

EDNA FERREIRA ROSINI

**RESPOSTAS DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA À
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE PISCICULTURA EM
TANQUES-REDE NO PARQUE AQUÍCOLA DO RIO
PONTE PENSA, RESERVATÓRIO DE ILHA SOLTEIRA,
SP, BRASIL**

Tese apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de DOUTOR em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Avasculares e Fungos em Análise Ambientais.

**SÃO PAULO
2015**

EDNA FERREIRA ROSINI

**RESPOSTAS DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA À
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE PISCICULTURA EM
TANQUE-REDE NO PARQUE AQUÍCOLA DO RIO
PONTE PENSA, RESERVATÓRIO DE ILHA SOLTEIRA,
SP, BRASIL**

Tese apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de DOUTOR em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Avasculares e Fungos em Análise Ambientais.

ORIENTADORA: DRA. ANDRÉA TUCCI

Ficha Catalográfica elaborada pelo **NÚCLEO DE BIBLIOTECA E MEMÓRIA**

Rosini, Edna Ferreira

R821r Respostas da comunidade fitoplanctônica à implantação de sistema de piscicultura em tanques-rede no parque aquícola do rio Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira, SP, Brasil / Edna Ferreira Rosini -- São Paulo, 2015.

187 p. il.

Tese (Doutorado) -- Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2015

Bibliografia.

1. Algas. 2. Cianobactérias. 3. Tanques-rede. I. Título

CDU: 582.26

Essa felicidade que supomos,
Árvore milagrosa, que sonhamos
Toda arreada de dourados pomos,
Existe, sim: mas nós não alcançamos
Porque está sempre apenas onde a pomos
E nunca a pomos onde nós estamos.

(Vicente de Carvalho)

*Dedico ao meu querido esposo Sandro
e aos meus filhos, Sandrinho e Laura,
amores da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

À Dra. Andréa Tucci, dificuldade tão grande quanto à de escrever esta tese foi a de encontrar palavras que expressassem minha gratidão, creio não tê-las encontrado. Tão simplesmente só consigo dizer obrigada! Obrigada pela orientação neste trabalho, pela sua amizade, pela compreensão de minhas limitações, pelo seu empenho e dedicação que foram fundamentais para a realização desse trabalho. Serei eternamente grata!

Às pesquisadoras da Seção de Ficologia: Dra. Célia Leite Sant’Anna, Dra. Luciana Retz de Carvalho, Dra. Diclá Pupo Santos, Dra. Mutue Toyota Fujii, Dra. Nair Sumie Yokoya, e Dra. Silvia Maria Pitta B. Guimarães, pelas horas de alegria e descontração durante o almoço e pelo convívio, sempre harmonioso, durante todos estes anos.

Aos pesquisadores, Dra. Denise de campos Bicudo, Maria do Carmo Carvalho e Maria Teresa de Paiva e Azevedo pela valiosa contribuição durante o exame de qualificação.

Aos funcionários da "Seção de Ficologia": Neide Pozo Rios de Souza, Neuzete Martins Oliveira (“New”), Elizete Mitico Mitsugui (“Eli”) e Valdilene Maria dos Santos (“Val”) pela prontidão em seus serviços, mas, principalmente pelo carinho e amizade.

Ao Dr. Clovis Ferreira do Carmo, Dr. Nilton Eduardo Torres Rojas, Dra. Helenice Pereira de Barros, Pedro Guilherme Panin Candeira e a Dra. Margarete Mallasen (*in memoriam*) pela colaboração na execução do projeto maior no qual meu trabalho esta inserido, pela atenção e cuidados, desde a coleta das amostras até as análises limnológicas e disponibilização dos dados e, em especial, à Dra. Margarete Mallasen (*in memoriam*), que passou tão rápido pela minha vida, mas deixou preciosos ensinamentos de vida profissional e pessoal.

Á teacher Emília Mercaldi, pelas correções do abstract, pelo aprendizado e dedicação ao ensino do inglês.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente e aos professores das disciplinas cursadas no Instituto de Botânica pelos preciosos ensinamentos científicos.

Á Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado.

A piscicultura Geneseas pelo apoio logístico na realização do trabalho e aos funcionários da piscicultura Geneseas, por serem sempre prestativos e atenciosos durante as expedições de coletas.

Aos queridos “irmãos científicos” Raquel Ieda Lopes, João Osti, Camila Rosal, Denise Amazonas, Natali Reis, Gisele Adame, Andreinha Samapaio e Thais e aos também queridos, tão chegados quanto os “irmãos”, Fernanda Rios, Camila Malone, Kleber Renam, Watson Arantes,

Guilherme Hentschke e Daniella da Silva, por toda amizade, convívio harmonioso e feliz e pela preciosa ajuda na realização deste trabalho. Obrigada queridos, vou guardá-los em meu coração!

Aos colegas de trabalho Ana Livia Negrão, Levi Pompmayer, Cecília Hissami, Luanda Soares, Angélica Garcia, Julyana, Jonatas Martinez Canuto, Jonathan Bento, Mayra Jamas, César Pasqualetti, Geane Conserva, Jenifer Peixoto, Daniela Milstein, Ingrid Silva e Martinha por, ainda que poucos instantes alegrarem meu dia com palavras de apoio, simples descontração ou ainda, somente com a presença serena que só aqueles que amam a paz podem ter.

Ao Leandro Ambrósio pela ajuda na confecção das lâminas de Diatomaceae e pelo auxílio na identificação e principalmente pela amizade.

Á Hilda Palacio pela sua grande amizade, alegria, bom humor e pelas preciosas contribuições na elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, pela dedicação e amor e por me ensinarem a caminhar no caminho que devo andar.

Ao meu querido esposo Sandro, pelo amor e compreensão que foram fundamentais para realização deste trabalho e aos meus amados filhos, Sandrinho e Laura, meu maior tesouro.

Á minha grande e querida família “Silva Ferreira e Barros Rosini” sei que oraram por mim, torceram por mim e me apoiaram incondicionalmente.

Aos queridos irmãos e amigos da comunidade “Palavra e vida” pelas orações, pelo incentivo e pela sempre confiança no propósito de Deus para nossas vidas.

E finalmente, mas principalmente, ao “Deus da minha vida”, pela doce presença e pela paz que excede todo entendimento que guardou minha mente e meu coração em Cristo Jesus durante essa árdua caminhada. Obrigada meu Deus, sem ti eu não teria conseguido.

SUMÁRIO

Introdução Geral, Área de Estudo e Delineamento Amostral.....	1
Introdução Geral	1
Estado da Arte	6
Hipóteses	11
Objetivos	12
Área de estudo.....	13
Delineamento amostral.....	22
Literatura Citada	24
CAPÍTULO I - Influência da tilapicultura em tanques-redes na qualidade da água do parque aquícola Ponte Pensa, Reservatório Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.....	36
Resumo	37
Abstract	38
Introdução	39
Material e Métodos	40
Resultados	42
Discussão	53
Conclusões	59
Literatura citada	60
CAPÍTULO II - Influência da tilapicultura em tanques-redes na dinâmica temporal e espacial do fitoplâncton no reservatório de Ilha Solteira (Parque aquícola Ponte Pensa, São Paulo, Brasil.....	65
Resumo	66
Abstract	67
Introdução	68
Material e Métodos	69
Resultados	73
Discussão	96
Conclusões	102
Literatura citada	103
CAPÍTULO III - Fitoplâncton do Parque Aquícola Ponte Pensa, Reservatório de Ilha Solteira, SP: composição e riqueza taxonômica.....	112
Resumo	113
Abstract	114
Introdução	115
Material e Métodos	116
Resultados e Discussão	118
Considerações finais	179
Literatura citada	180
Conclusão geral.....	187

LISTA DE TABELAS

INTRODUÇÃO GERAL, ÁREA DE ESTUDO E DELINEAMENTO AMOSTRAL

Tabela 1. Distribuição da Vegetação Natural na área de influência (9.949.631 ha) do reservatório de Ilha Solteira, Fonte: Pereira (2006).....	16
Tabela 2. Distribuição do uso do solo na área de influência (9.949.631 ha) do reservatório de Ilha Solteira (Pereira 2006).....	17
Tabela 3. Informações morfométricos e hidrodinâmicos da área do Parque aquícola ponte Pensa, no reservatório de Ilha Solteira (David & Carvalho 2013, David <i>et al.</i> 2015).....	19

CAPÍTULO I

Tabela 1. Síntese dos resultados da PCA realizada a partir de oito variáveis limnológicas. Coeficientes de correlação de Pearson entre as oito variáveis físicas e químicas da água e os dois primeiros eixos da ordenação (N= 216).....	51
---	----

CAPÍTULO II

Tabela 1. Formas geométricas utilizadas no cálculo do bivolúme de táxons fitoplanctônicos da área do parque aquícola Ponte Pensa no reservatório de Ilha Solteira.	71
Tabela 2. Lista de táxons e suas respectivas características morfométricas.....	73
Tabela 3. Táxons classificados como abundantes na comunidade fitoplanctônica, a partir da densidade (DE) e do bivolúme (BV) (n = 216).....	83
Tabela 4. Espécies descritoras da comunidade com base na porcentagem de contribuição em densidade e biovólume. Densidade total (DT) e Biovólume total (BV)...	84
Tabela 5. Síntese dos resultados da Análise de Correspondência Canônica (ACC) realizada a partir das sete espécies descritoras do sistema e sete variáveis ambientais. (N= 216).....	91
Tabela 6. Coeficientes canônicos e correlações “intra-set” das sete variáveis ambientais com os eixos 1 e 2 da ACC, realizada com as sete espécies descritoras do sistema. (N = 216).....	91
Tabela 7. Coeficientes de correlação de Pearson entre as sete espécies descritoras do sistema e as variáveis ambientais e os dois primeiros eixos da ordenação (N= 216).....	91
Tabela 8. Síntese dos resultados da Análise de Correspondência Canônica (ACC) realizada a partir das dez espécies descritoras do sistema e sete variáveis ambientais. (N= 216).....	93
Tabela 9. Coeficientes canônicos e correlações “intra-set” das sete variáveis ambientais com os eixos 1 e 2 da ACC, realizada com as dez espécies descritoras do sistema. (N = 216).....	94
Tabela 10. Coeficientes de correlação de Pearson entre as dez espécies descritoras do sistema e as variáveis ambientais e os dois primeiros eixos da ordenação (N= 216).....	94

CAPÍTULO III

Tabela 1. Lista dos táxons registrados durante o período de estudo e suas respectivas classes taxonômicas (* táxons descritos e ilustrados).....	118
---	-----

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL, ÁREA DE ESTUDO E DELINEAMENTO AMOSTRAL

- Figura 1.** Área da piscicultura Geneseas (20°16,452'S e 50° 58,812' O) delimitada pela linha escura e o posicionamento das estações de coleta E1, E2 e E3; área do braço Ponte Pensa delimitada pela linha clara (modificado de Mallasen *et al.* 2012)..... 13
- Figura 2.** Localização do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira. Fonte: Hernández (2014)..... 14
- Figura 3.** Foto aérea da região localizada na margem esquerda do reservatório, ilustrando a ocorrência de floresta Estacional Semidecídua, ausência de mata ciliar e intensa atividade agrícola na área de influência do reservatório. Fonte: Pereira (2006)... 17
- Figura 4.** Foto aérea da margem esquerda do reservatório de Ilha Solteira, ilustrando solo exposto para agropecuária ou outros usos. Fonte: Pereira (2006)..... 18
- Figura 5.** Área do braço Ponte Pensa, delimitada em amarelo. Fonte: <http://200.145.243.69/parqueaquicola/index.php>. Acesso em: 22 setembro 2014)..... 19
- Figura 6.** Produção de alevinos na estação de piscicultura de Promissão/SP. Fonte: <http://geneseas.com.br/novo/sobre/galeria/alevinagem/>..... 20
- Figura 7.** Fazenda de engorda da piscicultura Geneseas em Santa Fé do Sul/SP arraçoamento (A) e vista aérea da fazenda de engorda (B). Fonte: http://geneseas.com.br/novo/wp-content/gallery/fazendas-de-engorda/geneseas_2307_web.jpg..... 20
- Figura 8.** Beneficiamento do pescado na empresa Geneseas Aquacultura. Fonte: <http://geneseas.com.br/novo/sobre/galeria/industria/>..... 21
- Figura 9.** Vendas, armazenagem e distribuição do pescado da empresa Geneseas Aquacultura. Fonte: <http://geneseas.com.br/novo/sobre/cadeia-produtiva/vendas-armazenagem-e-distribuicao>..... 21
- Figura 10.** Imagem da estrutura de um dos módulos de oito tanques-rede de grande volume utilizados na fazenda de engorda da piscicultura Geneseas Aquacultura. Fonte: Edna F.Rosini (2012)..... 22

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Variação média mensal da temperatura do ar (°C) e da precipitação pluviométrica (mm) para a região de Santa Fé do Sul/SP durante o período de estudo (Fonte: Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIAGRO) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo). (Barras: precipitação; linha: temperatura)..... 42
- Figura 2.** Variação mensal da temperatura da água (°C), obtida no momento da coleta, na superfície, 2 m e 4 m, nas três estações de amostragem durante o período de estudo (E1: Estação 1, Estação 2: E2 e Estação 3: E3)..... 43
- Figura 3.** Variação mensal da transparência da água (m) e da zona eufótica (m) nas três estações de amostragem durante o período de estudo..... 44
- Figura 4.** Variação mensal do oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) nas três profundidades analisadas e nas três estações de amostragem durante o período de estudo (E1: Estação 1, E2: Estação 2 e E3: Estação 3)..... 45

Figura 5. Variação mensal dos valores de pH nas três profundidades analisadas e nas três estações de amostragem durante o período de estudo (E1: Estação 1, E2: Estação 2 e E3: Estação 3).....	46
Figura 6. Variação mensal dos valores da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) nas três estações de amostragem durante o período de estudo (E1: Estação 1, E2: Estação 2 e E3: Estação 3).....	47
Figura 7. Variação mensal da concentração do nitrogênio amoniacal ($\mu\text{g L}^{-1}$) nas três profundidades analisadas e nas três estações de amostragem durante o período de estudo (E1: Estação 1, E2: Estação 2 e E3: Estação 3).....	48
Figura 8. Variação mensal da concentração de nitrogênio total (NT) ($\mu\text{g L}^{-1}$) nas três profundidades analisadas e nas três estações de amostragem durante o período de estudo (E1: Estação 1, E2: Estação 2 e E3: Estação 3).....	49
Figura 9. Variação mensal da concentração de fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$) nas três profundidades analisadas e nas três estações de amostragem durante o período de estudo (E1: Estação 1, E2: Estação 2 e E3: Estação 3).....	50
Figura 10. Toneladas (t) de ração fornecida nos tanques-redes na piscicultura Geneseas, durante o período de estudo.....	51
Figura 11. Ordenação pela análise dos componentes principais (PCA) com base em oito variáveis limnológicas de 216 unidades amostrais, sistema de piscicultura em tanques-rede do Parque Aquícola Ponte Pensa, Reservatório de Ilha Solteira Santa Fé do Sul/SP.....	52

CAPÍTULO II

Figura 1. Porcentagem de contribuição do número de táxons entre as classes taxonômicas fitoplanctônicas, considerando as três profundidades, três estações e ao longo de todo período de estudo.....	78
Figura 2. Variação mensal da riqueza de táxons entre as três profundidades e entre as três estações de amostragem para o período de estudo (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3).....	79
Figura 3. Contribuição mensal das classes fitoplanctônicas em densidade (org mL^{-1}) nas três profundidades e nas três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3) (outras: Zygnemaphyceae, Dinophyceae, Bacillariophyceae, Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae, Euglenophyceae, Xanthophyceae e Chrysophyceae).....	80
Figura 4. Contribuição mensal das classes fitoplanctônicas em biovolume ($\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$) entre as três profundidades e entre as três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3) (outras: Chlamydomphyceae, Prasinophyceae, Bacillariophyceae, Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae, Zygnemaphyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Xanthophyceae, e Chrysophyceae).....	82
Figura 5. Índice de diversidade (H' : bits.ind^{-1}), estimados com base na densidade, nas três profundidades e entre as três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3) na área da piscicultura Geneseas, localizada no Parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira.....	85
Figura 6. Índice de Uniformidade (U'), estimados com base na densidade, nas três profundidades e entre as três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3) na área da piscicultura Geneseas, localizada no Parque aquícola Ponte Pensa,	

reservatório de Ilha Solteira.....	86
Figura 7. Índice de Dominância (D'), estimados com base na densidade, nas três profundidades e entre as três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3) na área da piscicultura Geneseas, localizada no Parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira.....	87
Figura 8. Índice de diversidade (H' : bits.ind ⁻¹) estimados com base no biovolume nas três profundidades e entre as três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3), na área da piscicultura Geneseas, localizada no Parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira.....	88
Figura 9. Índice de Uniformidade (U'), estimados com base no biovolume, nas três profundidades e entre as três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3) na área da piscicultura Geneseas, localizada no Parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira.....	89
Figura 10. Índice de Dominância (D'), estimados com base no biovolume, nas três profundidades e entre as três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3) na área da piscicultura Geneseas, localizada no Parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira.....	90
Figura 11. Ordenação pela ACC das 216 unidades amostrais do Sistema de piscicultura em tanques-rede do Parque Aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira, Santa Fé do Sul/SP, gerada a partir das sete espécies descritoras do sistema, (abreviações conforme tabela 7) determinadas com base na densidade e sete variáveis ambientais (abreviações conforme tabela 6).....	92
Figura 12. Ordenação pela ACC das 216 unidades amostrais do Sistema de piscicultura em tanques-rede do Parque Aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira, Santa Fé do Sul/SP, gerada a partir das dez espécies descritoras do sistema (abreviações conforme tabela 10), determinadas com base no biovolume e sete variáveis ambientais.....	95

CAPÍTULO III

Figura 1. a-c. Espécies de Cyanobacteria da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-c. <i>Anathece chlatrata</i> . Barras de escala: 10 µm, exceto a = 20 µm.....	133
Figura 2. a-f. Espécies de Cyanobacteria da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-b. <i>Anathece</i> sp. c. <i>Cyanodictyon planctonicum</i> . d-f. <i>Epigloeosphaera brasílica</i> . Barras de escala = 10 µm.....	134
Figura 3. a-i. Espécies de Cyanobacteria da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-b. <i>Aphanocapsa delicatissima</i> . c. <i>Aphanocapsa holsatica</i> . d. <i>Aphanocapsa incerta</i> . e. <i>Chroococcus dispersus</i> . f. <i>Geitlerinema amphibium</i> . g-h. <i>Geitlerinema splendidum</i> . h. forma da célula apical. i. <i>Pseudanabaena mucicola</i> . Barras de escala = 10 µm.....	135
Figura 4. a-e. Espécies de Cyanobacteria da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-c. <i>Microcystis aeruginosa</i> , seta c em c indicando colônia de <i>microcystis aeruginosa</i> . d. <i>Microcystis panniformis</i> , seta b em c indicando colônia de <i>microcystis panniformis</i> . e. <i>Microcystis protocystis</i> , setas em e indicando bainha mucilaginosa individual das células de <i>microcystis protocystis</i> , seta a em c indicando colônia de <i>microcystis protocystis</i> . Barras de escala: b = 10. a-c = 50 µm, e = 20 µm.....	136

- Figura 5.** a-c. Espécies de Cyanobacteria da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Anabaenopsis elenkini*. b-c. *Dolichospermum circinalis*. Barras de escala: 10 µm..... 137
- Figura 6.** a-f. Espécies de Chlorophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-b. *Botryococcus braunii*. c-f. *Botryococcus protuberans*. Barras de escala: 10 µm, exceto a-c-d = 20 µm..... 149
- Figura 7.** a-f. Espécies de Chlorophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-c. *Botryococcus terribilis*. d. *Dictyosphaerium pulchellum*. e. *Dictyosphaerium tetrachotomum*. f. *Ankistrodesmus densus*. Barras de escala: 10 µm..... 150
- Figura 8.** a-g. Espécies de Chlorophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-c. *Elakatothrix gelatinosa*. d-e. *E. genevensis*. f-g. *E. linearis*. Barras de escala: 10 µm..... 151
- Figura 9.** a-q. Espécies de Chlorophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Kirchneriella brasiliana*. b. *Kirchneriella diana*. c. *Kirchneriella rosellata*. d-e. *Monoraphidium contortum*. f-g. *Quadrigula closterioides*. h. *Coelastrum indicum*. i-n. *Coelastrum* sp., setas em l e m indicando processo mucilaginoso ramificado. o. *Stauridium tetras*. p. *Desmodesmus communis*. q. *Desmodesmus denticulatus*. Barras de escala: 10 µm..... 152
- Figura 10.** a-g. Espécies de Chlorophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Coenochloris aquatica*. b. *Coenochloris korsikovii*. c. *Palmococcus quadriculoides*. d. *Radiococcus fottii*. e-f. *Radiococcus polycoccus*, setas em e e f indicando duplos pirenoides. g. *Radiococcus skujae*. Barras de escala: 10 µm..... 153
- Figura 11.** a-d. Espécies de Chlorophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Oocystis borgei*. b. *Oocystis marssonii*. c-d. *Volvox* sp. Barras de escala: 10 µm, exceto d = 100 µm 154
- Figura 12.** a-h. Espécies de Zynemaphyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Cosmarium moniliforme*. b-c. *Cosmarium quadrum*. d. *Cosmarium regnelli*. e. *Cosmarium reniforme*. f. *Micrasterias borgei*. g. *Micrasterias furcata*. h. *Micrasterias truncata*. Barras de escala: 10 µm..... 161
- Figura 13.** a-e. Espécies de Zynemaphyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Onychonema laeve*. b. *Staurastrum leptocladum*. c. *S. volans*. d-e. *Staurodesmus cuspidatus*. Barras de escala: 10 µm..... 162
- Figura 14.** a-b. Espécies de Zynemaphyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Gonatozygon pilosum*. b. *Spyrogyra* sp. Barras de escala: 10 µm..... 163
- Figura 15.** a-b. Espécies de *Trachelomonas* da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Trachelomonas lacustris*. b. *Trachelomonas volvocinopsis*. Barras de escala: 10 µm..... 164
- Figura 16.** a-e. Espécies de Cryptophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Cryptomonas brasiliensis*. b. *Cryptomonas tetrapyreneidosa*. c-e. *Rhodomonas lacustris*. Barras de escala: 10 µm..... 166
- Figura 17.** a-b. *Ceratiium furcoides* da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-b. *Ceratiium furcoides*. Barras de escala: 10

μm	167
Figura 18. a-f. Espécies de Coscinodiscophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-b. <i>Cyclotella atomus</i> . c. <i>Cyclotella meneghiniana</i> . d. <i>Dicostella stelligera</i> . e-f. <i>Aulacoseira granulata</i> . Barras de escala: 10 μm	170
Figura 19. a-c. Espécies de Fragilariophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-c. <i>Ulnaria acus</i> . Barras de escala: 10 μm	171
Figura 20. a-h. Espécies de Bacillariophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-b. <i>Cymbella turgidula</i> . c-d. <i>Eunotia minor</i> . e. <i>Gomphonema augur</i> . f-g. <i>G.gracile</i> . h. <i>G. laticollum</i> . Barras de escala: 10 μm	176
Figura 21. a-e. Espécies de Bacillariophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a.b. <i>Amphipleura lindheimeri</i> c-e. <i>Pinnularia acrosphaeria</i> . Barras de escala: 10 μm	177
Figura 22. a-b. Espécies de Bacillariophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. <i>Surirella linearis</i> . b. <i>Surirella guatemalensis</i> . Barras de escala: 10 μm	178

Apresentação da tese

O presente trabalho, contém uma introdução geral que reúne o panorama da produção aquícola no Brasil e no mundo, relato sobre a tilápia e as vantagens do cultivo desta espécie no Brasil; aborda também aspectos positivos e negativos da criação de peixes em tanques-rede e a importância da comunidade fitoplanctônica na aquicultura. Além disso, contém o levantamento bibliográfico e a caracterização da área de estudo, bem como, informações sobre as estações e periodicidade de coleta.

Foram elaborados 3 capítulos formatados conforme as normas da revista Hoehnea disponível em:

http://www.ambiente.sp.gov.br/hoehnea/files/2013/04/Instru%C3%A7%C3%B5es-aos-autores_vers%C3%A3o-01_04_2014.pdf.

Capítulo I - Influência da tilapicultura em tanques-redes na qualidade da água do parque aquícola Ponte Pensa, Reservatório Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

Neste capítulo são apresentados os resultados da dinâmica espacial e temporal das variáveis físicas e químicas da água.

Capítulo II - Influência da tilapicultura em tanques-redes na dinâmica temporal e espacial do fitoplâncton no reservatório de Ilha Solteira (Parque aquícola Ponte Pensa, São Paulo, Brasil).

Neste capítulo estão reunidos os resultados das análises da comunidade fitoplanctônica.

Capítulo III - Fitoplâncton do Parque Aquícola Ponte Pensa, Reservatório de Ilha Solteira, SP: composição e riqueza taxonômica.

Neste capítulo reuniram-se as descrições e ilustrações de parte das espécies pertencentes à flora ficológica da área do Parque Aquícola Ponte Pensa, Reservatório de Ilha Solteira, SP.

Este estudo fez parte de um projeto maior intitulado “Monitoramento do Parque Aquícola Ponte Pensa, no reservatório de Ilha Solteira-SP, frente à implantação da tilapicultura em tanques-rede de grande volume” (Processo FAPESP nº 2011/03485-0) sob coordenação, em primeiro momento, da Dra. Margaret Mallasen[†] do Instituto de Pesca de São José do Rio Preto, APTA e, em segundo momento, sobre a coordenação do Prof. Dr. Clovis Ferreira do Carmo do Instituto de Pesca de São Paulo APTA.

O projeto maior teve como objetivo geral: avaliar a qualidade da água, taxas de sedimentação, sedimento e a comunidade fitoplanctônica, na zona de influência da tilapicultura em tanques-rede de grande volume no reservatório de Ilha Solteira em Santa Fé do Sul, SP. Os

resultados visão subsidiar técnicas de manejo em tanques-rede de grande volume a curto e longo prazo e auxiliar os estudos sobre a capacidade de suporte, possibilitando o ordenamento da atividade e assegurando a sustentabilidade ambiental.

Trata-se de um projeto interinstitucional desenvolvido em parceria entre o Instituto de Botânica de São Paulo, Instituto de Pesca de São Paulo e São José do Rio Preto e a Piscicultura Geneseas.

