conform to that used in the

Concise Oxford Dictionary published by Oxford University Press. Abbreviations of chemical and other names should be defined when first mentioned in the text unless they are commonly used and internationally known and accepted.

Scientific Names and Statistics: Complete scientific names, including the authority with correct taxonomic disposition, should be given when organisms are first mentioned in the text and in tables, figures and key words together with authorities in brackets, e.g. 'rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)' but 'Atlantic salmon *Salmo salar* L.' without brackets. For further information see American Fisheries Society Special Publication No. 20, A List of Common and Scientific Names of Fishes from the United States and Canada.

Carry out and describe all appropriate statistical analyses.

5.2. Structure

A manuscript (original article) should consist of the following sections:

Title page:

This should include:

- the full title of the paper
- the full names of all the authors
- the name(s) and address(es) of the institution(s) at which the work was carried out (the present address of the authors, if different from the above, should appear in a footnote)
- the name, address, telephone and fax numbers, and e-mail address of the author to whom all correspondence and proofs should be sent
- a suggested running title of not more than 50 characters, including spaces
- four to six keywords for indexing purposes

Main text:

Generally, all papers should be divided into the following sections and appear in the order: (1) Abstract or Summary, not exceeding 150-200 words, (2) Introduction, (3) Materials and Methods, (4) Results, (5) Discussion, (6) Acknowledgments, (7) References, (8) Figure legends, (9) Tables, (10) Figures.

The Results and Discussion sections may be combined and may contain subheadings. The Materials and Methods section should be sufficiently detailed to enable the experiments to be reproduced. Trade names should be capitalized and the manufacturer's name and location (town, state/county, country) included.

All pages must be numbered consecutively from the title page, and include the acknowledgments, references and figure legends, which should be submitted on separate sheets following the main text. The preferred position of tables and figures in the text should be indicated in the left-hand margin.

5.3. References (Harvard style)

References should be cited in the text by author and date, e.g. Lie & Hire (1990). Joint authors should be referred to in full at the first mention and thereafter by et al. if there are more than two, e.g. Lie et al. (1990).

More than one paper from the same author(s) in the same year must be identified by the letters a, b, c, etc. placed after the year of publication. Listings of references in the text should be chronological. At the end of the paper, references should be listed alphabetically according to the first named author. The full titles of papers, chapters and books should be given, with the first and last page numbers. For example:

Chapman D.W. (1971) Production. In: Methods of the Assessment of Fish Production in Freshwater (ed. by W.S. Ricker), pp. 199-214. Blackwell Scientific Publications Ltd, Oxford.

Utting, S.D. (1986) A preliminary study on growth of *Crassostrea gigas* larvae and spat in relation to dietary protein. *Aquaculture* 56, 123-128.

Authors are responsible for the accuracy of their references. References should only be cited as 'in press' if they have been accepted for publication. Manuscripts in preparation, unpublished reports and reports not readily available should not be cited. Personal communications should be cited as such in the text.

It is the authors' responsibility to obtain permission from colleagues to include their work as a personal communication. A letter of permission should accompany the manuscript.

The Editor and Publisher recommend that citation of online published papers and other material should be done via a DOI (digital object identifier), which all reputable online published material should have - see www.doi.org/ for more information. If an author cites anything which does not have a DOI they run the risk of the cited material not being traceable.

5.4. Tables, Figures and Figure Legends

Tables: Tables should be self-explanatory and include only essential data. Each table must be typewritten on a separate sheet and should be numbered consecutively with Arabic numerals, e.g. Table 1, and given a short caption. No vertical rules should be used. Units should appear in parentheses in the column headings and not in the body of the table. All abbreviations should be defined in a footnote.

Figures: Illustrations should be referred to in the text as figures using Arabic numbers, e.g. Fig.1, Fig.2 etc. in order of appearance.

Photographs and photomicrographs should be unmounted glossy prints and should not be retouched. Labelling, including scale bars if necessary, should be clearly indicated. Magnifications should be included in the legend.

Line drawings should be on separate sheets of paper; lettering should be on an overlay or photocopy and should be no less than 4 mm high for a 50% reduction. Please note, each figure should have a separate legend; these should be grouped on a separate page at the end of the manuscript. All symbols and abbreviations should be clearly explained.

Avoid using tints if possible; if they are essential to the understanding of the figure, try to make them coarse.

Preparation of Electronic Figures for Publication: Although low quality images are adequate for review purposes, print publication requires high quality images to prevent the final product being blurred or fuzzy. Submit EPS (line art) or TIFF (halftone/photographs) files only. MS PowerPoint and Word Graphics are unsuitable for printed pictures. Do not use pixel-oriented programmes. Scans (TIFF only) should have a resolution of at least 300 dpi (halftone) or 600 to 1200 dpi (line drawings) in relation to the reproduction size (see below). Please submit the data for figures in black and white or submit a Colour Work Agreement Form (see Colour Charges below). EPS files should be saved with fonts embedded (and with a TIFF preview if possible).

For scanned images, the scanning resolution (at final image size) should be as follows to ensure good reproduction: line art: >600 dpi; halftones (including gel photographs): >300 dpi; figures containing both halftone and line images: >600 dpi.