Resumo

A produção de tilápia no Brasil, em 2011, ultrapassou 253 mil toneladas, 63% a mais que em 2010 (155 mil toneladas). Este aumento na produção se deve, principalmente, à expansão de empreendimentos que utilizam tanques-rede para produção de peixes. A criação de peixes em tanques-rede é uma modalidade de criação intensiva, com elevado potencial de impacto ambiental, uma vez que os resíduos gerados pelas sobras da ração e excretas dos peixes são lançados diretamente no ambiente aquático. Estes resíduos aumentam, principalmente, as concentrações de nitrogênio e fósforo na água, podendo levar ao desenvolvimento de algas e cianobactérias. Assim, o objetivo desse estudo foi analisar as alterações das variáveis físicas e químicas da água e sua influência sobre a comunidade fitoplanctônica após a instalação da tilapicultura em tanques-redes em um reservatório. O estudo foi realizado em piscicultura com tanques-rede de grande volume (1.200 m³; 20x20x3m) instalados na área do parque aquícola Ponte Pensa (20°16'34,96"S & 50°59'02,75"W), reservatório de Ilha Solteira, SP, classificado como oligotrófico. Amostras da água foram obtidas mensalmente (agosto/2011 a julho/2013), em três profundidades (subsúperfície, 2 e 4 metros) e em três estações de amostragem: jusante da área de criação (E1), local de criação (E2) e a montante (E3) (n = 216). As coletas iniciaram-se seis meses antes da instalação dos tanques. Para análise da comunidade fitoplanctônica, as amostras de água foram coletadas com garrafa coletora van Dorn, filtradas em rede de plâncton e preservadas em formol acético 4%. Para a análise quantitativa da comunidade fitoplanctônica e análise das variáveis físicas e químicas da água, as amostras foram coletadas com garrafa coletora. As amostras para as análises quantitativas foram fixadas com lugol acético (1%) e a contagem foi feita em microscópio invertido. Foram estudadas as seguintes variáveis: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, transparência, turbidez, íon amônio, nitrogênio e fósforo total. Foram avaliados os seguintes atributos da comunidade: riqueza (número de táxons), densidade, biovolume, índices de diversidade, uniformidade e dominância. Foram estimadas as espécies abundantes, dominantes e descritoras. Para a análise dos resultados foram utilizadas Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise de Correspondência Canônica (CCA). A PCA demonstrou que a dinâmica das variáveis físicas e químicas da água, foi influenciada pela variação sazonal nas três estações de amostragem e pelas atividades de piscicultura a partir de janeiro de 2013. Ao longo do tempo, foi registrada tendência de diminuição do pH e das concentrações de oxigênio dissolvido e aumento nas concentrações de íon amônio e fósforo total. A partir das amostras analisadas (quantitativas e

qualitativas) foram identificados 230 táxons distribuídos em 13 classes. Dentre estes táxons, 164 foram em nível específico e 55 em nível genérico; 74 táxons foram descritos e ilustrados. Chlorophyceae foi a classe que apresentou maior riqueza específica (81 táxons), seguida por Cyanobacteria (40 táxons). A densidade máxima registrada foi $1.933 \text{ org mL}^{-1}$, valor considerado baixo, mesmo quando comparado com outros ambientes oligotróficos. Cryptophyceae contribuiu com as maiores densidades e biovolumes. Ao longo do período de estudo *Rhodomonas lacustris* Pascher & Ruttner foi classificada como dominante e *Cryptomonas brasiliensis* Castro, Bicudo & Bicudo, como espécie abundante. Espécies de Chlorophyceae e Cyanobacteria foram também classificadas como dominantes no período chuvoso. Após um ano da instalação dos tanques rede, foram registradas a ocorrência e o aumento do biovolume de *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing e *Dolichospermum circinalis* (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek (Cyanobacteria). Estas duas espécies de cianobactérias estiveram associadas às maiores concentrações de íon amônio e fósforo total. A diversidade estimada variou de $0,5 \text{ bits.ind}^{-1}$ a $3,6 \text{ bits.ind}^{-1}$. Os maiores valores de diversidade e de uniformidade foram registrados no verão, período de temperaturas mais elevadas e de maior precipitação pluviométrica. As análises estatísticas indicaram alterações temporais e não espaciais (horizontais e verticais) das variáveis físicas e químicas da água e na resposta da comunidade fitoplanctônica. Após um ano das atividades de piscicultura, foram detectadas alterações físicas e químicas da água e do fitoplâncton como resposta ao incremento do arraçoamento. No entanto, considerando a qualidade da água para o uso na aquicultura, os valores mensais dos parâmetros analisados estiveram dentro dos padrões de qualidade recomendados pela resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água destinados à aquicultura. Possivelmente, as características hidrodinâmicas tais como: tempo de residência curto (21,6 dias) e vazão ($172 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) da área do Parque aquícola Ponte Pensa podem explicar as semelhanças entre as três estações de amostragem, mitigando o impacto da atividade de piscicultura em tanques-rede na estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica, bem como nas variáveis físicas e químicas analisadas.

Palavras-chave: Cryptophyceae, *Microcystis aeruginosa*, piscicultura, íon amônio, oligotrófico.

Abstract

Tilapia production in Brazil in 2011 was over 253 thousand tons, 63% more than in 2010 (155 thousand tons). This increase in production is mainly due to the expansion of fish farming companies that employ net cages for fish production. Fish farming in net cages is an intensive farming modality, which can highly impact the environment since the residues from the fish non-ingested food and excreta are directly released in the aquatic environment. These residues mainly increase concentrations of nitrogen and phosphorous in the water and can lead to the development of algae and cyanobacteria. Thus, the objective of this study was to analyze the changes of the water physical and chemical variables and its influence on the phytoplankton community after installation of a fish farming system to produce tilapias in net cages in a reservoir. The study was carried out on fish farming with large volume net cages, 1,200 m³ (20x20x3m) installed in the Ponte Pensa aquaculture area (20°16'34.96"S & 50°59'02.75"W), in Ilha Solteira reservoir, SP, classified as oligotrophic. Water samples were collected monthly (August/2011 to July/2013), in three different depths (subsurface, 2 and 4 meters) and in three sampling sites: upstream from the fish farming area (E1), farming area (E2) and downstream (E3) (n = 216). Sampling started six months before installation of the cages. For the phytoplankton community analysis, the water samples were collected with van Dorn collecting bottles, filtered with plankton nets and preserved in 4% formol. For the quantitative analysis of the phytoplankton community and the analysis of the water physical and chemical variables, samples were collected with collecting bottles. Samples for quantitative analyses were preserved in Lugol and the counting was performed on inverted microscope. The following variables were studied: water temperature, pH, dissolved oxygen, conductivity, transparency, turbidity, ammonia, nitrogen and total phosphorous. The following attributes of the community were evaluated: richness (taxa number), density, biovolume, diversity index, uniformity and dominance. Abundant, dominant and descriptor species were estimated. Principal Component Analysis (PCA) and canonical correspondence analysis (CCA) were used to analyze the results.

PCA showed that the dynamics of the water physical and chemical variables were influenced by seasonal variables in the three sampling sites and by fish farming activities as of January 2013. In time, pH and dissolved oxygen concentrations tended to decrease and turbidity, ammonia and total phosphorous concentrations tended to increase. Based on the quantitative and qualitative analyses of the samples, it was possible to identify 230 taxa from 13 classes. Among these taxa,

164 were in specific level and 55 in generic level; 74 taxa were described and illustrated. Chlorophyceae was the class that presented the most specific richness (81 taxa), followed by Cyanobacteria (40 taxa). The maximum density recorded was 1,933 org ml⁻¹, considered a low value, even when compared with other oligotrophic environments. Cryptophyceae contributed with the biggest densities and biovolumes. Along the studied period, *Rhodomonas lacustris* Pascher & Ruttner was classified as dominant and *Cryptomonas brasiliensis* Castro, Bicudo & Bicudo, as the abundant species. Chlorophyceae and Cyanobacteria species were also classified as dominant in the rainy period. One year after net cage installation, occurrence and increase in biovolume of *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing and *Dolichospermum circinalis* (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek (Cyanobacteria) were recorded. These two species of cyanobacteria were associated with higher concentrations of ammonia and total phosphorous. The estimated diversity varied from 0.5 bits.ind⁻¹ to 3.6 bits.ind⁻¹. The highest diversity and uniformity values were recorded in the summer, a period with the highest temperatures and greatest rainfall. Statistical analyses indicated temporal, and not spatial (horizontal and vertical) changes in the dynamics of the water physical and chemical variables and in the response of the phytoplankton community. One year after fish farming started, changes were detected in the water physical and chemical variables and in the phytoplankton as a response to the increased feeding. However, considering the water quality for fish farming, the monthly values of the analyzed parameters complied with the standards recommended by CONAMA 357/2005 resolution for water bodies destined to fish farming. The hydrodynamics such as: short residence time (21.6 days) and flow (172 m³.s⁻¹) of Ponte Pensa fish farming area may explain the similarities among the three sampling sites, mitigating the impact of the fish farming activity in net cages on the structure and dynamics of the phytoplankton community as well as on the analyzed physical and chemical variables.

Key words: Cryptophyceae, *Microcystis aeruginosa*, fish farming, ammonia, oligotrophic

Introdução Geral

Até 2050 a população mundial deverá atingir 9,6 bilhões de habitantes. Para suprir as crescentes necessidades alimentares dessa massa populacional, a produção mundial de alimentos terá que crescer 70%. Dentre as múltiplas alternativas para o suprimento alimentar da população a aquicultura é o setor de produção animal que mais cresce no mundo, atingindo crescimento anual médio de 8,6% entre 1980 e 2012 (FAO 2014).

Aquicultura é a produção em cativeiro de organismos com hábitat predominantemente aquático, em qualquer um de seus estágios de desenvolvimento, o que inclui peixes, crustáceos, moluscos e vegetais (Valenti 2000). A atividade se dedica essencialmente a produzir alimentos para os seres humanos através do cultivo destes organismos, apesar de estar ligada também à produção para o setor ornamental e recreativo.

O maior produtor aquícola mundial é a China com aproximadamente 47,8 milhões de toneladas. A Indonésia e a Índia aparecem na segunda e terceira posições, com cerca de 6,3 milhões e 4,6 milhões de toneladas, respectivamente. O Brasil ocupa a 17ª posição no ranking mundial, com 479.399 toneladas em 2010 (MPA 2011a). Mesmo ocupando esta posição no ranking mundial, a aquicultura brasileira apresentou expressivo crescimento nos últimos anos, com incremento de mais de 51% na produção durante o triênio 2009-2011. A maior parcela da produção aquícola brasileira é oriunda da aquicultura continental, na qual se destaca a piscicultura com 87% da produção total nacional. Dentro desta modalidade, a tilápia é a espécie mais cultivada (MPA 2011a).

A tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) pertence à família Cichlidae, que compõe cerca de 105 gêneros e 1.900 espécies. O gênero *Oreochromis* apresenta, atualmente, 32 espécies descritas; é originário do delta do rio Nilo, no continente africano. Espécies deste gênero foram introduzidas em vários países tropicais e subtropicais ao redor do mundo com a

finalidade de aumentar a oferta de proteína animal (Lee *et al.* 2005, Scorvo Filho 2010, Bittencourt 2012, Nunes 2012).

Oreochromis niloticus foi introduzida no Brasil pela Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, em 1952, para conter a proliferação de algas e macrófitas aquáticas em represas (Boscardin 2008). Em 1971, a espécie foi introduzida nos reservatórios públicos da região Nordeste, com o objetivo de fornecer uma fonte de proteína animal para a população carente da região e, em seguida, a criação difundiu-se para quase todas as regiões do país (Bittencourt 2012).

A tilápia é amplamente cultivada no Brasil, por apresentar características atrativas para a aquicultura tais como: rusticidade, crescimento rápido, plasticidade trófica, resistência às doenças e ao superpovoamento, ampla tolerância a variações ambientais, elevado valor comercial, boa conversão alimentar e, conseqüentemente, custos de produção relativamente baixos. Além disso, apresentam boas características organolépticas e nutricionais e, conseqüentemente, ampla aceitação no mercado (Zimmermann & Hasper 2003, Attayde *et al.* 2007, Nobile 2010, Polese 2014).

As mesmas características que as tornam uma espécie atrativa para a aquicultura as tornam também uma espécie invasora bem sucedida, com grande potencial de provocar impactos ambientais. Espécies generalistas, oportunistas e com ampla tolerância às variações ambientais como as tilápias possuem vantagens competitivas em habitats perturbados pela poluição ou outras ações antrópicas, ou seja, podem atuar de maneira sinérgica com impactos antrópicos, diminuindo os estoques ou mesmo eliminando espécies nativas dos ambientes onde são introduzidas (Attayde *et al.* 2007).

A criação da tilápia desenvolveu-se de forma bastante significativa no Brasil a partir de 1990 com a difusão das técnicas de produção, a elaboração de trabalhos de pesquisa, experimentos com a espécie e o surgimento da tecnologia de reversão sexual (Polese 2014). A partir de 2002 a tilápia passou a ser a espécie de peixe mais cultivada no Brasil e atualmente responde por 40% da piscicultura nacional (Boscardin 2008, MPA 2011a).

Este aumento na produção da tilápia se deve, principalmente, à expansão de empreendimentos que utilizam tanques-rede em reservatórios e a concessão de áreas nos parques aquícolas implantados nos grandes reservatórios das hidroelétricas em águas da União.

Conforme o Decreto nº 4.895, de 25 de novembro de 2003 (Brasil 2003), que “dispõe sobre a autorização do uso de espaços físicos de corpos d’água de domínio da União, para fins de aquicultura, e dá outras providências”, parque aquícola é definido como um espaço físico contínuo em meio aquático, delimitado, que compreende um conjunto de áreas aquícolas afins, em cujos espaços físicos intermediários podem ser desenvolvidas outras atividades compatíveis

com a prática da aquicultura. Por sua vez, área aquícola é um espaço físico contínuo em meio aquático, delimitado, destinado à aquicultura.

Os primeiros parques aquícolas em atividade estão localizados nos reservatórios de Itaipu (PR), Castanhão (CE), Ilha Solteira (MS, MG e SP), Furnas (MG), Três Marias (MG) e Tucuruí (PA). Esses seis reservatórios contam com 42 parques aquícolas, que somam uma lâmina d'água de 28.500 hectares, cuja capacidade outorgada de produção lhes permite ofertar ao mercado em torno de 269 mil toneladas de pescado por ano. Atualmente existem parques aquícolas em reservatórios de todas as regiões do País e outros estão em processo de demarcação em 31 reservatórios, cuja capacidade de produção conjunta é estimada em 800 mil toneladas anuais de pescado, o que equivale a 66% da atual produção nacional de pescado (MPA 2014).

De acordo com o Ministério da Pesca e Aquicultura, os locais adequados para implantação dos parques aquícolas são selecionados por meio de estudos conduzidos por equipes multidisciplinares que consideram aspectos da sustentabilidade ambiental, social e econômica. A partir desses estudos, os dados são estruturados por meio do sistema de informações geográficas (SIG) que geram os mapas de favorabilidade, de forma a auxiliar a demarcação dos parques aquícolas (Bueno *et al.* 2013).

As áreas nos parques aquícolas são cedidas aos produtores por processo licitatório, que pode ser oneroso ou não; a cessão não onerosa tem forte cunho social e as áreas são ofertadas gratuitamente, mediante licitação não onerosa observando parâmetros sócio-econômicos (MPA 2014).

Os parques aquícolas foram implantados pela Secretaria de Planejamento e Ordenamento da Aquicultura (SEPOA) do ministério, com o apoio das superintendências federais nos estados, com os seguintes objetivos: desenvolver a cadeia produtiva com vistas a aumentar a produção brasileira de pescado, promover a inclusão social, o desenvolvimento sustentável da aquicultura, a segurança alimentar e a ordenação da atividade de tanques-rede nos corpos d'água de domínio da União (Brasil 2003, MPA 2011b, MPA 2014).

Consolidado como atividade econômica em 1990, o cultivo de peixes em tanques-rede representa hoje o maior potencial para o desenvolvimento da piscicultura brasileira. Trata-se de modalidade de criação intensiva, que utiliza elevada densidade de estocagem e, por isso, exige constante renovação de água para a dispersão dos resíduos metabólicos dos peixes no ambiente (Pestana & Ostrensky 2008, Mallasen *et al.* 2012). Os tanques-rede apresentam, em relação a outros sistemas de produção, baixos custos de implantação, possibilidade de ocupação de áreas já existentes em propriedades rurais e de reservatórios artificiais, construídos para geração de energia, um maior controle no gerenciamento da produção e possibilidade de escalonamento, facilidade no manejo e despesca, racionamento dos custos e maior produtividade por área (kg m⁻²

³) (Pestana & Ostrensky 2008, Frasca Scorvo *et al.* 2012). Enquanto o sistema convencional, no caso da principal espécie cultivada no país, a tilápia, produz cerca de 1 kg a 3 kg de peixe/m³/ano, o sistema de tanques-rede pode produzir de 150 kg/m³ a até 300 kg/m³ no mesmo período (Pestana & Ostrensky 2008).

Por outro lado, em relação às desvantagens, podemos citar: a dependência de alimento completo que satisfaça a exigência da espécie, a dificuldade no tratamento e controle de doenças, suscetibilidade a roubos e risco de incrustação e rompimentos das telas dos tanques, com perda total da produção e possibilidade de introdução de doenças e/ou peixes no ambiente, o que prejudica a população natural (Américo *et al.* 2013a). Além disso, e não menos importante, os alimentos não ingeridos e produtos do metabolismo dos peixes (excretas e fezes) são liberados diretamente no ambiente potencializando, ainda mais, o impacto ambiental.

Estes resíduos aumentam, principalmente, a concentração de nitrogênio e de fósforo na água e nos sedimentos, promovendo um processo de eutrofização artificial (Ex. Demir *et al.* 2001, Guo & Li 2003, Alves & Baccarin 2005, Figueredo & Giani 2005, Guarino *et al.* 2005, Boyd *et al.* 2007, Bristow *et al.* 2008, Guo *et al.* 2009, Degefu *et al.* 2011, Mallasen *et al.* 2012, Ayroza *et al.* 2013, Américo *et al.* 2013b). Folke e Kautsky (1989), em criação de salmão, relataram que 13% do nitrogênio e 66% do fósforo aportado via ração sofre sedimentação, 25% do nitrogênio e 23% do fósforo são convertidos em massa (carne) e 62% de nitrogênio e 11% de fósforo ficam dissolvidos na água.

A eutrofização artificial é um dos principais problemas ambientais relacionados à aquicultura, provocando a perda da qualidade da água e modificações na estrutura e dinâmica das comunidades aquáticas, especialmente na fitoplanctônica, com as florações de microalgas e Cyanobacteria (Eler *et al.* 2001, Honda *et al.* 2006, Sant'Anna *et al.* 2006, Song *et al.* 2009, Huaxue *et al.* 2011, Mercante *et al.* 2011, Kaggwa *et al.* 2011).

A comunidade fitoplanctônica é composta por um conjunto diversificado de grupos taxonômicos de algas e cianobactérias, dentre os quais, destacam-se Cyanobacteria, Bacillariophyta e Chlorophyceae, grupos registrados em vários ambientes, com diferentes condições ambientais e graus de trofia (ex. Huszar *et al.* 2000, Padisák *et al.* 2003, Tucci *et al.* 2004, Sant'Anna *et al.* 2006, Deng *et al.* 2007, Nogueira *et al.* 2008, Granado *et al.* 2009, Nöges *et al.* 2010, Kosten *et al.* 2012, Zhang *et al.* 2012, Romanov & Kirillov 2012) indicando, de maneira geral, que estão amplamente distribuídas em reservatórios tropicais.

Na aquicultura, a comunidade fitoplanctônica assume fundamental importância, uma vez que é composta de organismos clorofilados capazes de realizar fotossíntese, portanto, produtores primários e base da cadeia alimentar nos ecossistemas aquáticos (Reynolds 2006).

Em tanques escavados com baixa ou moderada renovação de água, o fitoplâncton fornece mais de 80% do oxigênio disponível, remove amônio e nitrato (metabólitos tóxicos aos peixes) da água, utilizando estes compostos como fonte de nitrogênio para o seu desenvolvimento e serve como fonte de alimento natural, complementando a alimentação dos peixes com aminoácidos, vitaminas e minerais (Kubitza 2008). Além disso, essa comunidade é de fundamental importância na manutenção de uma constante composição química da água, adequada à criação dos peixes, uma vez que interfere diretamente na produção e dinâmica de gases nos sistemas aquaculturais, por meio da fotossíntese e da respiração (Kubitza 1998, Kubitza 2008, Kranz *et al.* 2009, Zang *et al.* 2011, Rodrigues *et al.* 2010 a, b, Mercante *et al.* 2011, Osti 2013). Entretanto, em condições de elevadas concentrações de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, pode ocorrer o aumento excessivo da biomassa fitoplanctônica, floração, com domínio de uma ou duas espécies fitoplanctônicas e valores de clorofila acima de 10 mg.m^{-3} (Oliver & Ganf 2000). Estas florações apresentam grande impacto social, econômico e ambiental, como exemplo desta problemática pode-se citar as florações tóxicas de Cyanobacteria (Eler *et al.* 2001, Azevedo *et al.* 2002, Honda *et al.* 2006, Sant'Anna *et al.* 2008).

As cianobactérias têm grande destaque do ponto de vista ambiental por atingir altas densidades em condições de elevadas concentrações de nutrientes. São organismos procariotos com características fisiológicas peculiares, excelentes competidores, adaptados aos mais diversos ambientes (Whitton & Potts 2000, Werner 2002).

As toxinas produzidas pelas cianobactérias são frequentemente classificadas de acordo com seu mecanismo de ação e são representadas pelas hepatotoxinas, neurotoxinas e dermatotoxinas, que, provocam diferentes sintomas de intoxicação e apresentam uma variação muito grande de toxicidade (Honda *et al.* 2006, Smith *et al.* 2008, Dörr *et al.* 2010).

As cianotoxinas podem acumular no tecido muscular dos peixes, representando um risco potencial para a saúde dos animais que deles se alimentam, como aves, mamíferos e o próprio homem. Além disso, podem retardar o crescimento de algumas espécies, aumentar os níveis plasmáticos de cortisol e glicose, aumentar a atividade natatória e efeitos agudos incluem danos hepáticos e perda da função renal (Magalhães *et al.* 2003, Honda *et al.* 2006, Smith *et al.* 2008).

Outro grande problema causado pelas florações de cianobactérias na aquicultura é a produção de metabólitos (geosmina e 2-methylisoborneol-2-MIB) que causam odor e sabor desagradáveis tanto à água quanto aos peixes, causando grande redução no consumo de pescado cultivado (Biato 2005, Vallod *et al.* 2007, Smith *et al.* 2008, Souza *et al.* 2012). Somam-se a esses problemas o entupimento das brânquias pelo excesso de células algáceas, causando dificuldade de respiração, queda nas taxas de alimentação com consequente perda de peso e as

alterações dos parâmetros químicos da água em função dos resíduos orgânicos gerados pela morte da floração (Xavier *et al.* 1991, Kubitzka 1998, Eler *et al.* 2001).

Portanto, o sucesso da atividade aquícola é extremamente dependente da manutenção da boa qualidade da água, uma vez que dela depende a sanidade dos organismos cultivados (Sipaúba-Tavares *et al.* 2010). Além disso, em um cenário de crise e escassez da água, o desenvolvimento de uma aquicultura que não comprometa, ainda mais, a qualidade da água, se faz extremamente necessário, assim como a busca pela sustentabilidade.

A comunidade fitoplanctônica é um excelente bioindicador da qualidade da água, pois funciona como sensor ambiental, respondendo rapidamente às alterações ambientais (Cardoso *et al.* 2013). Espécies sensíveis a mudanças ambientais podem refletir as mínimas alterações físicas e químicas da água (Nogueira-Tundisi 1996). Dependendo da frequência e intensidade dessas alterações, o caráter qualitativo e quantitativo da biota pode ser modificado, selecionando espécies através de mecanismos competitivos e possibilitando a sobrevivência de espécies favorecidas pelas suas estratégias adaptativas (Margalef 1983, Reynolds 1988).

Assim, a utilização do fitoplâncton se constitui como importante parâmetro na avaliação da qualidade da água em sistemas aquaculturais.

Estado da Arte

O Brasil tem grande potencial para a aquicultura, pelas condições naturais, pelo clima favorável e pela sua matriz energética.

Este potencial está relacionado à sua extensão costeira de mais de oito mil quilômetros, à sua zona econômica exclusiva (ZEE) de 3,5 milhões de km² e à sua dimensão territorial, que dispõe de, aproximadamente, 13% da água doce renovável do planeta, das quais, 5,3 milhões de hectares de lâmina d'água estão estocadas em reservatórios naturais e artificiais, que poderão ser utilizadas na produção de organismos aquáticos (Ayroza *et al.* 2006, Rocha *et al.* 2013).

No entanto, para que desenvolva satisfatoriamente as potencialidades naturais do país, o Brasil possui a importante tarefa de orquestrar o desenvolvimento sustentável da aquicultura de forma a conciliar a preservação ambiental com a efetiva repartição dos benefícios sociais e econômicos por ela gerados (Ostrensky *et al.* 2008a).

Para Castilho *et al.* (2008), o primeiro passo para o desenvolvimento de uma aquicultura sustentável é reconhecer que impactos ambientais são passíveis de ocorrer. Identificar esses

impactos e conhecer sua real dimensão, bem como propor formas e métodos para minimizá-los é o único caminho para que a atividade possa ser adequadamente estruturada, criando condições para que o imenso potencial nacional seja convertido em reais vantagens competitivas.

Assim, diante do acentuado crescimento da piscicultura em tanques-rede no Brasil e do fato de ser uma atividade causadora de impacto ambiental, alguns estudos foram realizados com objetivo de analisar impactos econômicos, sociais e principalmente ambientais relacionados a esta atividade.

Entre alguns dos problemas enfrentados para o desenvolvimento do potencial da piscicultura em tanques-rede no Brasil, pode-se citar: promover o zoneamento dos espaços públicos para implantação de parques aquícolas, estabelecer sistemas de monitoramento ambiental, atrair investidores, disponibilizar linhas de crédito aos interessados, criar condições infraestruturais e logísticas para escoamento da produção e estabelecer e validar métodos de determinação da capacidade de suporte dos corpos hídricos (Ostrensky *et al.* 2008b).

Apontado como um dos aspectos importantes para o desenvolvimento do potencial da piscicultura em tanques-rede no Brasil, a capacidade de suporte dos corpos hídricos foi avaliada pelos trabalhos de Angelini (2002), Rocha (2006), Rocha (2008), Attayde & Panosso (2011), David & Carvalho (2013) e David *et al.* (2015) em áreas a serem instalados os tanques-rede na região nordeste e sudeste do Brasil. Estes trabalhos demonstram a importância de se estimar o nível máximo de produção que um corpo hídrico é capaz de sustentar para que não se deflagre um processo de eutrofização artificial, comprometendo a sustentabilidade da atividade.

Outro aspecto importante para o desenvolvimento do potencial da piscicultura no Brasil é atrair investidores. Nesse contexto, trabalhos que apresentem indicadores econômicos da produção aquícola podem ser importantes para oferecer subsídios à análise financeira dos produtores atuais e para a tomada de decisão dos empreendedores potenciais (Militão *et al.* 2007, Ostrensky *et al.* 2008b).

Assim, vários estudos avaliaram indicadores econômicos da produção aquícola em relação à piscicultura em tanques-rede em diversas regiões do país: tais como, Brandão *et al.* (2004), em açudes de Manaus/AM, Furlaneto *et al.* (2006; no médio Paranapanema, no Estado de São Paulo, Militão *et al.* (2007), no reservatório de Ilha Solteira, Estado de São Paulo; Pedreira *et al.* (2010), em represa de Curvelo/MG; Cunha & Junior (2011), em represa em Ji-Paraná /RO; Novaes *et al.* (2012), no reservatório de Furnas em São José da Barra/MG; Brabo *et al.* (2013), no reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí, sudeste do Estado do Pará. Estes trabalhos mostraram a viabilidade econômica da piscicultura em tanques-rede, obtendo-se uma taxa de lucratividade em torno de 15% a 20%.

Outro aspecto importante a ser estudado em relação aos tanques-rede diz respeito à influência desta atividade na estrutura e composição da ictiofauna residente. Nesse sentido, foram realizados sobre a biologia populacional (alimentação, abundância, composição, crescimento e reprodução) de espécies de peixes associadas a sistemas de tanques-rede, com a finalidade de entender os processos ecológicos relacionados a esta atividade e os possíveis impactos causados a estes organismos (Paes 2006, Zanatta 2007, 2011, Ramos *et al.* 2008, Brandão 2010, Nobile 2010, Brandão *et al.* 2012 e Ramos *et al.* (2013). Estes autores observaram que esses empreendimentos alteram a dinâmica populacional e reprodutiva destas espécies, induzindo a reestruturação da ictiofauna residente, possivelmente em função das sobras de ração que escapam para o ambiente, adicionando um novo recurso na cadeia alimentar e provocando mudanças no ecossistema.

Ainda relacionado às alterações tróficas do ambiente em função das atividades em tanques-rede, a instalação de tanques-rede pode promover mudanças nas condições alimentares das espécies, incrementando o bem-estar do peixe e permitindo acrescentar energia somática Eche (2009). Em decorrência disso, podem ser promovidas mudanças nas composições isotópicas dos organismos da rede trófica aquática, o qual tem efeito sobre as espécies nativas e para o ecossistema.

Trabalhos voltados ao estudo de impactos da piscicultura em tanques-rede sobre a comunidade zooplancônica foram realizados por Zanatta *et al.* (2010) e Dias *et al.* (2011) e sobre a fauna bentônica, por Menezes & Beyruth (2003). Menezes & Beyruth (2003) e Dias *et al.* (2011) observaram o aumento na densidade das comunidades estudadas em função da piscicultura em tanques-rede e Zanatta *et al.* (2010) afirmaram não ter observado alterações na assembleia zooplancônica durante o período de estudo.

Como já mencionado, a qualidade da água é extremamente importante para o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos e para a manutenção da própria aquicultura, no entanto, o impacto negativo na qualidade da água é um dos principais problemas relacionados à atividade. Neste sentido, vários autores avaliaram a qualidade da água em reservatórios com a instalação dos tanques-rede (Alves 2006, Zanatta 2007, Bueno *et al.* 2008, Mallasen *et al.* 2008, Cicigliano 2009, Previato 2009, Zanatta 2011, Mallasen *et al.* 2012, Américo *et al.* 2013b e Ayroza *et al.* 2013).

Esses trabalhos ressaltam os impactos na qualidade da água em função desta atividade, mas, ressaltam também a viabilidade sustentável desta atividade, desde que regras básicas sejam aplicadas, tais como: determinação e atendimento à capacidade de suporte dos reservatórios, utilização de ração de boa qualidade e de boas práticas de manejo, que inclui o constante

monitoramento da qualidade da água (Araripe *et al.* 2006). Outro aspecto importante na manutenção da qualidade da água diz respeito às características hidrodinâmicas do ambiente.

Nesse sentido, Mallasen *et al.* (2012), cuja pesquisa foi desenvolvida na mesma área de estudo do presente trabalho, afirmaram que, o sistema de piscicultura em tanques-rede do empreendimento Geneseas Aquacultura, provocou perturbações de baixa intensidade na qualidade da água sem, entretanto, comprometer o ambiente aquático. Os autores apontam como causa principal as características hidrodinâmicas da área do braço do rio Ponte Pensa que foi eficiente na capacidade de assimilação das perturbações na qualidade de água provocadas pelo processo de produção atualmente empregado, mitigando o impacto da carga orgânica do uso da ração e do metabolismo dos peixes.

Ainda em relação à qualidade da água, Araripe *et al.* (2006) realizou uma revisão bibliográfica visando entender o efeito que a criação de peixes em tanques-rede pode ter sobre o acréscimo a concentração de fósforo na água e o seu efeito sobre a produtividade primária. Esta revisão fortalece a ideia de que o cultivo em tanques-rede pode causar a eutrofização pelo aporte de nutrientes na água e aponta como principais causas o manejo inadequado da criação, a elevada densidade de estocagem, a qualidade da ração utilizada e fatores relativos ao corpo d'água, como área do reservatório, profundidade e tempo de residência da água.

Apesar da importância da comunidade fitoplanctônica nos ambientes aquaculturais, poucos são os estudos, tanto no exterior quanto no Brasil, que relacionam as atividades de piscicultura em tanques-rede com a estrutura e dinâmica da comunidade de microalgas. No exterior, estudos que registraram aumento da comunidade fitoplanctônica em função do aporte de nutrientes na água foram: Diaz *et al.* (2001) na Argentina; Demir *et al.* (2001), em Israel; Guo & Li (2003) e Huaxue *et al.* (2011), na China; Håkanson (2005), na Suécia; Degefu *et al.* (2011), na Etiópia; Kaggwa *et al.* (2011), no Quênia. No Brasil, quatro estudos foram realizados, recentemente, na Paraíba (Lins 2011), no Paraná (Borges *et al.* 2010 e Bartozek *et al.* 2014) e em Santa Catarina (Cavalcante 2010).

Lins (2011) analisou a estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica em um reservatório eutrófico do semiárido brasileiro com piscicultura intensiva em tanques-rede e aplicou grupos funcionais à comunidade fitoplanctônica, considerando atributos morfológicos e ecológicos para descrever a trajetória das espécies entre os períodos estudados (2007 a 2009). Na maior parte do período, a comunidade fitoplanctônica foi constituída principalmente por Cyanobacteria filamentosas (estrategistas R), típicas de ambientes eutrofizados, com baixa disponibilidade de luz, tais como: *Planktothrix agardhii*, *Pseudanabaena limnetica*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Dolichospermum circinalis*, *Oscillatoria lacustre*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis* sp. e *Aphanocapsa incerta*, dominantes no sistema. A redução na

biomassa e na dominância das Cyanobacteria ocorreu com as chuvas, em especial nos momentos de transbordamento do reservatório, quando espécies invasoras (C estrategistas) e tolerantes ao estresse (S estrategistas) dominaram ou co-existiram no ambiente, favorecendo o aumento da biomassa de grupos típicos de ambientes meso-eutróficos. A autora observou que, especialmente, próximo aos tanques-rede, a dominância e os valores de biomassa das Cyanobacteria foram mais elevados, indicando que a atividade de piscicultura intensiva foi um importante fator de perturbação antropogênica no reservatório.

A composição e a abundância das comunidades planctônicas podem ser influenciadas por diversos fatores abióticos, bióticos e ambientais que podem atuar simultaneamente ou interagir em diferentes graus, modificando a estrutura dessas comunidades e, portanto, podem ser utilizadas na classificação trófica dos ambientes aquáticos, além de auxiliarem no entendimento das interações existentes (Cavalcante 2010, Tundisi & Matsumura-Tundisi 2008, Nogueira & Matsumura-Tundisi 1996). Com esta abordagem destacam-se os trabalhos de Borges *et al.* (2010) e Cavalcante (2010).

Borges *et al.* (2010) analisaram o efeito da piscicultura em tanques-rede na comunidade fitoplanctônica e zooplanctônica. Embora tenham observado altas densidades fitoplanctônicas, com dominância de Cyanobacteria logo após o início do cultivo, os autores consideraram que os efeitos dos tanques-rede sobre a comunidade planctônica foram baixos e atribuem isso ao baixo número de tanques-redes instalados e peixes, à sazonalidade, à hidrodinâmica do reservatório (características lólicas), ao forte efeito do vento e à ampla zona de mistura da coluna de água.

Bartozek *et al.* (2014) investigaram 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). De acordo com os autores, não foram registradas diferenças significativas para a composição e diversidade fitoplanctônica e para as concentrações de nutrientes entre os tratamentos utilizados, as variações da comunidade fitoplanctônica e dos nutrientes parecem ter sido influenciadas principalmente pela sazonalidade e a ausência de diferenças significativas entre os tratamentos, provavelmente se devem ao pequeno número de tanques e peixes utilizados, e à hidrodinâmica dos ambientes estudados.

Cavalcante (2010) analisou o efeito da criação de peixes em tanques-redes na qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica Itá a partir das análises das variáveis físicas, químicas e biológicas da água. Esta autora identificou 127 táxons infragenéricos sendo que, Cyanobacteria, Chlorophyceae e Bacillariophyceae foram os grupos mais representativos quanto à riqueza específica e registraram dominância de *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Dolichospermum* sp. e *Microcystis* sp.

Para o Estado de São Paulo, ainda não foram realizados trabalhos que relacionem a dinâmica e a estrutura da comunidade fitoplanctônica com a atividade de piscicultura em tanques-rede. Assim, este será o primeiro estudo destinado a avaliar as respostas da estrutura e dinâmica desta comunidade após a instalação de atividade de piscicultura em tanques-rede em área de parque aquícola de um reservatório do Estado de São Paulo e, além disso, os módulos de grande volume: 1.200m^3 (20x20x20m), como os utilizados na área de criação estudada, estão sendo utilizados pela primeira vez no Brasil, e, portanto, esse estudo tem um caráter pioneiro no país.

Perguntas e Hipóteses

Diante do exposto observamos a seguinte problemática:

Nos sistemas de piscicultura em tanques-rede, os resíduos gerados, constituídos especialmente por alimentos não ingeridos (ração) e produtos do metabolismo dos peixes, são liberados diretamente na coluna d'água. A partir desta problemática, levantamos a seguinte questão:

Os resíduos gerados pelas atividades nos sistemas de piscicultura em tanques-rede alteram os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água?

Para responder a esta questão levantamos as seguintes hipóteses:

1. Atividades de piscicultura em tanques-rede promovem, ao longo do tempo, alterações dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água.
2. Serão registrados redução da zona eufótica, aumento nas concentrações de amônia e de fósforo total e redução nas concentrações de oxigênio dissolvido ao longo do tempo na estação de amostragem localizada próxima aos tanques rede.
3. Serão registrados aumento da abundância do fitoplâncton e redução da riqueza de espécies ao longo do tempo na estação de amostragem localizada próxima aos tanques rede.

Objetivos

Geral

Analisar as alterações das variáveis físicas e químicas da água e sua influência sobre a comunidade fitoplanctônica após a instalação da tilapicultura em tanques-redes no reservatório de Ilha Solteira (Parque Aquícola Ponte Pensa).

Específicos

1. Analisar a variação espacial (horizontal, vertical) e temporal (mensal) das variáveis físicas e químicas da água, abrangendo os períodos pré e pós-introdução da tilapicultura em tanques-rede.
2. Analisar a alteração espacial (horizontal, vertical) e temporal (mensal) da estrutura da comunidade fitoplanctônica, abrangendo os períodos pré e pós-introdução da tilapicultura em tanques-rede.
3. Associar a estrutura da comunidade fitoplanctônica com as variáveis ambientais.
4. Realizar o levantamento florístico da comunidade fitoplanctônica no parque aquícola Ponte Pensa (Reservatório de Ilha Solteira).

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado na piscicultura Geneseas Aquacultura, localizada na área do parque aquícola Ponte Pensa (20°16,452'S e 50° 58,812' O), situado no braço do rio Ponte Pensa, no reservatório de Ilha Solteira, em Santa Fé do Sul, SP (figura 1).

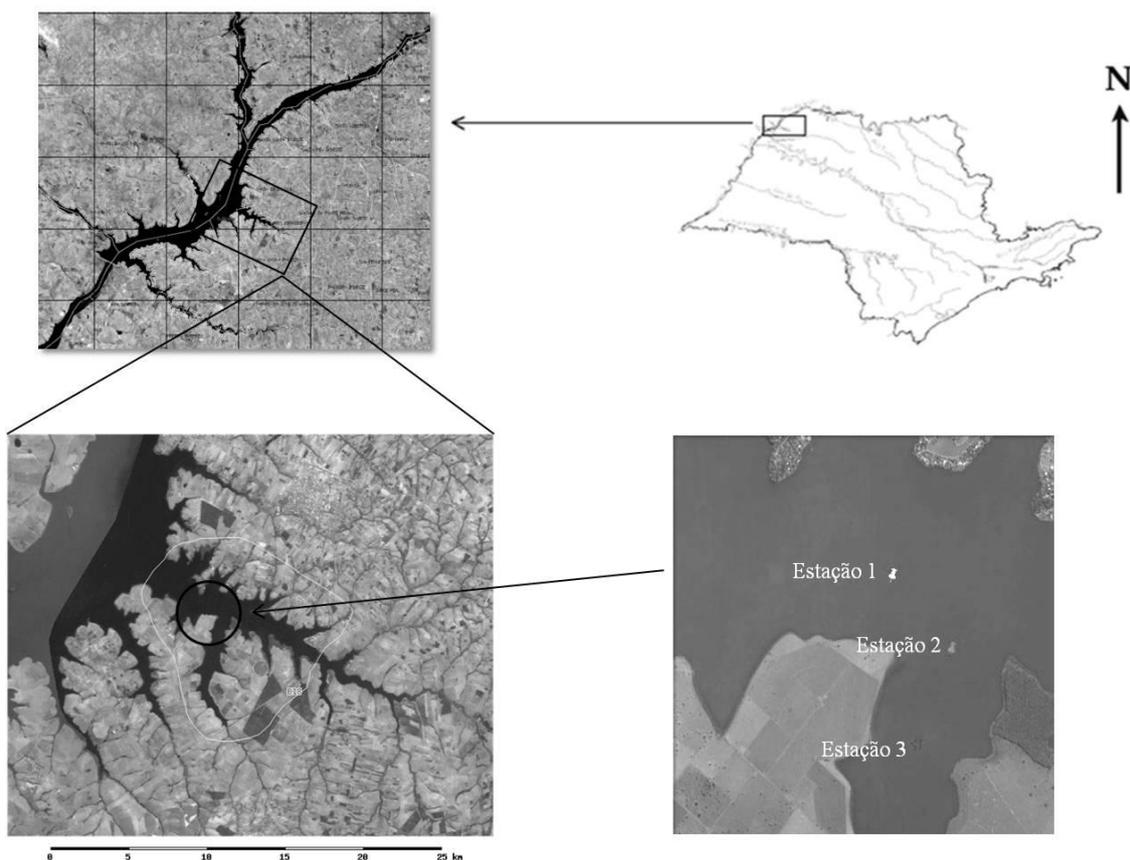


Figura 1. Área da piscicultura Geneseas (20°16,452'S e 50° 58,812' O) delimitada pela linha escura e o posicionamento das estações de coleta E1, E2 e E3; área do braço Ponte Pensa delimitada pela linha clara (modificado de Mallasen *et al.* 2012).

Caracterização da área de estudo:

Reservatório de Ilha Solteira

A construção da barragem da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira (UHE) teve início em 1965 e foi concluída em 1978. O reservatório está localizado entre os municípios de Ilha Solteira (Estado de São Paulo) e Selvíria (Estado do Mato Grosso do Sul), nas coordenadas 20°25'42" S e 51°20'34" W, inserido na bacia hidrográfica do Paraná (Hernández 2014). O reservatório formado pela UHE estende-se pelos estados de São Paulo, Mato-Grosso do Sul, Minas Gerais e

Goiás, ocupando uma área com baixa densidade demográfica, que tem no setor primário sua principal atividade, destacando-se a pecuária, especialmente nos estados de Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Goiás, a cana-de-açúcar, laranja, café e culturas temporárias, como o milho e arroz (Pereira 2006) (Figura 2).

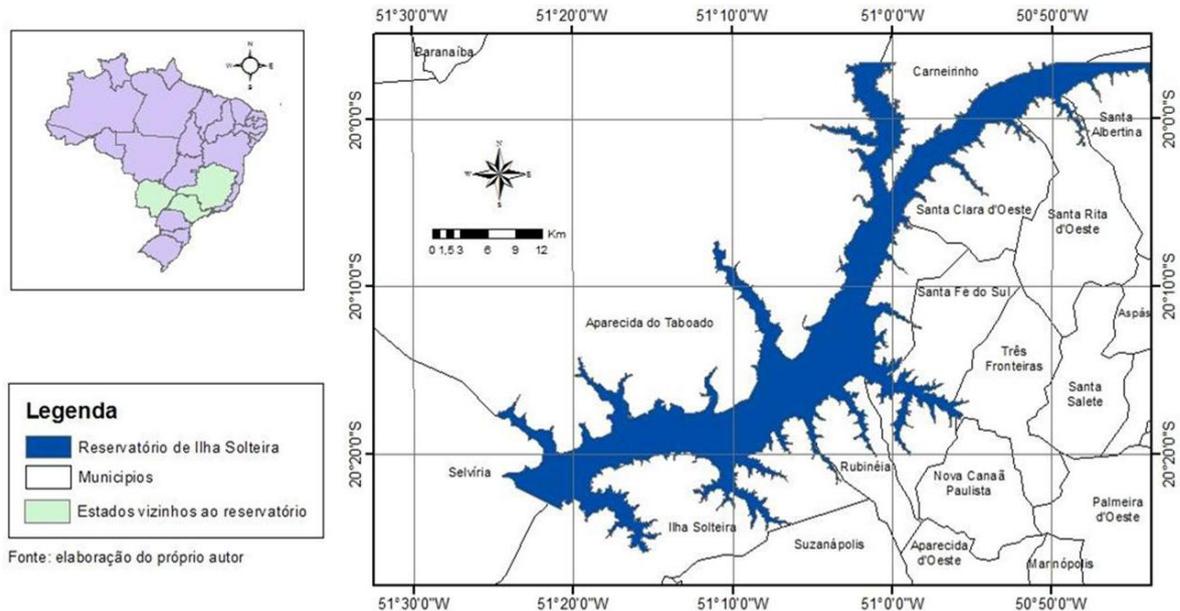


Figura 2. Localização do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira. Fonte: Hernández (2014).

O Reservatório de Ilha Solteira tem regime de operação hidráulica de acumulação, o que contribui para a regularização das vazões do Rio Paraná, amortecendo ondas de cheia e possibilitando uma defluência controlada das vazões afluentes (CESP 2006). Esse reservatório drena uma bacia de 375.460 km², tendo como principais tributários os rios Paranaíba, Aporé, Grande, Quitéria, Pântano e São José dos Dourados, e como contribuintes de extensões menores os rios Verde e Claro (afluentes do rio Paranaíba) e o Ribeirão da Ponte Pensa (afluente do rio Paraná) (Pereira 2006). O reservatório é classificado como oligotrófico, apresenta profundidade média de 17 m, área inundada de 1.195 km², volume de 210,6 x 10⁸ m³, com tempo médio de residência da água de 47,6 dias (CESP 2006).

O reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira é destinado principalmente à geração de energia elétrica, no entanto, os usos da água também se destinam ao abastecimento público, ao afastamento de efluentes domésticos, à irrigação de plantações e às atividades industriais como usinas, destilarias, curtumes, frigoríficos e laticínios, além de atividades de navegação e recreação, proporcionando grande movimentação no comércio local (CETESB 2001).

As margens do Reservatório de Ilha Solteira apresentam elevado potencial turístico que pode ser demonstrado pelo aumento das atividades de lazer e áreas de segunda residência,

principalmente no Estado de São Paulo, como na foz do Ribeirão da Ponte Pensa com o reservatório, nos municípios de Rubinéia, Santa Fé do Sul e Três Fronteiras; em pequenos núcleos no Rio Grande, nos municípios de Santa Albertina e Mesópolis e nas proximidades da barragem, no município de Ilha Solteira (Pereira 2006).

Aspectos Geomorfológicos e Geológicos

O Reservatório de Ilha Solteira localiza-se na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, no Planalto Centro Ocidental. Os tipos de relevo que ocorrem na área de influência do reservatório são do tipo Planícies Fluviais, Colinas Pequenas, Colinas Médias, Colinas Amplas e Terraços, com predominância desses dois últimos. As amplitudes altimétricas variam entre 30 m e 110 m e as inclinações entre 2% e 25% (Pereira 2006).

Em relação aos aspectos geológicos, localiza-se sobre o Arenito Bauru, que é formado de arenitos de granulação fina, siltitos, conglomeratos, argilitos e calcários, componentes estes que apresentam variações tanto longitudinais como verticais. Apresenta boa porosidade e permeabilidade e, por essa razão, tem-se revelado como excelente aquífero (Carvalho 1980). Os tipos de solos que predominam na área de influência do reservatório são das classes Latossolos (latossolos roxos e latossolos vermelhos escuros) e Podzólico Vermelho Amarelo (Pereira 2006).

Aspectos hidrológicos

Os reservatórios de Ilha Solteira e Três Irmãos são interligados pelo Canal Pereira Barreto através do rio São José dos Dourados. O Canal Pereira Barreto é um canal artificial com 9,6 km de extensão. Propicia a operação energética integrada dos dois aproveitamentos hidrelétricos, permite a navegação e, conseqüentemente, o transporte de cargas e de passageiros entre a região norte e sul da Hidrovia Tietê-Paraná, uma hidrovia muito importante para o escoamento da produção agrícola dos cinco maiores estados produtores de soja do país (CESP 2013).

Vegetação

De acordo com Pereira (2006), existem cerca de 66.659 hectares de áreas cobertas por vegetação natural, o que corresponde a 0,67% de toda a área de influência do reservatório (tabela 1). De acordo com a CESP (2001), a área de influência (AI) equivale a um trecho com 10 km ao longo das margens, a partir do nível d'água atual máximo do reservatório.

Segundo Pereira (2006), quase sempre essa vegetação se encontra em estado degradado, mas é possível encontrar alguns exemplos que assinalam características distintas, como a presença de remanescentes florestais do tipo Campo Cerrado, Campo Arbustivo, Cerrado, Cerrado Arbóreo, Estádios Sucessionais, Vegetação Arbórea, Floresta Estacional semidecídua, Florestas de Transição e Matas de Galeria e Ciliar (tabela 1). As florestas ribeirinhas juntas somam uma porcentagem relativamente grande, no entanto, a mata ciliar é degradada e descontínua no Estado de São Paulo e ausente nos estados de Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais (figura 3).

Tabela 1. Distribuição da Vegetação Natural na área de influência (9.949.631 ha) do reservatório de Ilha Solteira, Fonte: Pereira (2006).

Vegetação Natural	Área (hectares)	Área Percentual (%)	Percentual de vegetação em relação a A.I (%)
Mata de Galeria	16.050	24,08	0,16
Mata Ciliar	6.868	10,30	0,07
Campo Cerrado	2.432	3,65	0,02
Campo Arbustivo	1.143	1,73	0,01
Cerrado	8.463	12,69	0,09
Cerrado Arbóreo	8.449	12,67	0,08
Estádios Sucessionais	2.979	4,47	0,03
Florestas de Transição	14.763	22,15	0,15
Vegetação Arbórea	853	1,29	0,009
Floresta Estacional semidecídua	4.651	6,97	0,05
Total	66.659	100	0,67



Figura 3. Foto aérea da região localizada na margem esquerda do reservatório, ilustrando a ocorrência de floresta Estacional Semidecidual, ausência de mata ciliar e intensa atividade agrícola na área de influência do reservatório. Fonte: Pereira (2006).

Uso do solo

O uso do solo na área de influência do reservatório destina-se à pastagem, que corresponde a maior área, à agricultura perene e semiperene, aos aglomerados agropecuários, à agricultura anual. Há também uma grande área de solo exposto, que fornece indícios de áreas onde a colheita está sendo realizada, ou o solo está sendo preparado para novo plantio, justificando o alto percentual apontado para a categoria de mapeamento “solo exposto” (tabela 2) (figura 4) (Pereira 2006).

Tabela 2. Distribuição do uso do solo na área de influência (9.949.631 ha) do reservatório de Ilha Solteira (Pereira 2006).

Uso do solo	Área (hectare)	Área Percentual (%)	Percentual de uso do solo em relação A.I (%)
Pastagem	776.631	87,09	7,80
Aglomerados agropecuários	21.518	2,41	0,22
Agricultura anual	12.299	1,38	0,12
Agricultura perene	2.793	0,31	0,03
Agricultura semiperene	4.929	0,55	0,05
Solo exposto - outros usos	73.595	8,26	0,74
Total	891.768	100	8,96



Figura 4. Foto aérea da margem esquerda do reservatório de Ilha Solteira, ilustrando solo exposto para agropecuária ou outros usos. Fonte: Pereira (2006).

Clima

Segundo Hernandez *et al.* (1995), o clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo (Aw), caracterizado por apresentar uma estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco), temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C e precipitações superiores a 750 mm anuais, atingindo 1.800 mm.

A temperatura média dos últimos 40 anos na região de Ilha solteira é de 24,7 °C; a precipitação média incidente, de 1.259 mm por ano; e a umidade relativa média do ar, de 62,5%. As maiores rajadas de vento são observadas nos meses de março, agosto e setembro, com média das velocidades superiores a 19 km/hora ou 5,3 m/s (Hernandez, 2007).

Parque Aquícola Ponte Pensa

O parque aquícola Ponte Pensa esta localizado no braço do rio Ponte Pensa, no reservatório de Ilha Solteira, nas coordenadas 20°16'34,96" S e 50°59'02,75" W (figura 1 e 5). Criado com a finalidade de piscicultura em tanques-rede é um dos primeiros em atividades no país, servindo de referência para a proposição de outros parques nas diversas regiões do Brasil (Brasil, 2009). As características morfométricas e hidrodinâmicas da área do Parque aquícola ponte Pensa estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3. Informações morfométricos e hidrodinâmicos da área do Parque aquícola ponte Pensa, no reservatório de Ilha Solteira (David & Carvalho 2013, David *et al.* 2015).

	Unidade	Ponte Pensa
Área	$10^3 \cdot \text{m}^2$	30,9
Profundidade média	m	10,4
Volume	$10^4 \cdot \text{m}^3$	32,1
Vazão	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	172
Tempo de residência	Dias	21,61
Capacidade suporte	$10^3 \times \text{ton} \times \text{ano}^{-1}$	4,59

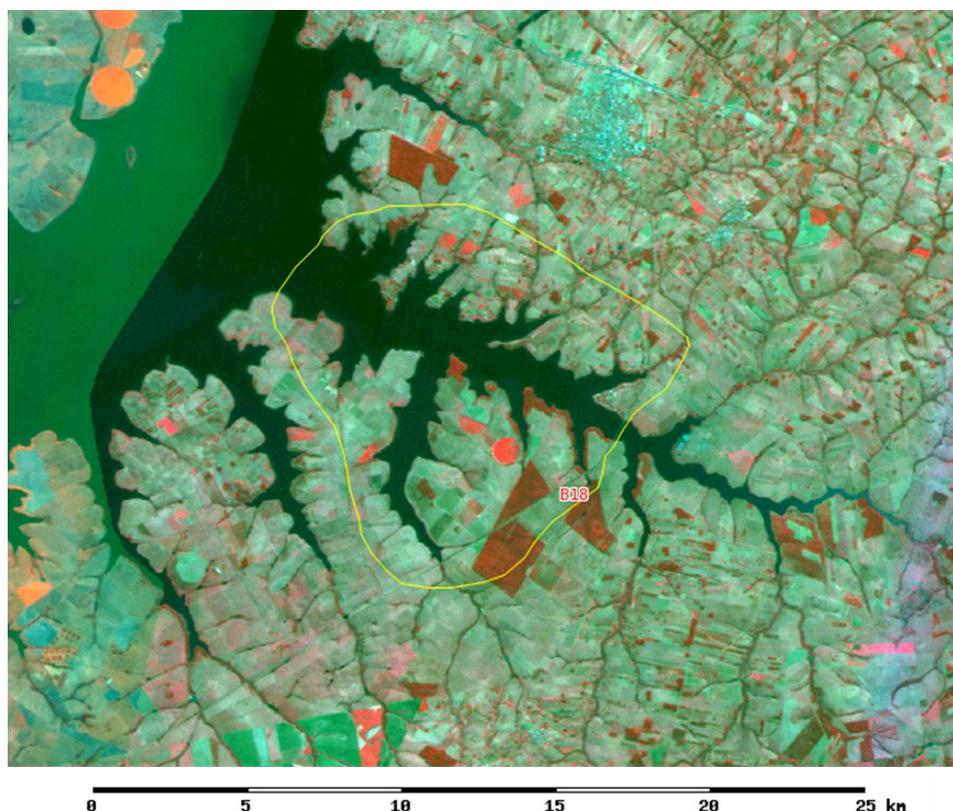


Figura 5. Área do braço Ponte Pensa, delimitada em amarelo.

Fonte: <http://200.145.243.69/parqueaquicola/index.php>. Acesso em: 22 setembro. 2014)

Piscicultura Geneseas Aquacultura

A Empresa Geneseas Aquacultura foi fundada em 2001; é uma empresa 100% brasileira, especializada em pescado e está situada nos estados de São Paulo e do Mato Grosso do Sul; está presente em todos os elos da cadeia produtiva da tilápia, desde a produção do alevino (figura 6), passando por engorda (figura 7) e beneficiamento (figura 8), até a distribuição (figura 9) (Geneseas 2014).



Figura 6. Produção de alevinos na estação de piscicultura de Promissão/SP.

Fonte: <http://geneseas.com.br/novo/sobre/galeria/alevinagem/>



Figura 7. Fazenda de engorda da piscicultura Geneseas em Santa Fé do Sul/SP arraçoamento (A) e vista aérea da fazenda de engorda (B). Fonte: http://geneseas.com.br/novo/wp-content/gallery/fazendas-de-engorda/geneseas_2307_web.jpg



Figura 8. Beneficiamento do pescado na empresa Geneseas Aquacultura. Fonte: <http://geneseas.com.br/novo/sobre/galeria/industria/>



Figura 9. Vendas, armazenagem e distribuição do pescado da empresa Geneseas Aquacultura. Fonte: <http://geneseas.com.br/novo/sobre/cadeia-produtiva/vendas-armazenagem-e-distribuicao>

O estudo foi desenvolvido na área da piscicultura (engorda), onde foram implantados dois módulos com oito tanques-rede de grande volume: 1.200m^3 (20x20x20m), utilizados pela primeira vez no Brasil (figura 10).



Figura 10. Imagem da estrutura de um dos módulos de oito tanques-rede de grande volume utilizados na fazenda de engorda da piscicultura Geneseas Aquacultura. Fonte: Edna F.Rosini (2012).

Delineamento amostral

O delineamento amostral consistiu de amostragem mensais durante dois anos (agosto de 2011 a julho de 2013) em três estações de coleta: E1 (750 m a jusante da área com tanques-rede, coordenadas 20°16'134" S e 50°59'107" O, profundidade média de 30 m), E2 (no local de criação, coordenadas 20°16'452" S e 50° 58'812" O; profundidade média de 27 m), E3 (650 m a montante da área com tanques-rede, coordenadas 20°16'853" S e 50° 58'980" O; profundidade média: 26 m) (figura 1). As estações de coleta foram demarcadas com auxílio de um sistema de posicionamento global de satélites (GPSMAP 76CS/Garmin).

Os tanques-rede foram instalados em janeiro de 2012. Portanto, os cinco meses iniciais de coleta (agosto a dezembro de 2011) correspondem ao período de análise sem influência da criação de tilápias.

Dados mensais sobre quantidade de ração utilizada e produção de peixes foram fornecidos mensalmente pela piscicultura Geneseas. As informações sobre a temperatura do ar e a precipitação pluviométrica da região foram fornecidas pelo Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIAGRO) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.

Literatura citada

- Alves, R.C.P.** 2006. Monitoramento de características físicoquímicas da água e taxas de sedimentação de tripton no córrego da arribada (Baixo Tietê-SP) relacionadas à piscicultura em tanques-rede. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista. Botucatu.
- Alves, R.C.P. & Baccarin, A.E.** 2005 Efeito da produção de peixes em tanques-rede sobre sedimentação de material em suspensão e de nutrientes no córrego do Arribada (UHE Nova Avanhandava, Baixo Rio Tietê, SP). *In: M.G. Nogueira, R. Henry & A. Jorcin (eds.). Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata.* Rima, São Carlos, pp. 329-347.
- Américo, J.H.P., Torres, N.H., Machado, A.A. & Carvalho, S.L.** 2013a. Piscicultura em tanques-rede: Impactos e consequências na qualidade da água. *Revista Científica* 6: 137-150.
- Américo, J.H.P., Previato, V. & Carvalho, S.L.** 2013b. Qualidade da água de uma piscicultura em tanques-rede no rio São José dos Sourados, Ilha solteira – São Saulo. *In: IX Fórum Ambiental da Alta Paulista* 9: 69-77.
- Angelini, R.** 2002. Avaliação da capacidade-suporte da represa do Broa para a colocação de tanques-rede. *Revista Saúde e Ambiente* 3: 42-48.
- 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: 56-65.
- Attayde, J.L., Okun N., Brasil, J., Menezes, R. & Mesquita, P.** 2007. Impactos da introdução da tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus*, sobre a estrutura trófica dos ecossistemas aquáticos do Bioma Caatinga. *Oecologia Australis* 11: 450-461.
- Attayde, J.L. & Panosso, R.** 2011. Capacidade de suporte de oito açudes do Rio Grande do Norte para a piscicultura em tanques-rede. *In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos*

- Hidrico, Maceió. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hidricos. Porto Alegre: ABRH.
- Ayroza, D.M.M.R., Nogueira, M.G., Ayroza, L.M.S., Carvalho, E.D., Ferraud, A.S. & Camargo, A.F.M.** 2013. Temporal and Spatial Variability of Limnological Characteristics in Areas under the Influence of Tilapia Cages in the Chavantes Reservoir, Paranapanema River, Brazil. *Journal of the world aquaculture society* 44: 814-825.
- Ayroza, D.M.M.R., Furlaneto, F.P.B. & Ayroza, L.M.S.** 2006. Regularização dos projetos de tanques-rede em águas públicas continentais de domínio da união no estado de São Paulo. *Boletim Técnico do Instituto de Pesca* 36: 1-32.
- Azevedo, S.M.F.O., Carmichael, W.W., Jochimsen, E.M., Rinehart, K.L., Lau, S., Shaw, G.R. & Eaglesham, G.K.** 2002. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru- Brazil. *Toxicology* 181:441-446.
- Bartozek, E.C.R., Bueno, N.C. & Rodrigues, L.C.** 2014. Influence of fish farming in net cages on phytoplankton structure: a case study in a subtropical Brazilian reservoir. *Brazilian Journal of Biology* 70: 145-155.
- Biato, D.O.** 2005. Detecção e controle de off-flavor em tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), por meio de depuração e defumação. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Bittencourt, L.S.** 2012. *Oreochromis niloticus* e diagnóstico de sua fauna parasitária como ferramenta da avaliação de ameaça dessa invasão biológica na bacia do Igarapé Fortaleza, Macapá (AP). Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Amapá, Macapá.
- Borges, P.A., Train, S., Dias, J.D. & Bonecker, C.C.** 2010. Effects of fish farming on plankton structure in a Brazilian tropical reservoir. *Hydrobiologia* 649: 279-291.
- Boscardin, N. R.** A Produção aquícola brasileira. **2008.** In: A. Ostrensky, J. R. Borghetti & E. D. Soto. 2008. *Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer.* SEAP/FAO, Brasília, pp. 27-72.
- Boyd, C.E., Tucker, C., Mcnevin, A., Bostick, K. & Clay, J.** 2007. Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. *Reviews in Fisheries Science*, 15, 327-360.
- Brabo, M.F., Flexa, C.E., Veras, G.C., Paiva, R.S. & Fujimoto, R.Y.** 2013. Viabilidade econômica da piscicultura em tanques-rede no reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí, estado do Pará. *Informações Econômicas* 43: maio/junho.
- Brandão, F.R., Gomes, L.C., Chagas, E.C. & Araújo, L.D.** 2004. Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanques-rede. *Pesquisa agropecuária brasileira* 39: 57-362.

- Brandão, H.** 2010. Biologia populacional com ênfase na dieta das principais espécies de peixes agregados a um sistema de piscicultura em tanques-rede na represa de Chavantes (médio rio Paranapanema, SP/PR). Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Brandão, H., Lobón-Cerviá, J., Ramos, I.P., Souto, A.C., Nobile, A.B., Zica, E.O.P. & Carvalho, E.D.** 2012. Influence of a cage farming on the population of the fish species *Apareiodon affinis* (Steindachner, 1879) in the Chavantes reservoir, Paranapanema River SP/PR, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 4: 438-448.
- BRASIL.** 2003. Decreto nº 4.895, de 25 de Novembro de 2003. Dispõe sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4895.htm. Acessado em: 22 de maio de 2014.
- BRASIL.** 2009. Agência nacional de águas (ANA). Resolução nº 404, de 18 - VII - 2009. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2009/404-2009.pdf>.
- Bristow, C.E., Morin, A., Hesslein, R.H. & Podemski, C.L.** 2008. Phosphorus budget and productivity of na experimental lake during the initial three years of cage aquaculture. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 65: 2485-2495.
- Bueno, G.W., Marengoni, N.G., Gonçalves Júnior, A.C., Boscolo, W.R. & Teixeira, R.A.** 2008. Estado trófico e bioacumulação do fósforo total no cultivo de peixes em tanques-rede na área aquícola do reservatório de Itaipu. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 30: 237-243.
- Bueno, G.W., Ostrensky, A., Canzi, C., Matos, F.T. & Roubach, R.** 2013. Implementation of aquaculture parks in Federal Government waters in Brazil. *Reviews in Aquaculture* 5: 1-12.
- Cardoso, A.S., Silva Filho, S.M.P., Alves, A.E., Rocha, C.M.C. & Cunha, M.C.C.** 2013. Fitoplâncton como bioindicador de eventos extremos na bacia do rio Una, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 6: 697-710.
- Carvalho, M.** 1980. Considerações sobre alguns aspectos hidrogeológicos da formação Bauru. *Revista do Instituto Geológico* 1: 35-52.
- Castilho, G. G., Pereira, L.A. & Pie, M. R.** 2008. Aqüicultura, segurança alimentar, sanidade e meio ambiente. *In: A. Ostrensky, J. R. Borghetti & E. D. Soto.* 2008. Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer. SEAP/FAO, Brasília, pp.183-208.
- Cavalcante, D.P.** 2010. Criação de peixes nativos em tanques-rede: Influência sobre a qualidade de água e sobre as populações planctônicas do reservatório da usina hidrelétrica Itá. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

- CESP. Companhia Energética de São Paulo.** 2001. Plano de Manejo de Plantas Aquáticas – Grupo de Gestão Territorial, Tomo III. Reservatório da UHE Ilha Solteira, Ilha Solteira.
- CESP. Companhia Energética de São Paulo.** 2006. 40 Peixes do Brasil: CESP 40 anos. Dois, Rio de Janeiro.
- CESP. Companhia Energética de São Paulo.** 2013. Concessão da usina hidrelétrica Três Irmãos. São Paulo.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.** 2001. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo. São Paulo.
- Cigliano, G.D.** 2009. Avaliação da qualidade da água em piscicultura com sistema de cultivo em tanques-rede no município de Santa Fé do Sul, SP. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de São Paulo, Ilha Solteira.
- Cunha, V.V. & Santos Júnior, A.** 2011. Crescimento de juvenis de tambaqui, *Colossoma macroporum* (Cuvier, 1818), em tanques-rede com diferentes densidades populacionais em Ji-Paraná, RO. *Amazônia Ciência e Desenvolvimento* 6: janeiro/junho.
- David, G.S. & Carvalho, E.D.** 2013. Capacidade suporte ambiental de reservatórios para a produção de peixes em tanques-rede: Estudo de caso da área aquícola denominada Ponte Pensa, no reservatório de Ilha Solteira. *In: Anais 5o Simpósio de Tecnologia em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, FATEC – Jahu.*
- David, G.S., Carvalho, E.D., Lemos, D.E.L., Silveira, A.N. & Dall’Aglio-Sobrinho, M.** 2015. Ecological Carrying Capacity for intensive tilapia (*Oreochromis niloticus*) cage aquaculture in a large hydroelectrical reservoir in Southeastern Brazil. *Aquacultural Engineering* 66: 30-40.
- Degefu, F., Mengistu, S. & 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* 316:129-135.
- Demir, N., Kirkagac, M. U. Pulatsü, S., & Bekcan, S.** 2001. Influence of trout cage culture on water quality, plankton and benthos in an Anatolian Dam Lake. *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh.*
- Deng, D. G., Xie, P., Zhou, Q., Yang, H. & Guo, L.G.** 2007. Studies on temporal and spatial variations of phytoplankton in Lake Chaohu. *Journal of integrative plant biology* 49: 409-418.
- Dias, J.D., Takahashi, E.M., Santana, N.F. & Bonecker, C.C.** 2011. Impact of fish cage-culture on the community structure of zooplankton in a tropical reservoir. *Iheringia* 101: 75-84.

- Diaz, M.M.; Temporetti, P.F.; Pedrozo, F.L.** 2001. Response of phytoplankton to enrichment from cage fish farm waste. In: Alicura Reservoir (Patagonia, Argentina). *Lakes & Reservoirs: Research & Management* 6: 151-158.
- Dörr, F. A., Pinto, E., Soares, R. M. & Azevedo, S. M. F. O.** 2010. Microcystins in South American aquatic ecosystems: Occurrence, toxicity and toxicological assays. *Toxicon* 56: 1247-1256.
- Eche, L.M.F.** 2009. Cultivo de peixes em tanques-rede: efeito sobre a energia e a estrutura trófica em ambientes aquáticos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Maringá.
- Eler, M.N., Ceccarelli, P.S., Bufon, A.G.M. & Espindola, E.L.G.** 2001. Mortandade de peixes (matrinxã, *Brycon cephalus*, e pacu, *Piaractus mesopotamicus*) associada a uma floração de cianobactérias em pesque-pague, município de Descalvado, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim Técnico CEPTA* 14:35-45.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations.** 2014. The state of world fisheries and aquaculture. Rome. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>. Acessado em: 22 de maio de 2014.
- Figueredo, C. C. & Giani, A.** 2005. Ecological interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplanktonic community of the Furnas Reservoir (Brazil). *Freshwater Biology* 50: 1391-1403.
- Folke, C. & Kautsky, N.** 1989. The Role of Ecosystems for a Sustainable Development of Aquaculture. *Ambio* 18: 234-243.
- Frasca-Scorvo, C.M., Scorvo Filho, J.D., Donadelli, A., Turco, P.H.N.** 2012. Piscicultura em tanques-rede em represas rurais. *Pesquisa & Tecnologia* 9: janeiro/junho.
- Furlaneto, F. P. B., Ayroza, L. M. S., Ayroza, D. M. M. R. & Martins, M. I. E. G.** 2006. Custo de produção e impacto da política pública na piscicultura em tanques-rede no estado de São Paulo, Brasil. In: XLIV Congresso da sober, Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, Fortaleza, 23 a 27 de Julho de 2006.
- Geneseas.** 2014. Disponível em: <http://geneseas.com.br/novo/sobre/a-geneseas/quem-somos/>
- Granado, D. C., Henry, R. & Tucci, A.** 2009. Influência da variação do nível hidrométrico na comunidade fitoplanctônica do Rio Paranapanema e de uma lagoa marginal na zona de desembocadura na Represa de Jurumirim (SP). *Hoehnea* 36: 113-129.
- Guarino, A. W. S., Branco, C. W. C., Diniz, G. P. & Rocha, R.** 2005. Limnological characteristics of an old tropical reservoir (Ribeirão da Lages Reservoir, RJ, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia* 17: 129-141.

- 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: 201–212.
- Guo, L., Zhongjie, L., 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.
- Hakanson, L.** 2005. Changes to lake ecosystem structure resulting from fish cage farm emissions. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, Richmond 10: 71-80.
- Hernández, F. B. T.,** Lemos Filho, M. A. F., Buzetti, S. 1995. Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira, Ilha Solteira, UNESP / FEIS / Área de Hidráulica e Irrigação, 1995, 45p. (UNESP / FEIS / Área de Hidráulica e Irrigação, Série Irrigação, 1).
- Hernández, F.B.T.** 2007. Análise agroclimática da área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- Hernández, J.E.I.** 2014. Avaliação da fragilidade à erosão das margens do reservatório de Ilha Solteira – SP, utilizando as geotecnologias como ferramentas de análise ambiental. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- Honda, R.Y., Mercante, C.T.J., Vieira, J.M.S., Esteves, K.E., Cabianca M.A.A. & Azevedo, M.T.P.** 2006. Cianotoxinas em pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo. *In:* Esteves, K.E. & C.L. Sant’Anna, (orgs.). *Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente saúde pública e manejo*. Rima, São Paulo, pp. 105-120.
- Huaxue, L., Xingyu,S., Liangmin, H., Yu, Z., Pingping S. & Geng, Q.** 2011. Diurnal variation of phytoplankton community in a high frequency area of HABs: Daya Bay, China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 29: 800-806.
- Huszar, V.L.M., L.H.S. Silva, M.M. Marinho, P. Domingos & C.L. Sant’Anna,** 2000. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *In:* C.S. Reynolds, M. Dokulil & J. Padisak (eds.). *The Trophic Spectrum Revisited: The Influence of Trophic State on the Assembly of Phytoplankton Communities* Kluwer. Academic Publishers, Dordrecht, pp. 67-77.
- Kaggwa, M. N., Liti, D. M. & Schagerl, M.** 2011. Small tropical reservoirs and fish cage culture: a Pilot study conducted in Machakos district, Kenya. *Aquaculture* 19:839-853.
- Köppen, W.** 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Econômica. México. 479p.
- Kosten, S., Huszar, V.L., Bécares, E., Costa, L.S., Donk, E., Hansson, L., Jeppesen, E., Kruk, C., Lacerot, G., Mazzeo, N., Meester, L. D. B., 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.
- Kranz, S.A., Sültemeyer, D., Richter, K.U. & Rost, B.** 2009. Carbon acquisition by *Trichodesmium*: The effect of pCO₂ and diurnal changes. *Limnology Oceanography* 54: 548-559.
- Kubitza, F.** 1998. Qualidade da Água na Produção de Peixes - Parte II. Panorama da Aquicultura: Março/Abril.
- Kubitza, F.** 2008. Manejo na produção de peixes. Panorama da Aquicultura: julho/agosto.
- Lins, R.P.M.** 2011. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica em um reservatório eutrófico do trópico semiárido brasileiro. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- Lee, B.Y., Lee, W.J., Streelman, J.T., Carleton, K.L., Howe, A.E., Hulata, G., Slettan, A., Stern, J.E., Kocher, Y.T.T.D.** 2005. A Second-Generation Genetic Linkage Map of *Tilapia* (*Oreochromis* spp.).
- Magalhães, V.F., Marinho, M. M., Domingos, P., Oliveira, A.C., Costa, S.O., Azevedo, L.O. & Azevedo, S.M.F.O.** 2003. Microcystins (Cyanobacteria Hepatotoxinas) bioaccumulation in fish and crustaceans from Sepetiba Bay (Brazil-RJ). *Toxicon* 42: 289-295.
- Mallasen, M., Barros, H. P. & Yamaschita, E. Y.** 2008. Produção de peixes em tanques-rede e a qualidade de água. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária* 1: 46-51.
- Mallasen, M., Carmo, C.F., Tucci, A., Barros, H. P., Rojas, N.E.T., Fonseca, F.S. & Yamashita, E. Y.** 2012. Water quality in Cage system fish farm in Ilha Solteira reservoir, SP. *Boletim do Instituto de Pesca* 38: 15-30.
- Margalef, R.** 1983. *Limnologia*. Editora Omega, Barcelona.
- Menezes, L.C.B., Beyruth, Z.** 2003. Impactos da aquicultura em tanques-rede sobre a comunidade bentônica de Guarapiranga São Paulo - SP. *Boletim do Instituto de Pesca* 29: 77-86.
- Mercante, C.T.J., Carmo, C.F., Rodrigues, C.J., Osti, J.A.S., Mainardes-Pinto, C.S., Vazdos Santos, A.M., Tucci, A. & Di Genaro, A.** 2011. *Limnologia de viveiro de criação de tilápias do Nilo: avaliação diurna visando boas práticas de manejo*. *Boletim do Instituto de Pesca* 37: 73-84.
- Militão, E.S., Souza, C.S.S., Costa, S.M.A.L. & Fernandes, W.B.** 2007. Custo de produção de tilápia em Ilha Solteira. *In: XLV Congresso da Sober, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Londrina*.

- MPA.** Ministério da pesca e aquicultura, 2011a. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura. 60p. Disponível em: http://www.mpa.gov.br/files/docs/boletim_mpa_2011_pub.pdf Acessado em: 07/10/2014.
- MPA. Ministério da pesca e aquicultura.** 2011b. Parques aquícolas Instrumento de Ordenamento e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura. IOMG, Belo Horizonte.
- MPA. Ministério da pesca e aquicultura.** 2014. Parques aquícolas continentais. Disponível em <http://www.mpa.gov.br/index.php/aquicultura/aguas-da-uniao/parques-aquicolas/parques-aquicolas-continentais>. Acessado em: 07/10/2014.
- Nobile, A.B.** 2010. A ictiofauna agregada a um sistema de piscicultura em tanques-rede na represa oligotrófica de Chavantes (médio rio Paranapanema, SP/PR): composição de espécies e atributos ecológicos. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Nõges, P., Mischke, U., Laugaste, R. & Solimini, A. G.** 2010. Analysis of changes over 44 years in the phytoplankton of Lake Võrtsjärv (Estonia): the effect of nutrients, climate and the investigator on phytoplankton-based water quality indices. *Hydrobiologia* 646: 33–48.
- Nogueira, M.G. & Matsumura-Tundisi, T.** 1996. Limnologia de um sistema artificial raso (Represa do Monjinho, Sao Carlos, SP). Dinamica das populações planctônicas. *Acta Limnologica Brasiliensia* 8: 149-168.
- Nogueira, I.S., Nabout, C.J., Oliveira, J.E. & Silva, K.D.** 2008. Diversidade (alfa, beta e gama) da comunidade fitoplanctônica de quatro lagos artificiais urbanos do município de Goiania, GO. *Hoehnea* 35: 219-233.
- Novaes, A.F., Pereira, G.T., Espagnoli, M.I. & Martins, G.** 2012. Indicadores zootécnicos e econômicos da tilapicultura em tanques-rede de diferentes dimensões. *Boletim do Instituto de Pesca* 38: 379-387.
- Nunes, F.C.** 2012. Estudo taxonômico das espécies de peixes de água doce da bacia do rio Pojuca, Bahia, Brasil. Monografia. Universidade Federal Bahia, Salvador.
- Oliver, R.L. & Ganf, G.G.** 2000. Freshwater blooms. *In*: B. A. Whitton & M. Potts (eds.). *The ecology of Cyanobacteria: their Diversity in Time and Space*. Kluwer Academic Publishers, pp.149-194.
- Osti, J.A.S.** 2013. Características limnológicas e do fitoplâncton de viveiro de criação de tilápia-do-nilo e de wetlands construídas para o tratamento do efluente. Tese de Doutorado, Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal.

- Ostrensky, A., Borghetti, J. R. & Soto, E. D.** 2008a. Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer. SEAP/FAO, Brasília.
- Ostrensky, A., Boeger, W.A. & Chammas, M.A.** 2008b. Potencial para o desenvolvimento da Aquicultura no Brasil. *In*: A. Ostrensky, J. R. Borghetti & E. D. Soto. 2008. Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer. SEAP/FAO, Brasília, pp. 159-182.
- Padisák, J., Borics, G., Feher, G., Grigorszky, I., Oldal, I., Schmidt, A. & Zambone-Doma, Z.** 2003. Dominant species, functional assemblages and frequency of equilibrium phases in late summer phytoplankton assemblages in Hungarian small shallow lakes. *Hydrobiologia* 502:157-168.
- Paes, J. V. K.** 2006. A ictiofauna associada e as condições limnológicas num sistema de piscicultura em tanques-rede, no reservatório de Nova Avanhandava, baixo rio Tietê. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Pedreira, M.M., Sampaio, E.V., Santos, J.C.E. & Luz, R.K.** 2010. Cultivo de matrinxã *Brycon orthotaenia* (Günther, 1864) em tanques-rede, em diferentes densidades de estocagem. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 32: 17-22.
- Pereira, A. O.** 2006. Caracterização do uso e ocupação do solo na área de influência do reservatório de Ilha Solteira. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- Pestana, P. & Ostrensky, A.** 2008. Aspectos da viabilidade econômica da aquicultura em pequena e média escala. *In* Ostrensky, A., J.R. Borghetti, & E.D. Soto, 2008. Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer. SEAP/FAO, Brasília, pp. 209-229.
- Polese, M.F.** 2014. Produção de tilápias em tanques-rede. *In* XXIV Congresso Brasileiro de Zootecnia, Vitória.
- Previato, V.** 2009. Influência de uma Piscicultura em tanques rede na Qualidade da Água do Rio São José dos Dourados no Município de Ilha Solteira/SP. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- Ramos, I. P., Vidotto-Magnoni, A. P. & Carvalho, E.D.** 2008. Influence of cage fish farming on the diet of dominant fish species of a Brazilian reservoir (Tietê River, High Paraná River basin). *Acta Limnologica Brasiliensia* 20: 245-252.
- Ramos, I.P., Brandão, H., Zanatta, A.S., Zica, E.O.P., Silva, R.J., Ayroza, D.M.M.R., Carvalho, E.D.** 2013. Interference of cage fish farm on diet, condition factor and numeric abundance on wild fish in a Neotropical reservoir. *Aquaculture* 415:56-62.
- Reynolds, C.S.** 1988. Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. *In*: C.D. Sandgren (ed.). *Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton*. Cambridge University Press, New York, pp. 388-433.

- Reynolds, C.S.** 2006. Ecology of Phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rodrigues, C.J., Mercante, C.T.J., Carmo, C.F., Tucci, A., Osti, J.A.S. & Genaro A.C.** 2010. Diurnal dynamic of inorganic carbon and oxygen dissolved in a Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) fish pond, São Paulo, Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 22: 466-473.
- Rocha, E.S.** 2006. Sustentabilidade ambiental do sistema intensivo do cultivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede e a capacidade de suporte de quatro reservatórios em uma região semi-árida tropical. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Rocha, A.C.L.** 2008. Caracterização limnológica e a determinação da capacidade suporte do reservatório de Mendubim (Rio Grande do Norte) para o cultivo de peixes em tanques-rede. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Rocha, C.M.C., Resende, E.K., Routledge, E.A.B. & Lundstedt, L.M.** 2013. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48: IV-VI.
- Romanov, R.E. & Kirillov, V.V.** 2012. Analysis of the seasonal dynamics of river phytoplankton based on succession rate indices for key event identification. *Hydrobiologia* 695: 293-304
- Sant'Anna, C.L., Gentil, R.C. & Silva, D.** 2006. Comunidade fitoplanctônica de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo. *In*: K.E. Esteves & C.L. Sant'Anna (org.). *Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente saúde pública e manejo*. Rima, São Paulo, pp. 49-62.
- Sant'Anna, C.L., Azevedo, M.T.P., Werner, V.R., Dogo, C.R., Rios, F.R. & Carvalho, L.R.** 2008. Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. *Algological Studies* 126: 249-263.
- Scorvo Filho, J.D., Frascá-Scorvo, C.M.D., Alves, J.M.C., Souza, F.R.A.** 2010. A tilapicultura e seus insumos, relações econômicas. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39: 112-118.
- Sipaúba-Tavares, L.H., Lourenço, E.M. & Braga, F.M.S.** 2010. Water quality in six sequentially disposed fishponds with continuous water flow. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 32: 9-15.
- Smith, J. L., Boyer, G.L. & Zimba, P.V.** 2008. A review of cyanobacterial odorous and Bioactive metabolites: Impacts and management alternatives in aquaculture. *Aquaculture* 280: 5-20.

- Song, X.Y., Huang, L.M., Zhang, J.L.** 2009. Harmful algal blooms (HABs) in Daya Bay, China: An in-situ study of primary production and environmental impacts. *Marine Pollution Bulletin* 58: 1310-1318.
- Souza, S.M.G., Mathies, V.D. & Fioravanzo, R.F.** 2012. Off-flavor by geosmine and 2 methylisoborneol in aquaculture. *Semina: Ciências Agrárias* 33: 835-846.
- Tucci, A., Deberdt, A.J. & Deberdt, G.L.B.** 2004. Análise da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Salto Grande (Americana, SP): Uma revisão dos estudos desenvolvidos em um sistema eutrófico. *In: E.L.G. Espíndola, M.A. Leite & C.B. Dornfeld (orgs.). Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): Caracterização, impactos e propostas de manejo.* Rima, São Carlos, pp.107-153.
- Tundisi, J.G. & Matsumura Tundisi, T.** 2008. *Limnologia.* Oficina de Textos Editora, São Paulo.
- Valenti, W.C., Poli, C.R., Pereira, J.A. & Borghetti, J.R.** 2000. Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável. Ministério da Ciência e Tecnologia/CNPq, Brasília.
- Vallod, D., Cravedy, J. P., Hillenweck, A., Robin, J.** 2007. Analysis off the off-flavor risk in carp production in ponds in Dombes and Forez (France). *Aquaculture International* 15: 287-298.
- Werner, V.R.** 2002. Cyanophyceae/Cyanobacteria no sistema de lagoas e lagunas da planície costeira do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Whitton, B.A. & Potts, M.** 2000. Introduction to the Cyanobacteria. *In: B.A. Whitton & M. Potts (eds.) The ecology of Cyanobacteria. Their diversity in time and space.* Kluwer Academic, Dordrecht, pp. 1-11.
- Xavier, M.B., Mainardes-Pinto, C.S.R. & Takino, M.** 1991. *Euglena sanguinea* Ehrenberg Bloom in a fish-breeding tank (Pindamonhagaba, São Paulo, Brasil). *Algological Studies* 62:133-142.
- Zanatta, A.S.** 2007. Tilapicultura em ecossistemas aquáticos abertos: Desenvolvimento sustentável ou degradação Ambiental? Estudo de caso em represa oligotrófica. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Zanatta, A.S., Perbiche-Neves, G., Ventura, R., Ramos, I.P. & Carvalho, E.D.** 2010. Effects of a small fish cage farm on zooplankton assemblages (Cladocera and Copepoda: Crustacea) in a sub-tropical reservoir (SE Brazil). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 5: 530-539.

- Zanatta, A.S.** 2011. As interferências das pisciculturas em tanques-rede sobre as assembleias de peixes em grandes reservatórios do rio Paranapanema (Bacia do Alto Paraná). Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Zang, C., Huang, S., Wu, M., Du S., Scholz, M., Gao, F., Lin C., Guo, Y. & Dong, Y.** 2011. Comparison of Relationships Between pH, Dissolved Oxygen and Chlorophyll a for Aquaculture and Non-aquaculture Waters. *Water Air Soil Pollut* 219:157-174.
- Zimmermann, S. & T.O.B. Hasper.** 2003. Piscicultura no Brasil: o processo de intensificação da tilapicultura. *In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 40. Santa Maria. Anais. Santa Maria: SBZ. CD ROOM.
- Zhang, M., Yu, Y., Yang, Z., Shi, X.L. & Kong, F.X.** 2012. The distribution of phytoplankton along trophic gradients and its mediation by available light in the pelagic zone of large eutrophic lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69: 1935-1946.

Capítulo I

**Influência da tilapicultura em tanques-redes na qualidade da água do parque
aquícola Ponte Pensa, Reservatório Ilha Solteira, São Paulo, Brasil**

Resumo: Este estudo analisou a variação espacial (horizontal, vertical) e temporal (mensal) das variáveis físicas e químicas da água na zona de influência da tilapicultura em tanques-redes (20x20x3 m) no parque aquícola Ponte Pensa (Reservatório de Ilha Solteira), abrangendo os períodos pré e pós-introdução da tilapicultura. Amostras da água foram obtidas mensalmente (agosto/2011 a julho/2013) na subsuperfície, a 2 metros e 4 metros de profundidade em três estações de amostragem: jusante da área de criação (E1), local de criação (E2) e a montante (E3) (n = 216). Foram avaliados a temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, a transparência da água, íon amônio, bem como nitrogênio e fósforo total. Análise de Componentes Principais foi utilizada para análise conjunta dos dados e demonstrou que a dinâmica das variáveis físicas e químicas da água nas estações de amostragem foi influenciada pela variação sazonal e, também, pelas atividades de piscicultura, detectada especialmente a partir de janeiro de 2013. Ao longo do tempo foi registrado aumento nas concentrações de íon amônio e fósforo total, diminuição do pH e das concentrações de oxigênio dissolvido. As características hidrodinâmicas da área do Parque aquícola Ponte Pensa, como: tempo de residência curto (21,6 dias), e vazão ($172 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), provavelmente, conferiram eficiência na capacidade de assimilação das perturbações na qualidade da água provocadas pelas atividades e manejo da piscicultura e, portanto, foram determinantes na atenuação do impacto da carga orgânica do uso da ração e do metabolismo dos peixes no sistema aquático estudado.

Palavras-chave: tanques-rede, íon amônio, oxigênio, piscicultura

Abstract: This study analyzed the spatial (horizontal, vertical) and temporal (monthly) physical and chemical water variables in the aquaculture influence zone in net cages (20x20x3m) in the Ponte Pensa aquaculture area (Ilha Solteira Reservoir), covering the pre and post-introduction of tilapia production. Water samples were collected monthly (August/2011 to July/2013), on the subsurface, at 2 and 4 meters depth, in three sampling sites: downstream from farming area (E1), farming area (E2) and upstream from farming area (E3) (n=216). Water temperature and transpance, ammonia, nitrogen and total phosphorous were evaluated. Principal Component Analysis (PCA) was used for dataset joint analysis and demonstrated that the dynamics of the water physical and chemical variables in the sampling sites were influenced by seasonal variations and also by fish farming activities in net cages, especially observed as of January 2013. In time, there was an increase in ammonia and total phosphorous as well as a decrease of pH and dissolved oxygen concentrations. The hydrodynamics of the Ponte Pensa fish farming area, as short residence time (21.6 days), and flow (172 m³.s⁻¹) probably, conferred efficiency to the capacity to assimilate impacts on water quality caused by fish farming activities and management and they were determining to mitigate impacts caused by the organic load resulting from the food and fish metabolism in the studied aquatic system.

Key words: net cages, ammonia, oxygen, fish farming

Introdução

A produção de tilápia no Brasil, em 2011, ultrapassou 253 mil toneladas, 63% a mais que em 2010 (155 mil toneladas) (MPA 2011). Este aumento na produção se deve, principalmente, à expansão de empreendimentos que utilizam tanques-rede para produção de peixes nas águas dos médios e grandes reservatórios das usinas hidroelétricas.

A criação de peixes em tanques-rede é uma modalidade de criação intensiva, com elevado potencial de impacto ambiental uma vez que os resíduos gerados pelas sobras da ração e excretas dos peixes são lançados diretamente no ambiente aquático (Guo & Li 2003, Alves & Baccarin 2005, Bueno *et al.* 2008, Guo *et al.* 2009, Mallasen *et al.* 2008, Mallasen *et al.* 2012). Estes resíduos aumentam, principalmente, as concentrações de nitrogênio e fósforo na água podendo levar a um processo de eutrofização artificial, evidenciando-se uma reação em cadeia de causas e efeitos, cuja característica principal é a quebra da estabilidade do sistema (Mercante *et al.* 2006).

A influência da piscicultura em tanques-rede nas características limnológicas da água depende da intensidade de produção dos peixes, da dispersão dos resíduos efluentes, da qualidade da ração utilizada e da capacidade de assimilação do ambiente onde estão instalados os tanques-rede (Borghetti & Ostrenky, 1999, Ferreira-Junior 2012, Mallasen *et al.* 2012, Ayroza *et al.* 2013).

Alguns estudos (Fernandes *et al.* 2001, Piedrahita 2003, Borges *et al.* 2010, Mallasen *et al.* 2012) ressaltam a importância da implantação dos tanques-rede em reservatórios com características hidrodinâmicas favoráveis, que permitam a dispersão dos nutrientes oriundos da carga orgânica do sistema de produção e que favoreçam a assimilação das perturbações na qualidade de água provocadas pelo processo de criação em tanques-rede. Portanto, a delimitação dos parques aquícolas representa uma ferramenta importante para o planejamento do desenvolvimento da aquicultura, uma vez que é feita a partir de estudos multidisciplinares (morfométricos, climatológicos, hidrodinâmicos etc.) que visam delimitar áreas com características hidrodinâmicas favoráveis à piscicultura em tanques-rede (David *et al.* 2015).

No entanto, estudos que avaliem a interferência desta atividade nas características limnológicas do local onde estão instalados os tanques-rede são importantes para entender

melhor a dinâmica e a relação do ambiente com esta modalidade de produção e avaliar a eficiência das características hidrodinâmicas destas áreas delimitadas.

O objetivo desse estudo foi analisar a variação espacial (horizontal, vertical) e temporal (mensal) das variáveis físicas e químicas da água na zona de influência da tilapicultura em tanques-redes no reservatório de Ilha Solteira (Parque Aquícola Ponte Pensa), abrangendo os períodos pré e pós-introdução da tilapicultura.

Material e Métodos

Este estudo foi realizado na área do parque aquícola Ponte Pensa (20°16'34,96" S e 50°59'02,75" W), no reservatório de Ilha Solteira, São Paulo, em piscicultura com tanques-rede de 1.200 m³ (20x20x3 m). Amostras da água foram obtidas mensalmente (agosto/2011 a julho/2013), em três profundidades e em três estações de amostragem: 750 m a jusante da área onde foram instalados os tanques-rede (E1), no local de criação (E2) e 650 m a montante do local de criação (E3).

A localização e caracterização da área de estudo, bem como as descrições das estações de coleta, são apresentadas no tópico "Introdução geral" deste trabalho.

As variáveis ambientais estudadas neste capítulo foram: precipitação pluviométrica (mm), temperatura do ar (°C), temperatura da água superficial e da coluna d'água (°C), profundidade da zona de mistura (m), transparência (m), profundidade da zona eufótica (m), potencial hidrogeniônico (pH), turbidez (UNT), condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido ($\mu\text{g L}^{-1}$), íon amônio ($\mu\text{g L}^{-1}$), nitrogênio total ($\mu\text{g L}^{-1}$), fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$).

Variáveis Climáticas: As informações sobre a precipitação pluviométrica e a temperatura do ar da região foram fornecidas pelo Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.

Variáveis Físicas e Químicas da Água: Os perfis de temperatura da água (°C), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) e oxigênio dissolvido ($\mu\text{g L}^{-1}$) foram obtidos *in situ* na subsuperfície, a 2 metros e 4 metros de profundidade, com Sonda multiparâmetro YSI Professional Plus (ProPlus).

A transparência da água (m) foi obtida por meio da profundidade de desaparecimento do disco de Secchi e a zona eufótica (Zeuf) foi estimada multiplicando os valores de transparência pelo fator 3,0 (Cole 1983).

As amostras de água para as demais variáveis limnológicas abióticas foram coletadas na superfície, a 2 metros e a 4 metros de profundidade com garrafa coletora de “van Dorn”. Foram armazenadas em frascos de polipropileno, mantidas refrigeradas em caixas térmicas e encaminhadas ao laboratório de análises químicas (ISO 17025) em São José do Rio Preto, SP, onde foram analisados: ion amônio ($\mu\text{g L}^{-1}$) (Solorzano 1969), nitrogênio e fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$) (Valderrama 1981).

Os dados obtidos foram comparados aos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL 2005) para verificar se permanecem dentro dos limites para corpos de água classe II, na qual a aquicultura está incluída.

Análises Estatísticas: Os dados foram analisados mediante análises estatísticas multivariadas através do Programa PC-ORD versão 6.0 para Windows (McCune & Mefford, 2011). Para análise da variabilidade ambiental dos dados abióticos em relação aos meses de estudo (temporal) e as diferentes profundidades e estações de amostragem (espacial), foi realizada análise de componentes principais (ACP). Utilizou-se, para as variáveis abióticas, a transformação “ranging” ($[(x - x_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})]$) e matriz de covariância.

Resultados

Os dados de precipitação e temperatura do ar evidenciaram a variação cíclica com sazonalidade, verão úmido e inverno seco. O período chuvoso ocorreu entre outubro/2011 e junho/2012 com as maiores precipitações em janeiro; os meses secos, bem característicos, foram registrados em julho e agosto (figura 1).

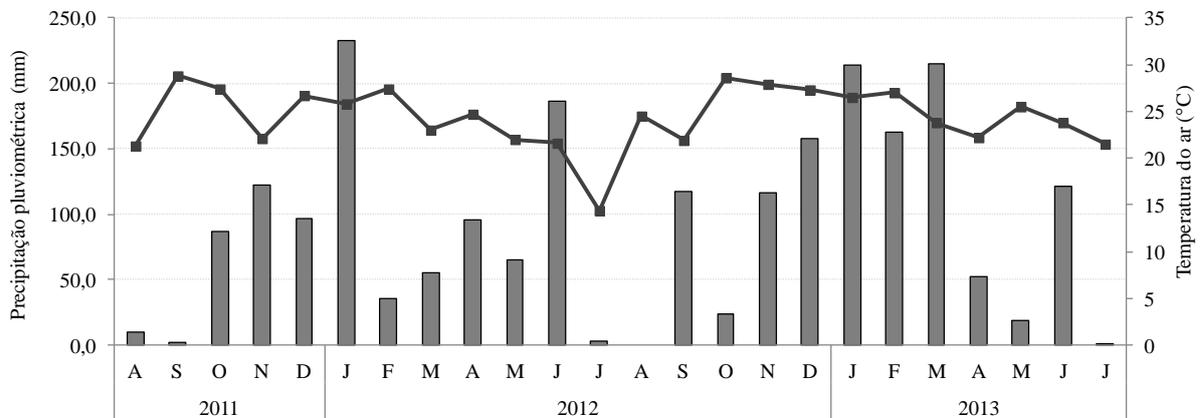


Figura 1. Variação média mensal da temperatura do ar (°C) e da precipitação pluviométrica (mm) para a região de Santa Fé do Sul/SP durante o período de estudo (Fonte: Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo). (Barras: precipitação; linha: temperatura).

Temperatura da água (°C): A temperatura da água praticamente não variou entre as profundidades analisadas e entre as estações de coleta, ficando ao redor de 26,5 °C. Entretanto, registrou-se uma variação sazonal evidente, sendo que as temperaturas mais baixas ocorreram em julho/2012 (22,6 °C) e as mais elevadas, em fevereiro/2012 (30,7 °C) (figura 2).

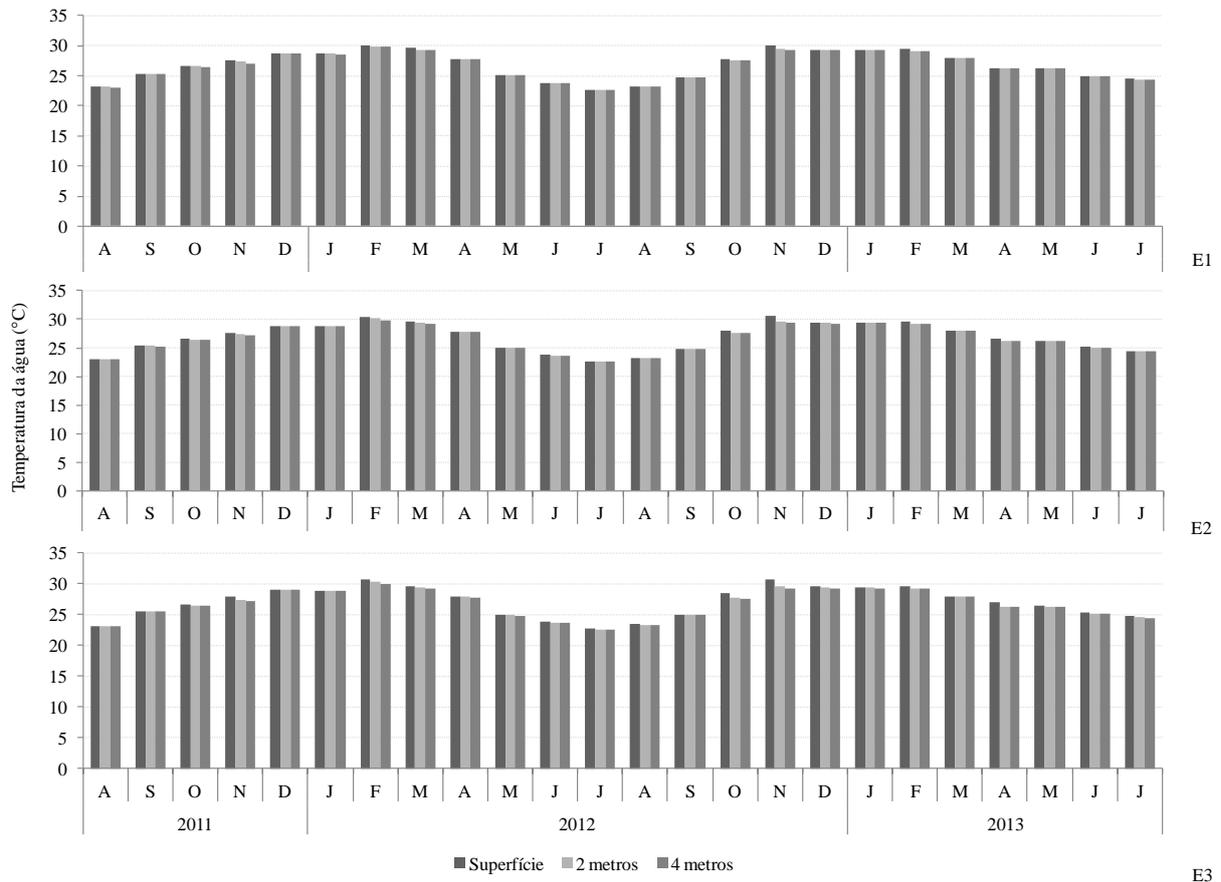


Figura 2. Variação mensal da temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), obtida no momento da coleta, na superfície, 2 m e 4 m, nas três estações de amostragem durante o período de estudo (E1: Estação 1, Estação 2: E2 e Estação 3: E3).

Transparência da água e zona eufótica (m): A transparência da água variou entre 2,0 e 8,3 m e a zona eufótica, variou entre 6,0 m e 24,9 m entre as três estações de amostragem e ao longo de todo período de estudo. Registrou-se a mesma distribuição dos valores de transparência e zona eufótica entre as três estações de amostragem (figura 3). Nos meses de março, abril e maio de 2012 e 2013, registrou-se queda na transparência da água de até 4,0 m em relação aos demais meses anteriormente analisados, e em março de 2013, no ponto 2, registrou-se a menor transparência da água (2,0 m) para todo o período de estudo (figura 3).

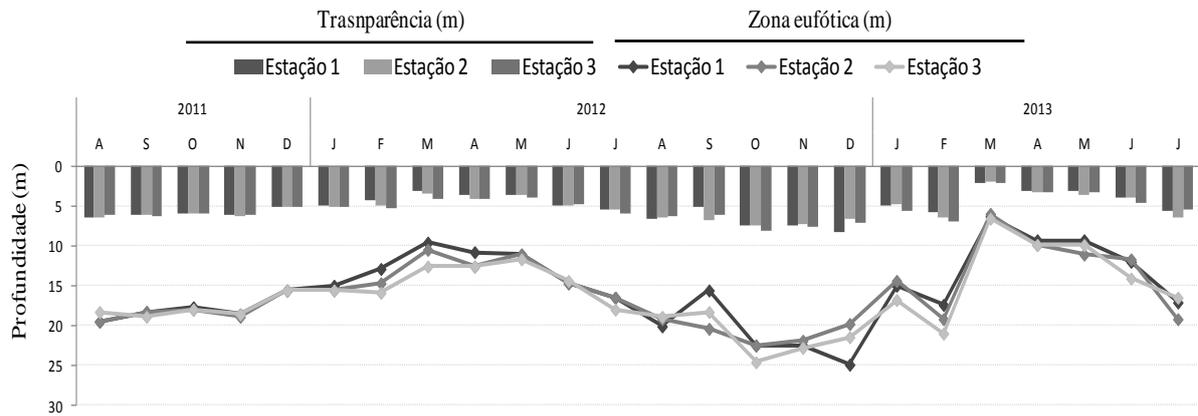


Figura 3. Variação mensal da transparência da água (m) e da zona eufótica (m) nas três estações de amostragem durante o período de estudo.

Oxigênio dissolvido: A concentração de oxigênio dissolvido variou entre $3,1 \text{ mg L}^{-1}$ e $8,9 \text{ mg L}^{-1}$ entre as três profundidades e entre as estações de coleta durante o período de estudo (figura 4). Valores médios acima de $6,4 \text{ mg L}^{-1}$. Observou-se queda na concentração de oxigênio dissolvido a partir de março de 2012 na estação 2 (4 metros de profundidade). De setembro/2012 a abril de 2013, foram registradas oscilações mais evidentes na concentração dessa variável na estação 2 (local de criação dos peixes), com menores valores nos meses de outubro/2012 a 2 metros de profundidade ($3,2 \text{ mg L}^{-1}$) e dezembro/2012 a 4 metros de profundidade ($3,1 \text{ mg L}^{-1}$) (figura 4).

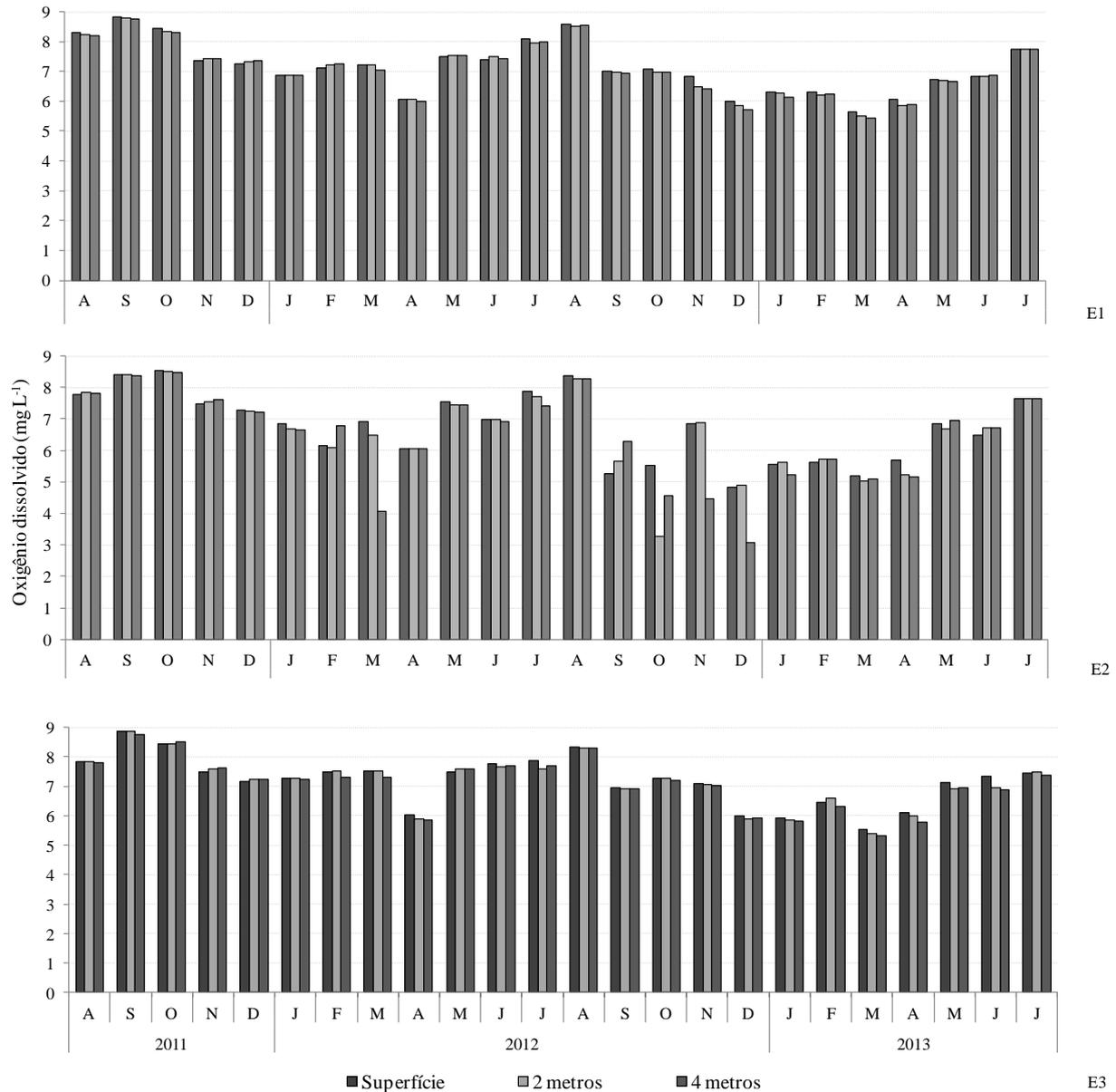


Figura 4. Variação mensal do oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) nas três profundidades analisadas e nas três estações de amostragem durante o período de estudo (E1: Estação 1, E2: Estação 2 e E3: Estação 3).

pH: Os valores de pH variaram de 6,5 a 8,5 e, de maneira geral, ficaram muito próximos entre as três profundidades e entre as três estações de coleta durante os meses amostrados (agosto/2011 a julho/2013). Os menores valores foram registrados na estação 2, em outubro/2012 a 2 e 4 metros de profundidade (6,55) e em novembro e dezembro de 2012 a 4 metros de profundidade (6,73 e 6,52, respectivamente) (figura 5).

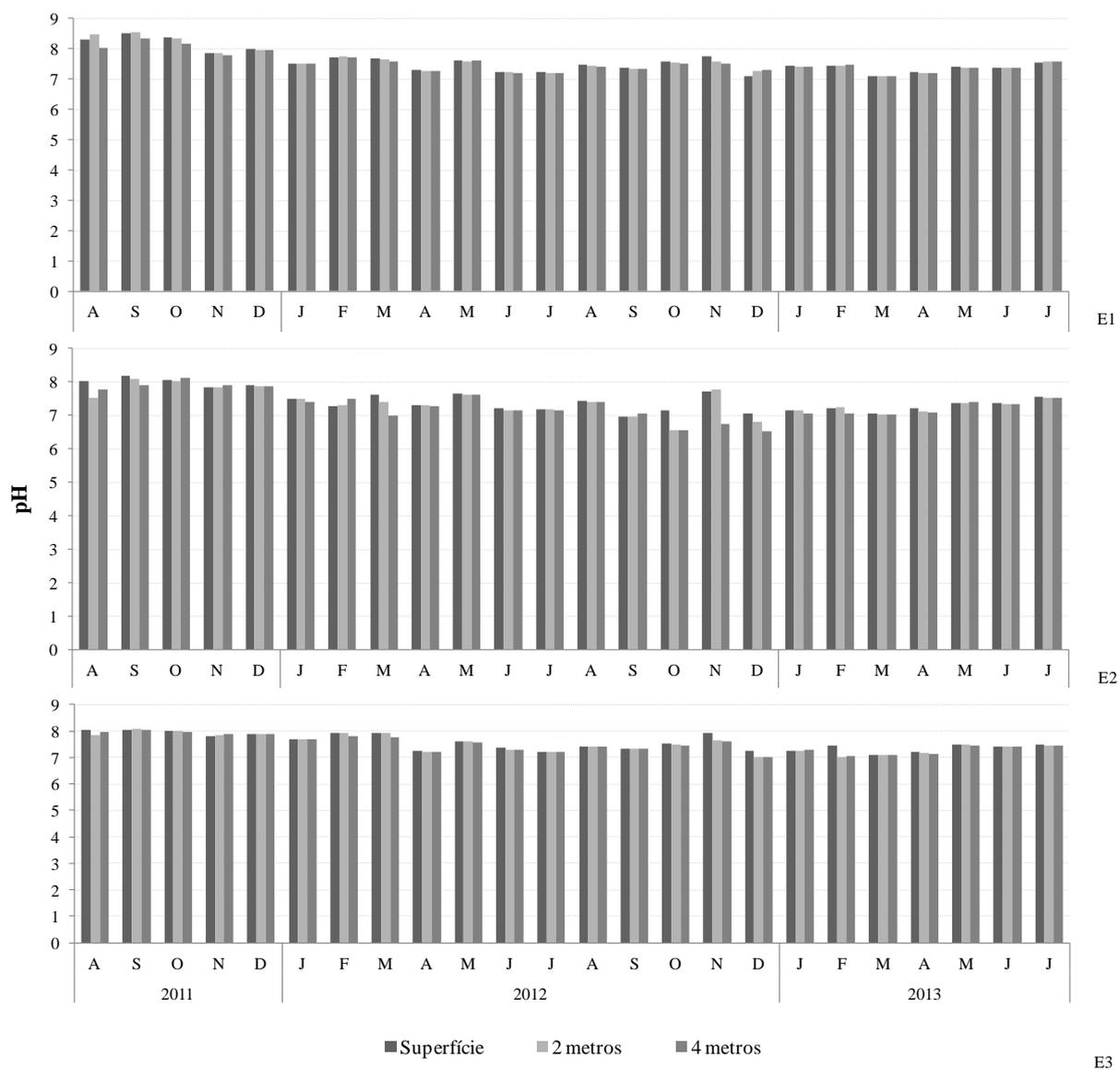


Figura 5. Variação mensal dos valores de pH nas três profundidades analisadas e nas três estações de amostragem durante o período de estudo (E1: Estação 1, E2: Estação 2 e E3: Estação 3).

Condutividade elétrica da água: Os valores de condutividade variaram de $42,8 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $54,5 \mu\text{S cm}^{-1}$ entre as três profundidades e entre as três estações de amostragem (figura 6).

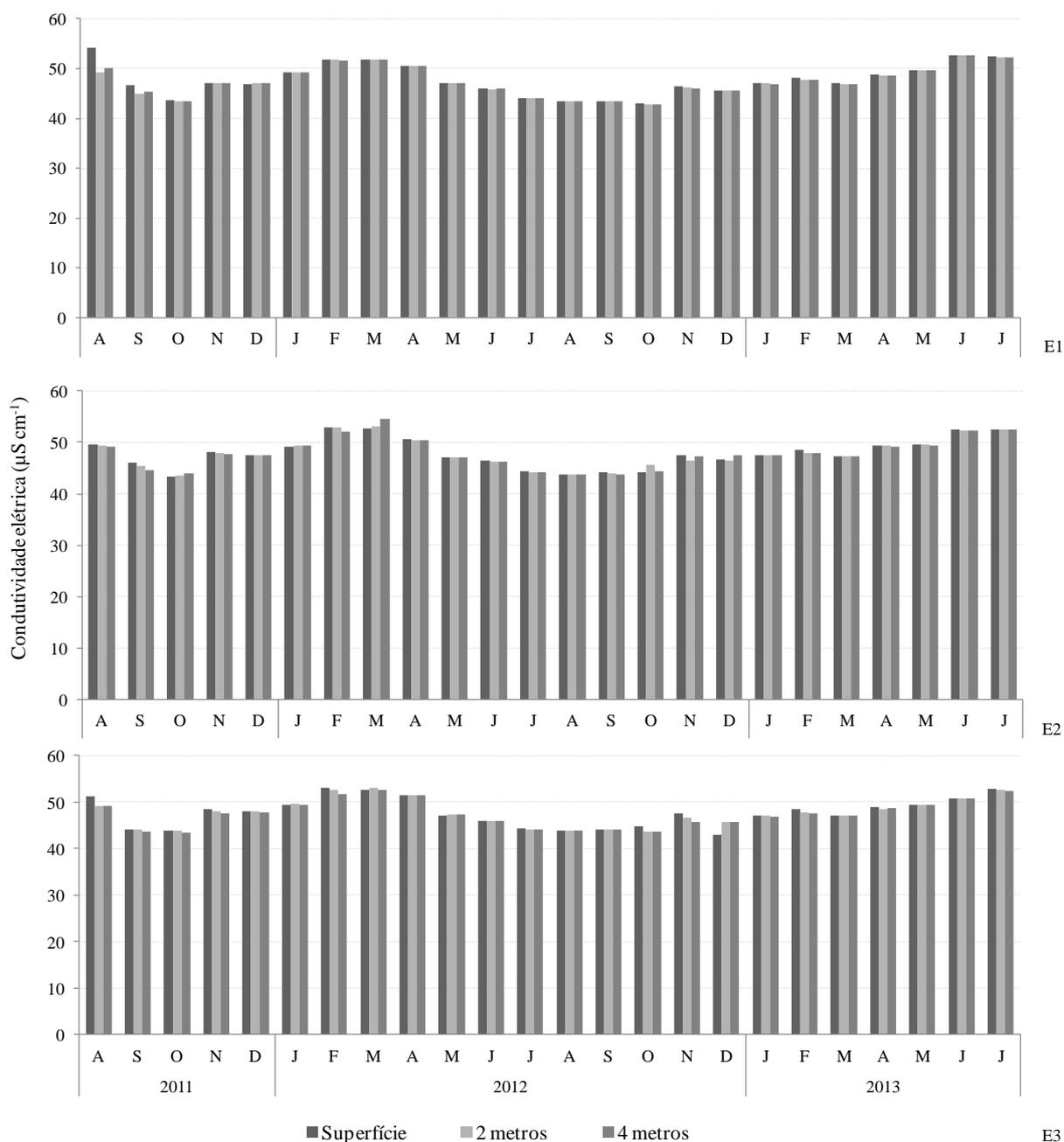


Figura 6. Variação mensal dos valores da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) nas três estações de amostragem durante o período de estudo (E1: Estação 1, E2: Estação 2 e E3: Estação 3).

Nitrogênio amoniacal: As concentrações de nitrogênio amoniacal variaram de 2,8 a 197,3 $\mu\text{g L}^{-1}$, entre as três profundidades e entre as estações de coleta durante o período de estudo (figura 8). Registrou-se acentuado aumento nas concentrações de íon amônio nas três profundidades e nas três estações de coleta nos últimos sete meses de coleta (janeiro a julho de 2013) (figura 7).

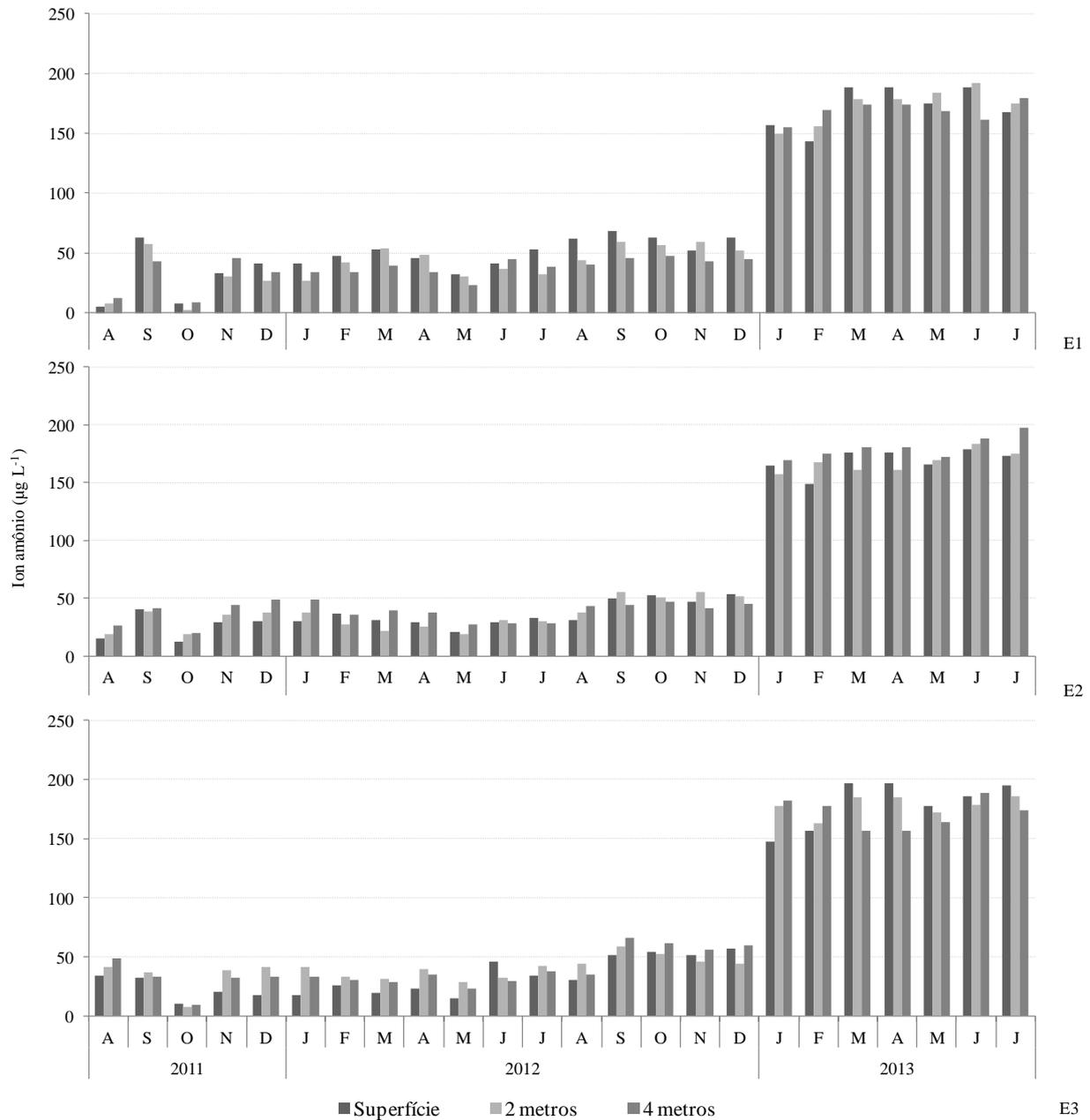


Figura 7. Variação mensal da concentração do nitrogênio amoniacal ($\mu\text{g L}^{-1}$) nas três profundidades analisadas e nas três estações de amostragem durante o período de estudo (E1: Estação 1, E2: Estação 2 e E3: Estação 3).

Nitrogênio total: As concentrações do nitrogênio total variaram de 88 a 900 $\mu\text{g L}^{-1}$, entre as estações de amostragem durante o período de estudo, com diferenças evidentes entre as profundidades. Foram registrados aumento nas concentrações dessa variável de setembro a dezembro de 2012 em todas as estações. Na estação 2, as concentrações foram maiores, principalmente nas profundidades de 2 metros (900 $\mu\text{g L}^{-1}$) e na superfície (789 $\mu\text{g L}^{-1}$). Em 2013, foram registradas, de maneira geral, acentuado declínio nas concentrações de nitrogênio total (figura 8).

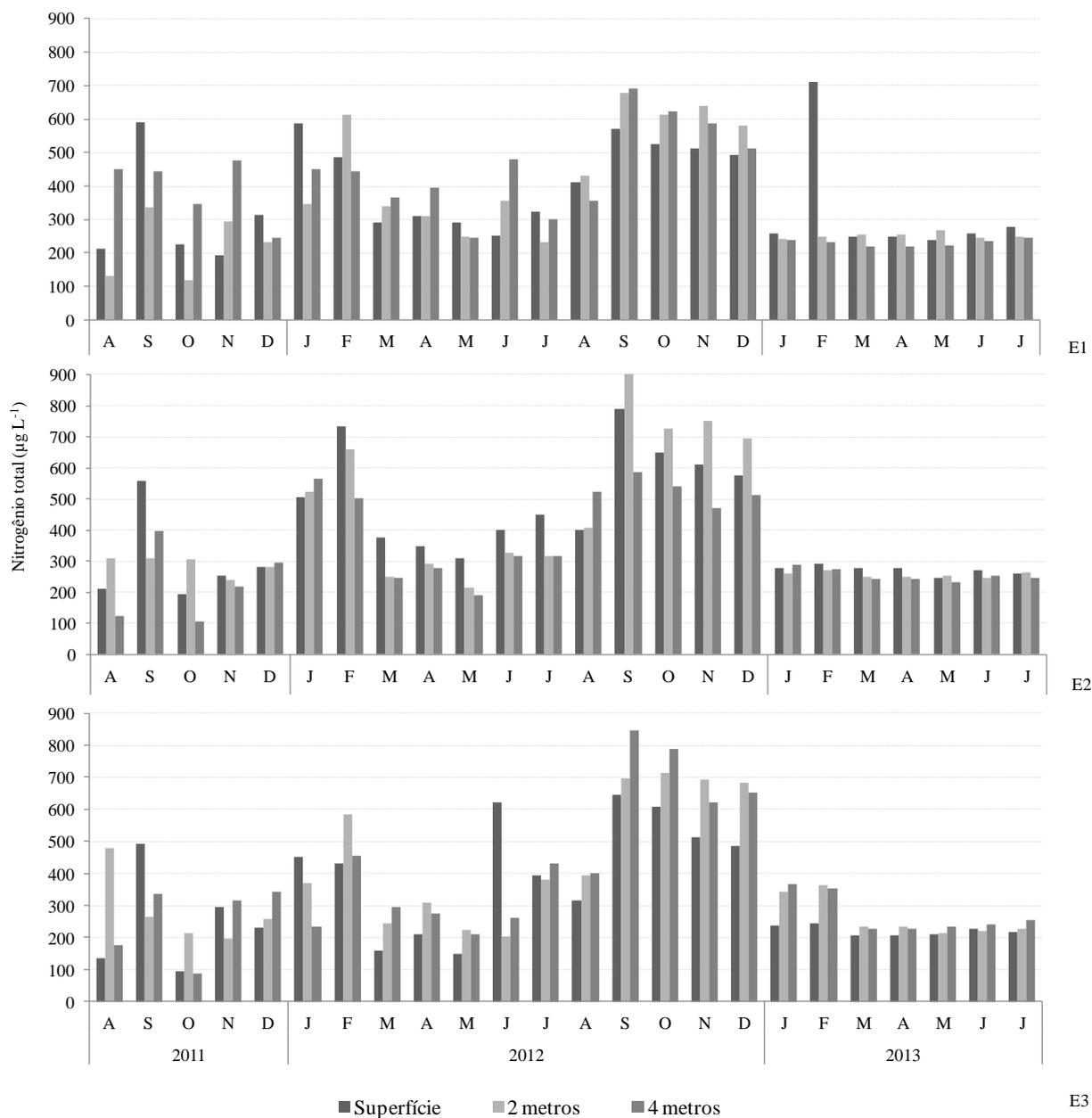


Figura 8. Variação mensal da concentração de nitrogênio total (NT) ($\mu\text{g L}^{-1}$) nas três profundidades analisadas e nas três estações de amostragem durante o período de estudo (E1: Estação 1, E2: Estação 2 e E3: Estação 3).

Fósforo total: Ao longo do período de estudo observou-se aumento das concentrações de fósforo total, com evidente aumento das concentrações a partir de maio de 2012 (figura 9).

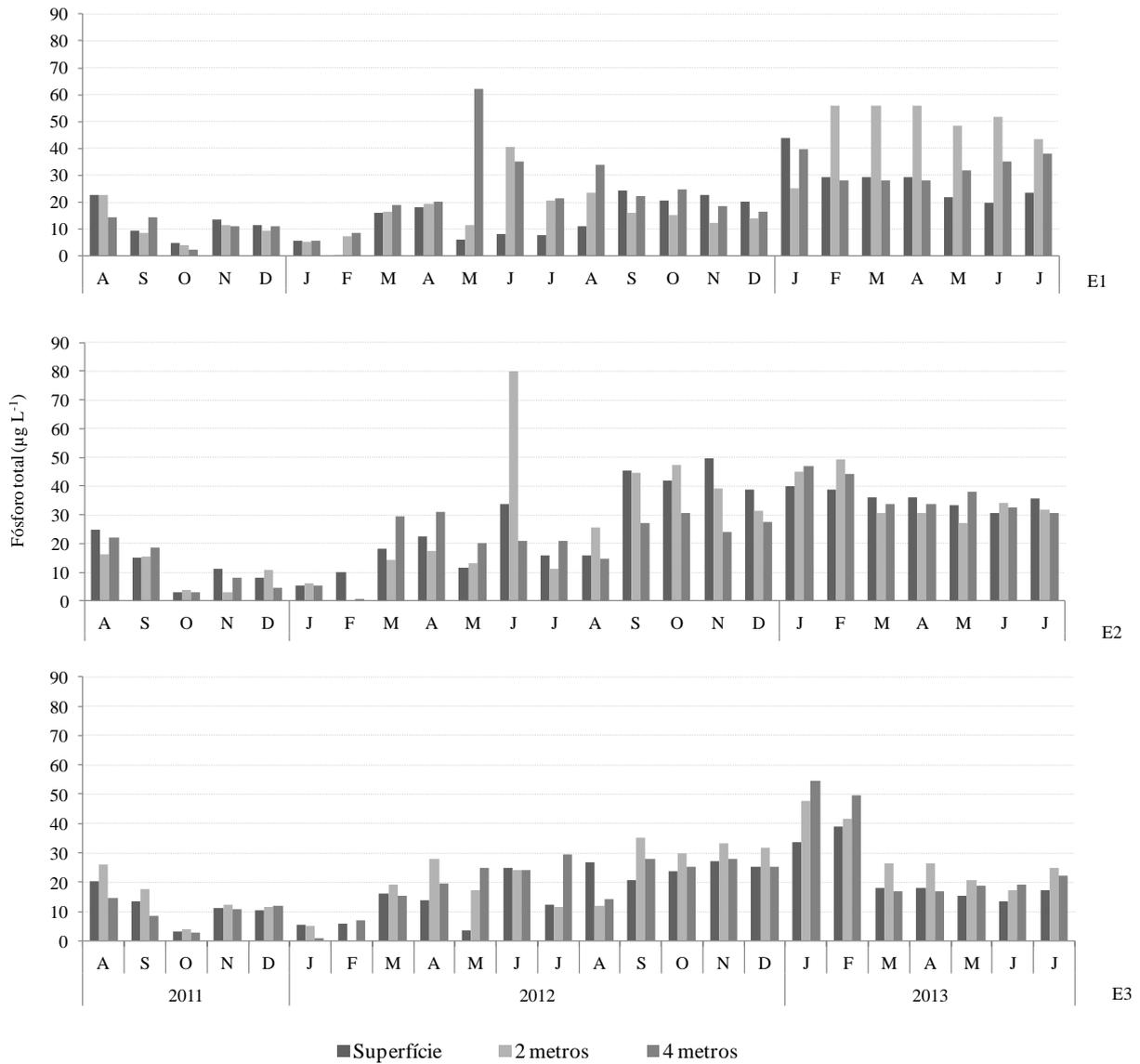


Figura 9. Variação mensal da concentração de fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$) nas três profundidades analisadas e nas três estações de amostragem durante o período de estudo (E1: Estação 1, E2: Estação 2 e E3: Estação 3).

Quantidade de ração fornecida na piscicultura Geneseas

Mensalmente, foram fornecidas, em média, 146 toneladas de ração, sendo que as maiores quantidades foram fornecidas nos últimos meses de estudo (maio, junho e julho de 2013) (figura 10).

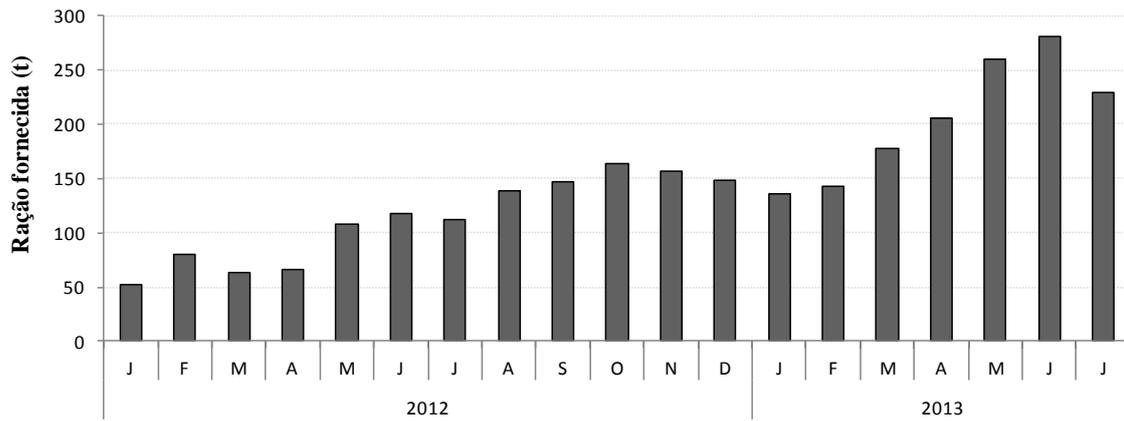


Figura 10. Toneladas (t) de ração fornecida nos tanques-redes na piscicultura Geneseas, durante o período de estudo.

Análise integrada dos dados: A análise de componentes principais (ACP), considerando a variação temporal (meses e anos) e espacial (estações e profundidades) das variáveis físicas e químicas da água, resumiu 59% da variabilidade conjunta dos dados em seus dois primeiros componentes (tabela 1). Do lado positivo do eixo 1 estão agrupadas todas as unidades amostrais de 2011 e a maioria das unidades amostrais referentes a 2012 (estações e profundidades), associadas aos maiores valores de oxigênio dissolvido (OD) ($r = 0,6$) e transparência da água (Trans) ($r = 0,6$) (figura 11, tabela 1). Do lado negativo do eixo 1, foram ordenadas, principalmente, todas as unidades amostrais referentes a 2013, associadas aos maiores valores do íon amônio (NH_4) ($r=0,8$), condutividade elétrica ($r=0,6$) e fósforo total ($r=0,5$) (figura 11, tabela 1). O eixo 2 ordenou, do lado negativo, as unidades amostrais referentes aos meses mais quente de 2011, 2012, 2013, onde foram registrados os maiores valores de temperatura da água (Temp) ($r=0,8$) (figura 11, tabela 1).

Tabela 1. Síntese dos resultados da PCA realizada a partir de oito variáveis limnológicas. Coeficientes de correlação de Pearson entre as oito variáveis físicas e químicas da água e os dois primeiros eixos da ordenação (N= 216).

Variável	Eixo 1	Eixo 2
Temperatura (Temp)	-0,269	-0,885
Oxigênio dissolvido (OD)	0,615	0,547
Condutividade elétrica (Cond)	-0,575	-0,022
pH	0,480	0,181
Transparência (Trans)	0,618	-0,301
Fósforo total (PT)	-0,497	-0,027
Nitrogênio total (NT)	0,346	-0,575
Íon amônio (NH_4)	-0,892	0,169
Porcentagem de variância explicada	37,19	21,83

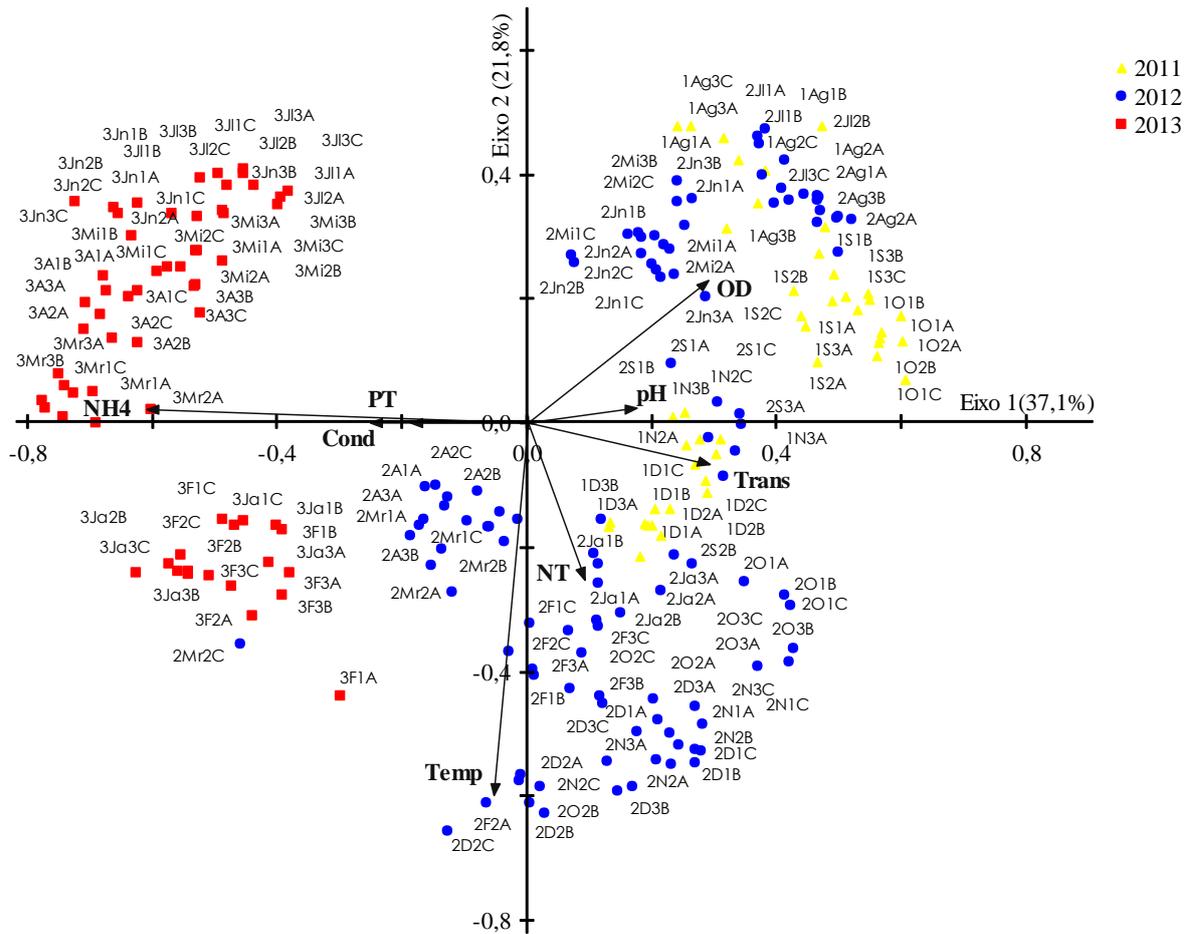


Figura 11. Ordenação pela análise dos componentes principais (PCA) com base em oito variáveis limnológicas de 216 unidades amostrais, sistema de piscicultura em tanques-rede do Parque Aquícola Ponte Pensa, Reservatório de Ilha Solteira Santa Fé do Sul/SP. (Variáveis ambientais conforme tabela 2). As unidades amostrais foram identificadas da seguinte forma: os números localizados na frente das unidades amostrais, de 1 a 3, correspondem ao ano (1 = 2011, 2 = 2012, 3 = 2013), os meses, logo após os anos, estão abreviados da seguinte forma: Ja = Janeiro, F = Fevereiro, Mr = Março, A = Abril, Mi = Maio, Jn = Junho, Jl = Julho, Ag = Agosto, S = Setembro, O = Outubro, N = Novembro, D = Dezembro, os números 1, 2 e 3, após os meses, correspondem as estações de coleta (1 = estação 1, 2 = estação 2 e 3 = estação 3), as letras A, B e C no final das unidades amostrais correspondem as profundidades (A = superfície, B = 2 metros e C = 4 metros).

Discussão

As atividades do sistema de piscicultura em tanques-rede provocaram alterações temporais, detectadas, especialmente, à partir de janeiro de 2013, e não espaciais (horizontal, vertical) nas variáveis físicas e química da água nas estações de amostragem na área da piscicultura Geneseas, conforme observado nos resultados da PCA. O tempo de residência curto (21,6 dias), associados à profundidade média (10,4 m) e à vazão média ($172\text{m}^3/\text{s}$) e ao manejo da piscicultura, provavelmente, atenuaram o impacto da carga orgânica do uso da ração e do metabolismo dos peixes no sistema aquático estudado e podem explicar as semelhanças entre as espaciais (horizontal e vertical). Mallasen *et al.* (2012) também atribuíram a semelhança espacial das variáveis físicas e químicas da água, sob influência de piscicultura em tanques-rede, para a mesma área do presente estudo as características hidrodinâmicas da área de cultivo. Borges *et al.* (2010) e Bartozek *et al.* (2014) relatam que os efeitos da piscicultura em tanques-rede nas variáveis físicas e químicas da água dependem, principalmente, da intensidade do sistema de cultivo e das características hidrodinâmicas da área de cultivo como, profundidade da área e tempo de retenção de água.

O conhecimento da distribuição espaço-temporal das chuvas é uma característica regional muito importante, tanto para a sociedade como para a economia, uma vez que pode orientar decisões quanto às medidas necessárias para minimizar os danos decorrentes da irregularidade das chuvas (Piccinini 1993, Minuzzi *et al.* 2007). O período chuvoso na região Sudeste do Brasil concentra-se entre outubro e março, quando são registradas mais de 80% do total anual de chuvas. A precipitação, no Estado de São Paulo, está marcada por um ciclo anual, com máximos em dezembro, janeiro e fevereiro (verão) e mínimos em junho, julho e agosto (inverno) (Nery *et al.* 1999, Alves *et al.* 2002, Minuzzi *et al.* 2007).

Os períodos de chuvas muito intensas podem transportar grande quantidade de matéria orgânica, agrotóxicos, sólidos em suspensão para os lagos e reservatórios localizados nas adjacências das áreas, além de danos físicos às estruturas dos tanques-rede, provocando grandes prejuízos para os aquicultores (Souza 2006).

A precipitação registrada durante o período de estudo seguiu o esperado para a região: período seco entre agosto e setembro e período chuvoso, no início de outubro, atingindo o máximo de precipitação em janeiro, indicando a sazonalidade climática. As maiores

temperaturas do ar foram registradas nos meses de chuva (outubro a março) e temperaturas mais baixas foram registradas no período seco, caracterizando diferenças climatológicas bem marcadas na região.

A temperatura do ar influencia diretamente a da água e, neste caso, a estrutura vertical dos sistemas aquáticos (Crosseti & Bicudo 2005, Fonseca & Bicudo 2008, Soares *et al.* 2008, Ayroza *et al.* 2013). A temperatura da água, da superfície até os 4 metros, foi superior a 22°C e, apresentou-se sempre uniforme, nas três estações de coleta. Estes resultados podem estar relacionados, muito provavelmente, ao tempo de residência curto, aproximadamente 21,6 dias (David *et al.* 2015), que influenciaram no padrão de circulação da água no braço do reservatório. Embora a transparência da água tenha sido similar entre todos os pontos amostrados, ao longo do período estudado, nos meses de março, abril e maio de 2012 e 2013, registrou-se queda na transparência da água de até 4,0 m em relação aos demais meses. Esta queda nos valores não está relacionada, ao menos diretamente, ao incremento da densidade do fitoplâncton, pois as densidades foram sempre muito baixas durante todo o período (menores que 1.933 org mL⁻¹, Capítulo 3). Mallasen *et al.* (2012), para o mesmo braço do reservatório, registraram para a transparência semelhante variação à observada neste estudo. Bueno *et al.* (2008) também atribuíram os menores valores de transparência ao período chuvoso em seu estudo sobre o estado trófico e a bioacumulação do fósforo na criação de peixes em tanques-rede na área aquícola do reservatório de Itaipu. Ayroza *et al.* (2013), ao analisarem as características limnológicas em áreas sob influência de piscicultura em tanques-rede no reservatório da Usina Hidrelétrica de Chavantes, também justificaram os menores valores de transparência em função do período de chuva.

A precipitação no verão, muito provavelmente, influenciou no aumento dos valores da turbidez na água (fevereiro a maio de 2012, nas três estações de amostragem), interferindo na transparência, pelo transporte de material alóctone via escoamento, tornando a água mais turva devido ao material em suspensão. Estes resultados corroboram Henry (2004), em estudo realizado no reservatório de Jurumirim, que concluiu que eventos hidrológicos sazonais foram os principais fatores a influenciar na variação da transparência durante todo o ano. Previato (2009), ao avaliar a influência de piscicultura em tanques-rede na qualidade da água do rio São José dos Dourados, no município de Ilha Solteira, também registrou maior turbidez no período chuvoso (janeiro a abril) e menor valor para o período seco (maio a agosto).

Embora a influência da precipitação na transparência e na turbidez deva ser considerada, a influência da piscicultura não deve ser descartada, pois nos últimos meses do período de estudo (março a junho de 2013) registrou-se tendência na diminuição da transparência quando comparado ao mesmo período de 2012. Embora os valores de precipitação também tenham sido

maiores em fevereiro e março de 2013, a quantidade de ração fornecida praticamente triplicou para o mesmo período. Este fato, provavelmente, contribuiu para o aumento da concentração de sólidos em suspensão, tanto pelas sobras de alimentos não ingeridos, como pelo aumento das fezes dos peixes. Estes resultados corroboram Ayroza *et al.* (2013), que verificaram as maiores concentrações de sólidos totais dissolvidos, elevados valores de turbidez e menor transparência da água com maior quantidade de ração fornecida. Yi & Yan (2004) também registraram aumento na quantidade de sólidos totais dissolvidos e redução de transparência em áreas com tanques-rede no Vietnã após o aumento no fornecimento de ração.

Os valores de oxigênio dissolvido foram semelhantes aos observados por Mallasen *et al.* (2012) para a mesma área deste estudo e por Américo *et al.* (2013) em uma área de influência de tanques-rede no rio São José dos Dourados, no Reservatório de Ilha Solteira; e corroboram os resultados obtidos por Cigliano (2009) na região de tanques-rede, também no rio São José dos Dourados, em Santa Fé do Sul.

Embora os valores de oxigênio dissolvido tenham ficado acima do recomendado para à produção de peixes tropicais (4 mg L^{-1}) (Kubitza 2000, Boyd 1990), registrou-se queda na concentração dessa variável, a partir de setembro de 2012 e, a menor concentração ($3,1 \text{ mg L}^{-1}$) em dezembro/2012, na estação 2 (4 m de profundidade). Essa redução no verão de 2012, especialmente na estação 2, onde estão os tanques de criação, provavelmente, está relacionada ao manejo ou ao adensamento dos peixes e possível decomposição de matéria orgânica na profundidade de 4 m (perto do fundo dos tanques-rede, onde possivelmente deve acumular ração não ingerida e fezes). Em dezembro/2012, na estação 2 (4 m de profundidade), o pH foi ligeiramente menor (6,52) em relação às outras profundidades e às outras estações, indicando sutil alteração dessa variável em função do sistema de criação. Redução nas concentrações de oxigênio dissolvido e do pH em áreas de pisciculturas em tanques-redes também foram registrados em vários estudos (Demir *et al.* 2001, Veenstra *et al.* 2003, Alves & Baccarin 2005, Bristow *et al.* 2008, Degefu *et al.* 2011, Kaggwa *et al.* 2011, Ayroza *et al.* 2013). A exposição contínua dos peixes a níveis menores que 3 mg L^{-1} pode resultar em “stress”, reduzindo o consumo de alimento e a resistência, aumentando a incidência de doenças e, conseqüentemente, a taxa de mortalidade (Kubitza 1999).

O pH da água esteve dentro dos limites recomendados para a produção de tilápias (6 e 8,5) (Kubitza 2000). De outubro a dezembro de 2012, na estação 2 (na área de criação) e nas profundidades de 2 e 4 m foram registrados os menores valores de pH, que podem estar relacionados com os processos de respiração da biota e a decomposição de matéria orgânica. Alguns autores discutem a acidificação em locais de criação de peixes (Demir *et al.* 2001, Alves & Bacarin 2005 e Ayroza *et al.* 2013) em consequência do processo de respiração e

decomposição da matéria orgânica, que liberam gás carbônico que, em contato com a água, se transforma em ácido carbônico, acidificando o meio (Alves & Baccharin 2005, Zang *et al.* 2011). Valores de pH semelhantes ao observado no presente estudo foram registrados por Cigliano (2009) e por Mallasen *et al.* (2012) para a mesma área deste estudo.

Os valores de condutividade não ultrapassaram $55 \mu\text{S cm}^{-1}$ e de acordo com a CETESB (2009), valores de condutividade acima de $100 \mu\text{S cm}^{-1}$, indicam ambiente impactado, o que, portanto, não se aplicaria aos valores registrados no presente estudo. Valores próximos aos registrados no presente estudo também foram registrados por Bueno *et al.* (2008) e Ayroza (2012) para o reservatório de Itaipu e Jurumirim, respectivamente, para o reservatório de Ilha Solteira, por Minello *et al.* (2012) e por Mallasen *et al.* (2012) para a mesma área do presente estudo.

Assim como Minello *et al.* (2012), observou-se tendência ao aumento dos valores de condutividade elétrica no período chuvoso; diferente do observado por Alves & Baccharin (2005). Alguns autores discutem que a precipitação tem efeito diluidor, o que poderia diminuir os valores de condutividade elétrica (Alves & Baccharin 2005, Minello *et al.* 2012, Crosseti & Bicudo 2005), no entanto, a entrada de maior volume de água pode provocar aumento na quantidade de sólidos dissolvidos transportados para os reservatórios através do processo de lixiviação, motivo pelo qual, provavelmente, registrou-se maiores valores desta variável no período chuvoso.

O aumento da condutividade elétrica nos três últimos meses de estudo (maio a julho de 2013), provavelmente, ocorreu em função do aumento das concentrações de íon amônio que, por sua vez, pode estar relacionado ao aumento das fezes e excretas dos peixes na água indicado pelo aumento do fornecimento de ração no mesmo período. A ração excedente, as fezes e a urina dos peixes decompõem-se em amônia ou amônia total composta pelo amônio ionizado (NH_4^+) e amônia não ionizada NH_3 (Rojas & Sanches 2006). A presença de íons amônio (NH_4^+) dissolvidos depende, principalmente, do pH. Quando o pH está em torno de 7, neutro, praticamente toda amônia encontra-se na forma ionizada (NH_4^+); quando o pH está próximo a 9,5, aproximadamente 50% da amônia encontra-se na forma de NH_3 e 50% na forma de NH_4^+ ; quando o pH é superior a 11, praticamente toda amônia está na forma não ionizada (NH_3) (forma tóxica aos peixes e a outros seres vivos) (Naval 2005).

Os valores de pH registrados indicam que o nitrogênio amoniacal esteve dentro da faixa adequada para manter o equilíbrio entre as frações de NH_4^+ e NH_3 , com predomínio da forma ionizada (NH_4^+). As concentrações de nitrogênio amoniacal, abaixo de $198 \mu\text{g L}^{-1}$, estão abaixo do valor recomendado para produção de peixes, que é $0,6 \text{ mg L}^{-1}$ (Boyd 1990).

No entanto, registrou-se aumento gradual das concentrações de íon amônio um ano após a instalação dos tanques-rede, mais de 100% em relação aos meses anteriores, provavelmente devido ao aumento de excreção de amônia pelos peixes (fezes e urina). O aumento do fornecimento de ração nos últimos meses de estudo, confirma esta informação. Corroborando os resultados obtidos, Villarreal *et al.* (2011) e Fu Guang *et al.* (2009) informaram que 60 a 80% do total de nitrogênio excretado corresponde a amônio e que o aumento das taxas de excreção de amônio aumenta com o aumento da temperatura. Estes autores estudaram os efeitos da temperatura, entre outras variáveis, sobre as taxas de excreção do amônio com temperaturas variando entre 23°C e 30°C, semelhante às registradas no presente estudo. Desta forma é possível inferir que a temperatura também tenha favorecido o aumento das concentrações do íon amônio.

Na piscicultura, um dos principais aspectos a ser considerado refere-se ao aumento de matéria orgânica e das concentrações de nitrogênio e fósforo na água em função especialmente dos restos de alimentos não ingeridos pelos peixes e das fezes e urina (Guo & Li 2003, Mercante *et al.* 2004, Alves & Baccarin 2005, Guo *et al.* 2009; Américo *et al.* 2013). Neste contexto, o aumento da concentração de fósforo total na água é um dos maiores problemas e vem sendo documentado por diversos estudos em áreas com criação em tanques-rede (Guo & Li 2003, Alves & Baccarin 2005, Bristow *et al.* 2008, Bueno *et al.* 2008, Guo *et al.* 2009, Mallasen *et al.* 2012). Os resultados obtidos no presente estudo corroboram os estudos mencionados, uma vez que foi registrado aumento gradual de fósforo total ao longo do período estudado com concentrações de até 80 $\mu\text{g L}^{-1}$ (junho/2012, estação 2, 2 metros de profundidade), ou seja, muito superior ao adequado para águas destinadas à aquicultura (Conama nº 357/2005).

Os resultados encontrados mostraram que o íon amônio, o fósforo total e a condutividade elétrica, foram as variáveis que mais indicaram a influência da atividade em tanques-rede na qualidade da água; confirmada pelos resultados da PCA que indicam que as maiores concentrações de íon amônio, fósforo total e condutividade elétrica estiveram associadas aos últimos sete meses de estudo, quando se registrou aumento no fornecimento de ração, sugerindo aumento da produção de peixes e, conseqüentemente, aumento dos restos de ração não ingerido pelos peixes e das fezes e excretas.

Comparação dos resultados com os limites da legislação - resolução CONAMA nº 357/2005

Reconhecendo-se a aquicultura como potencial causadora de impactos ambientais, devido ao consumo de recursos naturais, poluição ou interferências em níveis de biodiversidade, atenção especial deve ser dada à gestão ambiental desta atividade e, principalmente, pelo seu

desenvolvimento atualmente acelerado estar diretamente ligado a um recurso de múltiplos usos e essencial à qualidade de vida que é a água (Tiago 2007).

Nesse sentido, a resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece valores limites para a qualidade da água de todo território nacional e classifica-as, segundo seus usos preponderantes, em nove classes. Águas doce Classe 2, segundo a resolução CONAMA nº 357/2005, são águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, e à aquicultura e à atividade de pesca.

Os requisitos para águas doce Classe 2, na qual a aquicultura esta inserida são: pH: valores entre 6,0 a 9,0; OD: em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂; nitrogênio total: inferior a 1,27 mg/L; nitrogênio amoniacal total: 3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5, 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0, 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5, e valores de fósforo total: de até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico.

Considerando a qualidade da água para o uso na aquicultura, de maneira geral, os valores mensais dos parâmetros analisados estiveram dentro dos padrões de qualidade recomendados pela resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água destinados à aquicultura. No entanto, para o oxigênio dissolvido e para o fósforo total foram registrados valores pontuais fora do padrão recomendado pela resolução CONAMA nº 357/2005, com valores inferiores a 5,0 mg L⁻¹ para o oxigênio dissolvido registrados na estação 2 e valores acima de 50 µg L⁻¹ registrados para o fósforo total nas estações 1 e 2.

Conclusões

O sistema de piscicultura em tanques-rede do empreendimento Geneseas Aquacultura, localizado no parque aquícola Ponte Pensa, do reservatório de Ilha Solteira, em Santa Fé do Sul-SP, provocou alterações temporais nas variáveis físicas e químicas analisadas sem, no entanto, comprometer as condições de qualidade da água conforme resolução CONAMA 357/2005. Essas alterações foram detectadas de forma pontual (em determinados meses do ano) na estação de criação dos peixes, onde se registrou as menores concentrações de oxigênio dissolvido e as maiores concentrações de fósforo total. Ao longo do tempo foi registrado aumento nas concentrações de íon amônio e fósforo total, diminuição do pH e das concentrações de oxigênio dissolvido.

As características hidrodinâmicas da área do Parque aquícola Ponte Pensa, tais como vazão ($172 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), tempo de residência (21,6 dias) e a distância entre os pontos (aproximadamente 650 m) podem explicar as semelhanças entre as três estações de amostragem. Provavelmente, estas características hidrodinâmicas conferiram eficiência na capacidade de assimilação das perturbações na qualidade de água provocadas pelo processo de produção empregado e, somadas ao manejo da piscicultura, foram determinantes na atenuação do impacto da carga orgânica do uso da ração e do metabolismo dos peixes no sistema aquático estudado.

Literatura citada

- Américo, J.H.P., Previato, V. & Carvalho, S.L.** 2013. Qualidade da água de uma piscicultura em tanques-rede no rio São Sosé dos Sourados, Ilha solteira – São Saulo. *In: IX Fórum Ambiental da Alta Paulista* 9: 69-77.
- Alves, L.M., Marengo, J.A., Castro, C.A.C.** 2002. Início das chuvas na região Sudeste do Brasil: análise climatológica. *In: Anais do XII Congresso brasileiro de meteorologia*, Foz do Iguaçu.
- Alves, R.C.P. & Baccarin, A.E.** 2005 Efeito da produção de peixes em tanques-rede sobre sedimentação de material em suspensão e de nutrientes no córrego do Arribada (UHE Nova Avanhandava, Baixo Rio Tietê, SP). *In: M.G. Nogueira, R. Henry & A. Jorcin (eds.). Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata.* Rima, São Carlos, pp. 329-347.
- Ayroza, D.M.M.R.** 2012. Características limnológicas em áreas sob influência de piscicultura em tanques-rede no reservatório da UHE Chavantes, rio Paranapanema, SE/S, Brasil, Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Ayroza, D.M.M.R., Nogueira, M.G., Ayroza, L.M.S., Carvalho, E.D., Ferraudó, A.S. & Camargo, A.F.M.** 2013. Temporal and Spatial Variability of Limnological Characteristics in Areas under the Influence of Tilapia Cages in the Chavantes Reservoir, Paranapanema River, Brazil. *Journal of the world aquaculture society* 44: 814-825.
- Bartozek, E.C.R., Bueno, N.C. & Rodrigues, L.C.** 2014. Influence of fish farming in net cages on phytoplankton structure: a case study in a subtropical Brazilian reservoir. *Brazilian Journal of Biology* 70: 145-155.
- Borges, P.A., Train, S., Dias, J.D. & Bonecker, C.C.** 2010. Effects of fish farming on plankton structure in a Brazilian tropical reservoir. *Hydrobiologia* 649: 279-291.
- Borghetti, J. R. & Ostrensky, A.** 1999. Pesca e Aquicultura de Água Doce no Brasil. *In: A.C. Rebouças, B. Braga & J.G. Tundisi (orgs. e coord.) Águas Doces do Brasil.* Escrituras, São Paulo, pp. 451-473.
- Boyd, C.E.** 1990. *Water Quality in Ponds for Aquaculture.* Birmingham Publishing Company, Alabama.

- BRASIL.** Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 2005. Resolução nº 357 de 17 - V – 2005 Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 22 de dezembro de 2014.
- Bristow, C.E., Morin, A., Hesslein, R.H. & Podemski, C.L.** 2008. Phosphorus budget and productivity of na experimental lake during the initial three years of cage aquaculture. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 65: 2485-2495.
- Bueno, G.W., Marengoni, N.G., Gonçalves Júnior, A.C., Boscolo, W.R. & Teixeira, R.A.** 2008. Estado trófico e bioacumulação do fósforo total no cultivo de peixes em tanques-rede na área aquícola do reservatório de Itaipu. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 30: 237-243.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.** 2009. qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. São Paulo.
- Cigliano, G.D.** 2009. Avaliação da qualidade da água em piscicultura com sistema de cultivo em tanques-rede no município de Santa Fé do Sul- SP. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de São Paulo, Ilha Solteira.
- Cole, G.** 1983. Textbook of limnology. 3 ed. The C.V. Mosby Co, London.
- Crossetti, L.O. & Bicudo, C.E.M.** 2005. Effects of nutrient impoverishment on phytoplankton biomass: a mesocosms experimental approach in a shallow eutrophic reservoir (Garças Pond), São Paulo, southeast Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 28 :95-108.
- David, G.S., Carvalho, E.D., Lemos, D.E.L., Silveira, A.N. & Dall’Aglio-Sobrinho, M.** 2015. Ecological Carrying Capacity for intensive tilápia (*Oreochromis niloticus*) cage aquaculture in a large hydroelectrical reservoir in Southeastern Brazil. *Aquacultural Engineering* 66: 30-40.
- Degefu, F., Mengistu, S. & 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* 316:129-135.
- Demir, N., Kirkagac, M. U. Pulatsü, S., & Bekcan, S.** 2001. Influence of trout cage culture on water quality, plankton and benthos in an Anatolian Dam Lake. *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh*.
- Fernandes, T.F., Eleftheriou, A., Ackefors, H., Eleftheriou, M, Ervik, A., Sanchez-Mata, A., Scanlon, T., White, P., Cochrane, S., Pearson, T.H. & Read, P.A.** 2001. The scientific principles underlying the monitoring of the environmental impacts of aquaculture. *Journal of Applied Ichthyology* 181-193

- Ferreira Junior, M.G.** 2012. Uso de modelagem na avaliação da capacidade de suporte para gestão de reservatórios com projetos de aquicultura, tendo o fósforo como fator limitante. *In: Anais do VIII congresso nacional de excelência em gestão*, ISSN 1984-9354.
- Fonseca, B.M. & Bicudo, C.E.M.** 2008. Phytoplankton seasonal variation in a shallow stratified eutrophic reservoir (Garças Pond Brazil). *Hydrobiologia* 600: 267-282.
- Fu-Guang, L., Shuenn-Der, Y., Hon-Cheng C.** 2009. Effect of temperature, stocking density and fish size on the ammonia excretion in palmetto bass (*Morone saxatilis* X *M. chrysops*). *Aquaculture Research* 40:450-455.
- 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: 201-212.
- Guo, L., Zhongjie, L., 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.
- Henry, R.** 2004. A variabilidade de alguns fatores físicos e químicos da água e implicações para amostragem: estudos de caso em quatro represas do Estado de São Paulo [Variability of some physical and chemical water parameters and implications for sampling: case studies in four dams in the State of São Paulo]. *In: C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo, (orgs). Amostragem em limnologia [Sampling in limnology]. Rima, São Paulo, PP. 245-262.*
- Kaggwa, M.N., Liti, D. M., & Schagerl, M.** 2011. Small tropical reservoirs and fish Cage culture: a pilot study conducted in Machakos district, Kenya. *Aquaculture International* 19:839-853.
- Kubitza, F.** 1999. Qualidade da água na produção de peixes. 3 ed. Degaspari, Jundiaí.
- Kubitza, F.** 2000. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. 1 ed. Jundiaí.
- Mallasen, M., Barros, H. P. & Yamaschita, E. Y.** 2008. Produção de peixes em tanques-rede e a qualidade de água. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária* 1: 46-51.
- Mallasen, M., Carmo, C.F., Tucci, A., Barros, H. P., Rojas, N.E.T., Fonseca, F. S. & Yamashita, E. Y.** 2012. Water quality in Cage system fish farm in Ilha Solteira reservoir, SP. *Boletim do Instituto de Pesca* 38: 15-30.
- McCune, B. & Mefford, M. J.** 2011. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6.0. MjM. Software design, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- Mercante, C.T.J., Cabianca, M.A., Silva, D. Costa, S.V. & Esteves, K.E.** 2004. Water quality in free-fishing ponds located in the metropolitan region of Sao Paulo city, Brazil: an analysis of the eutrophication process. *Acta Limnologica Brasiliensia* 16: 95-102.

- Mercante, C.T.J., Silva, D. & Costa, S.V.** 2006. Avaliação da qualidade da água de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo por meio do uso de variáveis abióticas e clorofila. *In:* K.E. Esteves & C.L. Sant'Anna (orgs.). *Pesqueiros sob uma visao integrada de meio ambiente saúde pública e manejo*. Rima, São Paulo, pp. 37-48.
- Minello, M.C.S., Paço, A.L., Caetano, L., Castro, R.S.D., Ferreira, G. Pereira, A.S., Padilha, P.M. & Castro, G.R.** 2012. Avaliação sazonal de alguns parâmetros indicadores da qualidade de água no reservatório da usina hidrelétrica de Ilha Solteira-SP, Brasil. *Global Science Technology* 3: 98-104.
- Minuzzi, R.B., Sedyama, G.C., Barbosa, E.M. & Melo júnior, J.C.F.** 2007. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia* 22: 338-344.
- MPA. Ministério da pesca e aquicultura**, 2011. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura. 60p. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/index.php/imprensa/noticias/2140-mpa-lanca-boletim-estatistico-da-pesca-e-aquicultura-2011>. Acessado em: 07/10/2014.
- Naval, L.P. & Couto, T.C.** 2005. Remoção de nitrogênio amoniacal em efluentes de sistemas anaeróbios. *In:* V Congresso Regional, Asociacion Interamericana de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, Assunción.
- Nery, J.T., Vargas, W.M. & Martins, M.L.O.F.** 1999. Estrutura da precipitação do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 4: 51-61.
- Piccinini, M.R.D.** 1993. Distribuições de probabilidade de precipitação de intensidade máxima para Piracicaba, SP. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Piedrahita, R.H.** 2003. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture* 226: 35-44.
- Previato, V.** 2009. Influência de uma Piscicultura em tanques rede na Qualidade da Água do Rio São José dos Dourados no Município de Ilha Solteira/SP. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- Rojas, N. E. T. & Sanches, E. G.** 2006 Considerações sobre a implantação e o manejo de sistemas aquaculturais esportivos. *In:* Esteves, K.E. & C.L. Sant'Anna, (orgs.). *Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente saúde pública e manejo*. Rima, São Paulo, pp. 177-200.
- Soares, M.C.S., Marinho, M.M., Huszar, V.L. M., Branco, C.W.C. & Azevedo, S.M.F.O.** 2008. The effects of water retention time and watershed features on the limnology of two tropical reservoirs in Brazil. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 13: 257-269.

- Solorzano, L.** 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method. *Limnology & Oceanography* 14: 799-801.
- Souza, JÁ.P.L.L.** 2006. Estudo de impactos sociais, econômicos e ambientais, ocasionados pela piscicultura em tanques-rede na região de Paulo Afonso-BA.
- Tiago, G.G.** 2007. Aquicultura meio ambiente e legislação. 2 ed. São Paulo **Tundisi, J.G.** 1988. Limnologia e manejo de represas. Série Monografias em Limnologia. Universidade de São Paulo, São Carlos, Tomo I, p. 506, Tomo II, p. 432.
- Valderrama, G.C.** 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry*. 10:109-122.
- Veenstra, J., Nolen, S. Carroll, J. & Ruiz, C.** 2003. Impact of net pen aquaculture on lake water quality. *Water Science and Technology* 47:293-300.
- Villarreal, R.D.V. & Torres, W.V.** 2011. Body weight is inversely associated with ammonia excretion in red tilapia (*Oreochromis sp*) .*Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 24:191-200.
- Yi, Y. & Yuan, R.** 2004. Environmental impacts of cage culture for catfish in Hongngu, Vietnam. *In*: R. Harris & E. Courteri, eds. Twentyfirst annual technical report. Aquaculture CRSP, Oregon State University, Corvallis, Oregon, pp. 157-169.
- Zang, C., Huang, S., Wu, M., Du, S., Scholz, M., Gao, F., Lin, C., Guo, Y. & Dong, Y.** 2011. Comparison of Relationships Between pH, Dissolved Oxygen and Chlorophyll a for Aquaculture and Non-aquaculture Waters. *Water Air Soil Pollution* 219:157-174.

Capítulo II

Influência da tilapicultura em tanques-redes na dinâmica temporal e espacial do fitoplâncton no reservatório de Ilha Solteira (Parque aquícola Ponte Pensa, São Paulo, Brasil)

Resumo: Este estudo analisou a alteração espacial (horizontal, vertical) e temporal (mensal) da estrutura da comunidade fitoplanctônica, abrangendo os períodos pré e pós-introdução da tilapicultura em tanques-rede (20x20x3 m) no parque aquícola Ponte Pensa (Reservatório de Ilha Solteira). Amostras da água foram obtidas mensalmente (agosto/2011 a julho/2013), na subsuperfície, a 2 metros e 4 metros de profundidade em três estações de amostragem: jusante da área de criação (E1), local de criação (E2) e a montante (E3) (n=216). As análises quantitativas foram realizadas em microscópio invertido de acordo com o método de Utermöhl. Foram avaliados os seguintes atributos da comunidade: riqueza (número de táxons), densidade, biovolume, diversidade, uniformidade e dominância. Foram estimadas as espécies abundantes, dominantes e descritoras do sistema com base na densidade e no biovolume. A avaliação conjunta dos dados foi feita por meio de análises multivariadas (CCA). A densidade máxima registrada foi $1.933 \text{ org mL}^{-1}$, considerada baixa, quando comparada a outros ambientes e mesmo para ambientes classificados como oligotrófico. A diversidade foi de $0,5 \text{ bits.ind}^{-1}$ até $3,6 \text{ bits.ind}^{-1}$. A estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica foi influenciada, ao longo do tempo, pela atividade de piscicultura em tanques-rede e não entre as estações de amostragem. *Rhodomonas lacustris* Pascher & Ruttner contribuiu com os maiores biovolumes ao longo de todo período. No entanto, um ano após a instalação dos tanques-rede, foram registrados os maiores biovolumes de *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing e *Dolichospermum circinalis* (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek (Cyanobacteria), as quais estiveram associadas às maiores concentrações de íon amônio e fósforo total registradas. A morfometria da área de estudo, bem como a circulação da água no Braço Ponte Pensa, muito provavelmente, interferiram na distribuição da biota e dos compostos químicos, explicando as semelhanças entre as profundidades estudadas e entre as três estações de amostragem e, portanto, atenuando o impacto da atividade de piscicultura em tanques-rede na estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica.

Palavras-chave: Cryptophyceae, Cyanobacteria, *Microcystis aeruginosa*, phytoplankton, *Rhodomonas lacustris*

Abstract: This study analyzed the temporal (monthly) and spatial (horizontal, vertical) changes of the phytoplankton community structure, covering the pre- and post-introduction of tilapia production in net cages (20x20x3m) in the Ponte Pensa aquaculture area (Ilha Solteira Reservoir). Water samples were collected monthly (August/2011 to July/2013), on the subsurface, at 2 meters and 4 meters depth in three sampling sites: downstream from fish farming area (E1), fish farming area (E2) and upstream from fish farming area (E3) (n=216). Quantitative analyses were carried out on inverted microscope according to Utermöhl method. The following attributes of the community were evaluated: richness (number of taxa), density, biovolume, diversity, uniformity and dominance. Abundant, dominant and descriptor species were estimated based on density and biovolume. Joint evaluation of the data was performed using multivariate analyses (CCA). The maximum density recorded was 1,933 org ml⁻¹, considered low when compared with other environments including those considered oligotrophic. Diversity was 0.5 bits.ind⁻¹ up to 3.6 bits.ind⁻¹. The structure and dynamics of the phytoplankton community were influenced, in time, by the fish farming activity in net cages and not among the sampling sites. *Rhodomonas lacustris* Pascher & Ruttner contributed with the biggest biovolumes along the period. However, a year after the net cages were installed, was recorded the biggest biovolumes of *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing and *Dolichospermum circinalis* (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek (Cyanobacteria), which were associated with the highest concentrations of ammonia and total phosphorous recorded. The morphology of this study area, as well as the water circulation in the Braco Ponte Pensa, have likely interfered with the distribution of biota and chemical composts, explaining the similarities between depths studied and among the three sampling stations and thus attenuating the impact of fish farming activity in net cages in the structure and dynamics of phytoplankton community.

Key words: Cryptophyceae, Cyanobacteria, phytoplankton, *Microcystis aeruginosa*, *Rhodomonas lacustris*

Introdução

A criação de peixes em tanques-rede gera grandes quantidades de resíduos provenientes das sobras de ração e excretas dos peixes, os quais aumentam as concentrações de nitrogênio e fósforo na coluna d'água, levando ao florescimento da comunidade fitoplanctônica e ao comprometimento da qualidade da água (Diaz *et al.* 2001, Guo & Li 2003, Alves e Baccarin 2005, Figueredo & Giani, 2005, Guo *et al.* 2009, Borges *et al.* 2010, Huaxue *et al.* 2011, Kaggwa *et al.* 2011).

O fitoplâncton representa uma comunidade eficaz para avaliar a qualidade da água, pois respondem rapidamente às mínimas alterações físicas e químicas da água uma vez que, dependendo da frequência e intensidade dessas alterações, as características qualitativas e quantitativas da biota podem ser modificadas (Margalef 1983, Reynolds 1988, Padisák *et al.* 2006, 2009, Borges 2009, Cardoso *et al.* 2013). Sendo assim, o conhecimento de sua estrutura e dinâmica representa uma ferramenta importante para avaliar os impactos das alterações antrópicas nos ecossistemas aquáticos (Borges 2009, Margalef 1983).

A piscicultura em tanques-rede é uma das atividades antrópicas que contribui para as alterações das características limnológicas do reservatório, uma vez que os resíduos piscícolas podem estimular a produtividade e alterar as características bióticas e abióticas do corpo d'água.

Apesar do expressivo crescimento da aquicultura em tanques-rede no Brasil, da potencialidade de impacto dessa atividade nos corpos d'água e da eficácia da comunidade fitoplanctônica como indicador dessas alterações, poucos são os estudos que avaliam a influência das atividades de piscicultura em tanques-rede na estrutura da comunidade fitoplanctônica. Pode-se citar os trabalhos de Lins (2011) na Paraíba, Borges *et al.* (2010) e Bartozek *et al.* (2014) no Paraná e Cavalcante (2010) em Santa Catarina.

No reservatório de Ilha Solteira, localizado no rio Paraná no Estado de São Paulo, a criação de tilápia em tanque-rede encontra-se em pleno desenvolvimento, devido à qualidade dos recursos hídricos, às condições climáticas favoráveis à espécie e à delimitação de áreas aquícolas (Mallasen *et al.* 2012).

Além do reservatório de Ilha Solteira, as atividades de criação de tilápias em tanques-rede também são praticadas nos reservatórios Guarapiranga, Nova Avanhandava, Chavantes, Jurumirim e Rosana. No entanto, não existem trabalhos que relacionam à influência da atividade de tanques-rede com a comunidade fitoplanctônica para o estado de São Paulo. Há trabalhos que relacionam a influência desta atividade com outras comunidades, como por exemplo, com a estrutura e composição da ictiofauna (Brandão *et al.* 2012, Ramos *et al.* 2008, 2013), com a comunidade zooplanctônica (Dias *et al.* 2011, Zanatta *et al.* 2010), com a fauna bentônica (Menezes & Beyruth 2003) e com a qualidade da água (Alves & Bacarin 2005, Mallasen *et al.* 2008, 2012, Ayroza 2012), além de trabalhos que avaliaram a capacidade suporte dos ambientes (David *et al.* 2015) e os indicadores econômicos da produção em tanques-rede (Calderon 2003, Furlaneto *et al.* 2006, Landell 2007). Portanto, este estudo tem caráter pioneiro para o Brasil.

Assim, o objetivo do presente estudo foi analisar a alteração espacial (horizontal, vertical) e temporal (mensal) da estrutura da comunidade fitoplanctônica, abrangendo os períodos pré e pós-introdução da tilapicultura em tanques-rede no parque aquícola Ponte Pensa (Reservatório de Ilha Solteira).

Material e Métodos

Este estudo foi realizado na área do parque aquícola Ponte Pensa (20°16'34,96" S e 50°59'02,75" W), no reservatório de Ilha Solteira, São Paulo, Brasil, em uma piscicultura com tanques-rede de 1.200 m³ (20x20x3 m). Amostras da água foram obtidas mensalmente (agosto/2011 a julho/2013), em três profundidades e em três estações de amostragem: a jusante da área onde foram instalados os tanques-rede (E1), no local de criação (E2) e a montante (E3) (n=216).

A localização e caracterização da área de estudo, bem como das estações de coleta, estão detalhadas e apresentadas no tópico “Introdução geral” deste trabalho. Neste capítulo foi apresentada a estrutura e dinâmica temporal e espacial da comunidade fitoplanctônica.

Variáveis biológicas

Análise qualitativa: As amostras de água para o estudo taxonômico foram coletadas na subsuperfície, a 2 metros e 4 metros de profundidade através do arrasto horizontal com rede de

plâncton, com abertura de malha de 20 µm. O material coletado foi fixado com formol 4-5%. A identificação foi feita analisando-se as características morfológicas e métricas dos indivíduos. O exame taxonômico foi baseado, sempre que possível, em análise populacional. Os exames das amostras foram realizados por meio de microscópio fotônico, Zeiss Axioplan 2, com retículo micrometrado e câmara fotográfica acoplados. As amostras foram examinadas em aumentos de 400 e 1.000 vezes. Quando necessário, foi utilizado luz de epifluorescência com filtro verde, para diferenciar bacterioplâncton de Cyanobacteria através da fluorescência de ficocianina e contraste de fase e nanquim, para evidenciar bainha mucilaginosa. As amostras foram depositadas na coleção líquida de algas do Herbário “Maria Eneida P.K. Fidalgo”.

Análise quantitativa: As amostras para análise quantitativa do fitoplâncton foram coletadas na subsuperfície, a 2 metros e 4 metros de profundidade com garrafa coletora “van Dorn”. O material foi fixado com lugol acético 1%. As análises quantitativas foram realizadas de acordo com o método de Utermöhl (1958), em microscópio invertido Zeiss Axiovert 25 em aumento de 400 vezes. O tempo de sedimentação das amostras foi de três horas para cada centímetro de altura da câmara (Lund *et al.* 1958). A cubeta utilizada foi de 50 mL (10 cm de altura).

O número mínimo de campos contados foi determinado através do gráfico de estabilização do número de espécies e, pela contagem de até 100 indivíduos da espécie mais comum ou 400 indivíduos ao todo, dependendo da amostra. Cada célula, colônia, cenóbio e filamento foram considerados como um indivíduo.

Os resultados foram expressos em densidade (org.mL⁻¹) e calculados de acordo com a fórmula descrita em Weber (1973):

$$\text{Organismos.mL}^{-1} = (n/sc).(1/h).(F);$$

onde:

n = número de indivíduos efetivamente contados;
 s = área do campo em mm² no aumento utilizado;
 c = número de campos contados;
 h = altura da câmara de sedimentação em mm;
 F = fator de correção para mililitro (10³ mm³/1 mL).

Biovolume da Comunidade Fitoplanctônica (mm³ L⁻¹)

O biovolume foi estimado multiplicando-se as densidades de cada táxon pelo volume médio de até 30 indivíduos. Os volumes foram calculados com base nos trabalhos de Hillebrand *et al.* (1999), Wetzel & Likens (2000), Sun & Liu (2003) e Fonseca *et al.* (2014). As formas geométricas e suas siglas estão listadas na tabela 1.

Algumas espécies tiveram seus biovolumes obtidos da literatura e estão citadas na tabela 2 com um asterisco (*), quando obtidas de Fonseca *et al.* (2014), dois asteriscos (**), quando

obtidas de Osti (2013) e três asteriscos (***) quando obtidas de Tucci (2002). O valor obtido em $\mu\text{m}^3 \cdot \text{mL}^{-1}$ foi transformado para $\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ dividindo-se esse valor por 10^6 .

Tabela 1. Formas geométricas utilizadas no cálculo do bivolúme de táxons fitoplanctônicos da área do parque aquícola Ponte Pensa no reservatório de Ilha Solteira.

Forma geométrica	Legenda
Cilindro	Cilindro = Cil
Esferoide	Esfo
Esfera	Esf
Esfera externa - esfera interna (x0,7)	esfext - esfint*
Prisma retangular	Pret
2 cones	2 cone
Cone + semi-esfera	Cone + 0,5 esf
Monoraphidioide	Mon
Cilindro + 2 cones	cil + 2cone
Prolato esferóide	Pro esfo
Paralelepipedo	Paralelepipedo
Elipsoide	Elip
Cone	Cone
2 cones truncados	2cone tr
Elipsoide + 2 cones + cilindro	Elip + 2 cone + 1 Cil
Prisma elíptico	Peli
Prisma semi-elíptico	P0,5elip
Cimbelóide	Cimb
Prisma foice	Pfoi
Gomphonemoide	Gomph

Índices Biológicos

Riqueza específica (R): foi estimada considerando o número total de táxons encontrados por amostra.

A partir dos resultados de Densidade (org mL^{-1}) e de Biovolume ($\mu\text{m}^3 \cdot \text{mL}^{-1}$) da comunidade fitoplanctônica, foram calculados:

Índice de diversidade (H') ($\text{bits.ind}^{-1} / \text{bits.}\mu\text{m}^3$): estimado pelo índice de Shannon & Weaver (1963).

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

onde: $p_i = n_i/n$;

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

n = número total de indivíduos na amostra.

Índice de uniformidade (U'): avaliado de acordo com Lloyd & Ghelardi (1964).

$$J' = H' / \log_2 S$$

onde: H' = diversidade da amostra;

S = número de táxons na unidade amostral.

Índice de dominância (D'): estimado por meio da fórmula proposta por Simpson (1949).

$$D' = \frac{n_i (n_i - 1)}{n (n - 1)}$$

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

n = número total de indivíduos na amostra.

Espécies abundantes e dominantes: As espécies foram classificadas como abundantes quando o seu biovolume esteve acima do biovolume médio da amostra e, como dominantes, quando o seu biovolume esteve acima de 50% do biovolume total da amostra (Lobo & Leighton 1986).

Espécies descritoras da comunidade: Foram consideradas espécies descritoras os táxons com densidade/biovolume total relativo acima de 1% e que, juntos, somaram, no mínimo, 80% da densidade/biovolume total.

Análises Estatísticas: A avaliação conjunta dos resultados foi feita pelas análises estatísticas multivariadas através do Programa PC-ORD versão 6.0 para Windows (McCune & Mefford 2011). Para análise da variabilidade ambiental dos dados bióticos em relação aos meses de estudo (temporal) e as diferentes profundidades e estações de amostragem (espacial), foi realizada análise de componentes principais (ACP). A análise de correspondência canônica (ACC) foi aplicada para correlacionar a matriz das variáveis abióticas com a de variáveis bióticas (Digby & Kempton 1987, Ter-Braak 1986). A significância estatística entre a matriz de fitoplâncton e a matriz dos dados abióticos foi verificada utilizando um teste de permutação de Monte Carlo, realizando 999 permutações. Utilizou-se, para as variáveis abióticas, a transformação “ranging” $[(x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})]$ e para as variáveis bióticas a transformação $[\log(x + 1)]$. Para as duas análises foram utilizadas matriz de covariância.

A seleção de espécies utilizadas na matriz biológica baseou-se nas espécies descritoras que mais contribuíram para a densidade e biovolume no período de estudo.

Resultados

Atributos da Comunidade Fitoplanctônica

Riqueza: A partir das amostras analisadas (quantitativas) foram identificados 206 táxons distribuídos em 13 classes. Dentre os 206 táxons identificados, 138 foram em nível específico, 56 em nível genérico, dois em nível de família e dez em nível de classe (tabela 2).

Tabela 2. Lista de táxons e suas respectivas características morfológicas: número médio de células (NMC), forma geométrica utilizada no cálculo do biovolume (FG), máxima dimensão linear (MDL, μm), Biovolume do indivíduo (BV, μm^3), e tipo de talo (hábito) de táxons fitoplanctônicos da área do parque aquícola Ponte Pensa, no reservatório de Ilha Solteira. As formas geométricas (FG) correspondentes às siglas da tabela estão descritas no material e métodos (tabela 1).

Táxons	NMC	F G	MDL	BV (μm^3)	Hábito
Cyanobacteria					
<i>Anabaenopsis elenkinii</i> Miller	4	Cil	15	435,5	Unicelular
<i>Anathece bachmannii</i> (Komárková-Legnerová & G. Cronberg) Komárek, Kaštovský & Jezberová*	160	Esfo	45	63,6	Colonial
<i>Anathece clathrata</i> (W.West & G.S.West) Komárek, Kaštovský & Jezberová*	160	Esfo	45	63,6	Colonial
<i>Anathece minutissima</i> (W.West) Komárek, Kaštovský & Jezberová	600	Esfo	93	184,6	Colonial
<i>Anathece smithii</i> (Komárková-Legnerová & G.Cronberg) Komárek, Kaštovský & Jezberová *	180	Esfo	45	73,2	Colonial
<i>Anathece</i> sp.	10	Esfo	15	3,34	Colonial
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. West & West G. S. West*	118	Esf	47,4	41	Colonial
<i>Aphanocapsa elachista</i> W.West & West G.S.West **	88	Esf	33	43,3	Colonial
<i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemmermann) G.Cronberg & Komárek**	186	Esf	83	102,1	Colonial
<i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemmermann) G.Cronberg & Komárek**	131	Esf	43	553,4	Colonial
<i>Aphanocapsa</i> sp.	30	Esf	13	25,2	Colonial
<i>Aphanothece</i> sp.	165	Esfo	163	79,2	Colonial
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann	8	Esf	50	523,2	Colonial
<i>Chroococcus</i> sp.	54	Esf	35	193,8	Colonial
<i>Coelosphaerium punctiferum</i> Komárek & Komárková-Legnerová *	83	esfext – esfint*	23	857,3	Colonial
Cyanobacteria	200	Esfo	361	4.380	Colonial
<i>Cyanodictyon imperfectum</i> Cronberg & Weibull	10	Esf	15	1,1	Colonial
<i>Cyanodictyon planctonicum</i> Mayer	68	Esf	34	61,4	Colonial
<i>Dolichospermum circinalis</i> (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek	149	Esf	227	49.597,5	Colonial
<i>Epigloesphaera brasílica</i> Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková	490	Cil	92	441	Colonial
<i>Geitlerinema amphibium</i> (C.Agardh ex Gomont) Anagnostidis	23	Cil	118	699,43	Filamentoso

<i>Geitlerinema splendidum</i> (Greville ex Gomont)	31	Cil	34,5	129,7	Filamentoso
Anagnostidis*					
<i>Lemmermaniella</i> sp.	120	Esfo	45	101,54	Colonial
<i>Leptolyngbya</i> sp.	33	Cil	33	240,8	Filamentoso
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann*	8	Pret	11,1	78,8	Colonial
<i>Merismopedia warmingiana</i> Lagerhemia.	16	Esf	20	22,97	Colonial
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	363	Esf	235	45,266,1	Colonial
<i>Microcystis protocystis</i> Crow*	170	Esf	210	6.986	Colonial
<i>Myxobaktron hirudiforme</i> West*	1	Esfo	24	50,3	Unicelular
<i>Phormidium</i> sp.1	34	Cil	122,5	4.440,5	Filamentoso
<i>Phormidium</i> sp.2	35	Cil	180	4.293,6	Filamentoso
<i>Planktothrix isothrix</i> (Skuja) Komárek & Komarková	17	Cil	109	1.897,2	Filamentoso
<i>Pseudanabaena galeata</i> Böcher*	8	Cil	87,9	630,5	Filamentoso
<i>Pseudanabaena mucicola</i> (Naumann & Huber-Pestalozzi)					
Schwabe	3	Cil	10	19,2	Filamentoso
<i>Pseudanabaena</i> sp.	12	Cil	72	127,1	Filamentoso
Pseudanabaenaceae	32	Cil	96	166,4	Filamentoso
<i>Rhabdoglea scenedesmoides</i> (Nygaard) Komárek &					
Anagnostidis	4	Cil	10	125,6	Colonial
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauvageau	1	Esf	4	32,7	Unicelular
<i>Synechocystis minima</i> Voronichin	1	Esf	1,5	1,76	Unicelular
Chlamydoephyceae					
<i>Carteria</i> sp.1	1	Esfo	12	904,3	Unicelular
<i>Carteria</i> sp.2	1	Esfo	18	2.411,5	Unicelular
<i>Carteria</i> sp.3	1	Esfo	8	66,9	Unicelular
<i>Carteria</i> sp.4	1	2 cone	25	1.471,8	Unicelular
<i>Chlamydomonas clavata</i> G.Nygaard	1	Cone + 0,5 Esf	8,5	26,7	Unicelular
<i>Chlamydomonas debaryana</i> Goroschankin *	1	Esfo	10,5	303	Unicelular
<i>Chlamydomonas planctoglea</i> Skuja	1	Esf	3,7	19,2	Unicelular
<i>Chlamydomonas sordida</i> Ettl*	1	Esfo	6,6	27,3	Unicelular
<i>Chlamydomonas</i> sp.	1	Esfo	10	256,4	Unicelular
<i>Chlorogonium</i> sp.	1	2 cone	20	83,7	Unicelular
Prasinophyceae					
<i>Fluitomonas elleptica</i> Skvortzov*	1	Esfo	7,5	17,7	Unicelular
<i>Monallantus stichococoides</i> Pascher	1	Esfo	9	68	Unicelular
<i>Nephroselmis minuta</i> (N.Carter) Butcher	1	Esfo	4	26,9	Unicelular
<i>Pedinomonas minutissima</i> Skuja*	1	Esfo	4	18,8	Unicelular
<i>Pedinomonas</i> sp.	1	Esf	2	4	Unicelular
<i>Prototractomonas</i> sp.	1	Esf	5	98,1	Unicelular
<i>Protochroomonas granulata</i> Skvortzov*	1	Esf	7	179,6	Unicelular
<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (J.Throndsen) I.Manton	1	Esfo	5	20,7	Unicelular
Chlorophyceae					
<i>Ankistrodesmus densus</i> Korshikov*	32	Mon	43	2.026,3	Colonial
<i>Ankistrodesmus tortus</i> Komárek & Comas		cil + 2cone	75,8	5.077,5	Colonial
<i>Ankyra ancora</i> (G.M.Smith) Fott	1	2 cone	35	228,9	Unicelular
<i>Ankyra judayi</i> (G.M.Smith) Fott **	1	2 cone	22	61,1	Unicelular
<i>Chlorella minutissima</i> (Gickelh.) Bourrelly	1	Esf	2,5	41,3	Unicelular
<i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck **	1	Esf	7	99,5	Unicelular
Chlorophyceae sp.1	4	2 cone	50	774,4	Unicelular
Chlorophyceae sp.2	1	Esf	10	334,9	Unicelular
Chlorophyceae sp.3	62	Pro esfo	200	7.886,4	Colonial
<i>Closteriopsis scolia</i> Comas	1	Cil + 2cone	82,5	192,9	Unicelular
<i>Coelastrum</i> sp.	80	Esf	83	4.177	Colonial
Coelastraceae	2	Esf	6	113	Colonial

<i>Coenochloris aquatica</i> Kostikov, Darienko, Lukesová & Hoffmann	8	Esfo	30	418,4	Colonial
<i>Coenochloris asymetrica</i> Komárek	8	Esfo	50	680	Colonial
<i>Coenochloris planoconvexa</i> Hindák	8	Esfo	30	340	Colonial
<i>Coenochloris</i> sp.	8	Esfo	50	628	Colonial
<i>Coenocystis</i> sp.	8	Esfo	30	1.507,2	Colonial
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kircher) West & G.S.West***	4	Paralelepipedo	10	261,5	Colonial
<i>Desmodesmus communis</i> (E.Hegewald) E.Hegewald	4	Esfo	42	1.436	Colonial
<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerheim) An, Friedl & Hegewald*	4	Esfo	30	414,5	Colonial
<i>Desmodesmus perforatus</i> (Lemmermann) E.Hegewald	4	Esfo	28	1.060,6	Colonial
<i>Desmodesmus serratus</i> (Corda) Friedl & Hegewald *	4	Esfo	13	1.290	Colonial
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> H.C.Wood***	16	Esf	36	763	Colonial
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	16	Esf	24	132,8	Colonial
<i>Dictyosphaerium sphagnale</i> Hindák	16	Esfo	32	533,3	Colonial
<i>Dictyosphaerium subsolitarium</i> Van Goor	16	Esf	20	80	Colonial
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i> Printz**	16	Elip	36	459,8	Colonial
<i>Didymocystis comasii</i> Komárek	2	Esfo	7,6	25,7	Colonial
<i>Diplochlois</i> sp.	2	Esfo	6	14	Colonial
<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille*	2	Cone	21,7	25,8	Colonial
<i>Elakatothrix linearis</i> Pascher	4	2 cone	15,9	66,4	Colonial
<i>Elakatothrix genovensis</i> (Reverdin) Hindák	2	2 cone	15,6	68,6	Colonial
<i>Franceia</i> sp.	1	Esfo	8	104,6	Unicelular
<i>Fusola viridis</i> Snow*	1	Elip	12,5	32,7	Unicelular
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat*	1	Esf	27	179,6	Unicelular
<i>Golenkiniopsis</i> sp.	1	Esf	10	523,6	Unicelular
<i>Gonium</i> sp.	4	Esfo	10	1.695,9	Unicelular
<i>Keratococcus bicaudatus</i> (Braun) Petersen	1	2 cone	24,5	230,8	Unicelular
<i>Keratococcus</i> sp.	1	2 cone	9	21,2	Unicelular
<i>Kirchneriella rosolata</i> Hindák	32	Mon	60	310,4	Colonial
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák*	1	Mon	41,4	104,3	Unicelular
<i>Monoraphidium caribeum</i> Hindák	1	2 cone	17	51,1	Unicelular
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárkova-Legnerová*	1	cil + 2cone*	19,3	26,5	Unicelular
<i>Monoraphidium fontinale</i> Hindák	1	2 cone	20	20,9	Unicelular
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárkova-Legnerová*	1	cil + 2cone	51,3	163,1	Unicelular
<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárkova-Legnerová *	1	Mon	7,8	92,3	Unicelular
<i>Monoraphidium tortile</i> (W.West & G.S.West) Komárkova-Legnerová*	1	cil + 2cone	17	31,5	Unicelular
<i>Monoraphidium</i> sp.	1	2 cone	5	1,3	Unicelular
<i>Nephrocytium agardhianum</i> Nägeli	8	Esfo	45	1.569,6	Colonial
<i>Oocystis borgeii</i> Snow***	4	Elip	27	3.040	Colonial
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat***	4	Elip	25	974	Colonial
<i>Oocystis marssonii</i> Lemmermann	4	Esfo	30	2.462	Colonial
<i>Oocystis</i> sp.	4	Esfo	18	354,3	Colonial
<i>Oocystis taionensis</i> Komárek	2	Esfo	12	78,6	Colonial
<i>Palmococcus quadriculoides</i> (Fott) Kostikov, Darienko, Lukešová & Hoffmann	16	Esfo	50	360,9	Colonial
<i>Pseudodidymocystis fina</i> (Komárek) E.Hegewald & Deason*	2	Elip	10	206,2	Colonial
<i>Pseudodidymocystis planctonica</i> (Korshikov) E.Hegewald & Deason*		Elip	5,2	27,5	Colonial
<i>Quadrigula chodatii</i> (Tann-Fullem) G.M.Smith*	4	cil + 2cone	30	1.193	Colonial
<i>Quadrigula closterioides</i> (Bohlin) Printz	4	2 Cone	20,8	20,8	Colonial
<i>Radiococcus bavaricus</i> (Skuja) Komárek	8	Esf	50	1.436	Colonial
<i>Radiococcus fottii</i> (Hindák) Kostikov, Darienko, Lukešová & Hoffmann		Esf	50	2.144,7	Colonial
<i>Radiococcus skujae</i> Kostikov, Darienko, Lukešová &	48	Esf	71,4	4.652	Colonial

Hoffmann					
<i>Scenedesmus acunae</i> Comas	4	Esfo	30	949,8	Colonial
<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen*	4	Esfo	26,6	1267,5	Colonial
<i>Scenedesmus ovalternus</i> Chodat*	4	Esfo	16	1.387,80	Colonial
<i>Scenedesmus</i> sp.1	4	Esfo	20	523,3	Colonial
<i>Scenedesmus</i> sp.2	4	Esfo	12	113	Colonial
<i>Schroederia antillarum</i> Komárek	1	2 cone	9,1	11,5	Unicelular
<i>Schroederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann*	1	2 cone	100	654,5	Unicelular
<i>Schroederia</i> sp.	1	2 Cone	15	192,3	Unicelular
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) Hegewald*	8	Cil	17,8	496,6	Colonial
<i>Tetranephris brasiliensis</i> Leite & Bicudo	4	Esfo	12	85,4	Colonial
Zygnemaphyceae					
<i>Closterium aciculare</i> T.West	1	2 cones	238	762,8	Unicelular
<i>Closterium acutum</i> Brébisson	1	2 cones	102,8	430,3	Unicelular
<i>Closterium</i> sp.1	1	2 cones	66,8	832,2	Unicelular
<i>Closterium</i> sp.2	1	2 cones	190	16.108,2	Unicelular
<i>Cosmarium moniliforme</i> (Turpin) Ralfs	1	Esfo	50,5	7.108,1	Unicelular
<i>Cosmarium quadrum</i> P.Lundell	1	Esfo	48	53,153	Unicelular
<i>Cosmarium regnelli</i> (Wille)	1	Esfo	12	454	Unicelular
<i>Cosmarium reniforme</i> (Ralfs) Archer	1	Esfo	48,2	33.421,6	Unicelular
<i>Cosmarium</i> sp.	1	Esfo	10,7	505,3	Unicelular
<i>Cosmocladium saxonicum</i> De Bary	7	Esfo	58	36.633,3	Colonial
<i>Desmidium</i> sp.	6	Esfo	60	2.805,5	Filamentoso
<i>Euastrum</i> sp.	1	Pret	11,5	1.002	Unicelular
<i>Mougeotia</i> sp.	6	Cil	195	11.586,2	Filamentoso
<i>Oedogonium</i> sp.	4	Cil	120	6.028	Filamentoso
<i>Spirogyra</i> sp.	11	Cil	1298	563.658	Filamentoso
<i>Staurastrum volans</i> West & G.S.West*	1	2cone tr	27,7	1.179,1	Unicelular
<i>Staurastrum leptocladum</i> L.N.Johnson	1	2 cones	60,7	14.678,6	Unicelular
<i>Staurodesmus cuspidatus</i> (Brebisson) Teiling	1	2 cones	26,2	2.769,7	Unicelular
Euglenophyceae					
<i>Trachelomonas</i> sp.	1	Esfo	25	2.943,7	Unicelular
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenberg*	1	Esf	12,5	1.015,3	Unicelular
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swirenko*	1	Esf	15,4	1.912,3	Unicelular
Cryptophyceae					
<i>Chroomonas acuta</i> Utermöhl	1	Cone + 0,5 esf	7	111,2	Unicelular
<i>Chroomonas nordstedtii</i> Hansgirg	1	Esfo	12	401,9	Unicelular
<i>Chromulina pygmaea</i> Nygaard	1	Esf	5,5	65,6	Unicelular
<i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bicudo & Bicudo	1	Cone + 0,5 esf	12,4	490,7	Unicelular
<i>Cryptomonas curvata</i> Ehrenberg Emend. Penard*	1	Cone + 0,5 esf	38,8	8.225,9	Unicelular
<i>Cryptomonas cylindrica</i> Ehrenberg	1	Cil	23,6	4.547	Unicelular
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg*	1	Esfo	20,2	1.441,1	Unicelular
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja*	1	cone + 0,5esf	14,7	672	Unicelular
<i>Cryptomonas obovata</i> Skuja*	1	Esfo	15,7	452,1	Unicelular
<i>Cryptomonas phaseolus</i> Skuja*	1	Esfo	11,6	272,2	Unicelular
<i>Cryptomonas tetrapyrenoidosa</i> Skuja*	1	Esfo	23,3	2.732	Unicelular
<i>Cryptomonas</i> sp.1	1	Esf	2,2	44,5	Unicelular
<i>Cryptomonas</i> sp.2	1	Esf	3,5	179,5	Unicelular
<i>Cryptomonas</i> sp.3	1	Esfo	10	256,4	Unicelular
<i>Cryptomonas</i> sp.4	1	Esfo	12	401,9	Unicelular
Cryptophyceae sp.1	1	Esfo	6	50,2	Unicelular
Cryptophyceae sp.2	1	Esf	2	33,5	Unicelular
<i>Hemiselmis simplex</i> Butcher	1	Esfo	6,5	41,6	Unicelular
<i>Protocryptomonas</i> sp.	1	Esfo	16	410,3	Unicelular
<i>Rhizochrysis</i> sp.	5	Esf	42	4521,5	Colonial
<i>Rhodomonas lacustris</i> Pascher & Rutner	1	cone + 0,5esf	7,8	102,9	Unicelular
<i>Stokesiella lepteca</i> (Stokes) Lemmermann	1	Esfo	12,4	162,2	Unicelular
Dinophyceae					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans	1	Elip + 2 cone + 1 Cil	165,6	15.698	Unicelular
<i>Gymnodinium</i> sp.	1	Esfo	30	9.812	Unicelular
<i>Gymnodinium varians</i> Maskell	1	Esfo	15	785	Unicelular
<i>Peridinium</i> sp.	1	Esfo	20	1.046,6	Unicelular

Xanthophyceae					
<i>Characiopsis minutissima</i> Pascher	1	Esfo	10	188,4	Unicelular
<i>Tetraedriella jovetti</i> (Bourrelly) Bourrelly*	1	Pret	8,3	285	Unicelular
Chrysophyceae					
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg	1	Esfo	20	512,8	Unicelular
<i>Mallomonas apochromatica</i> Conrad*	1	Esfo	45	7.713	Unicelular
<i>Mallomonas</i> sp.	1	Esfo	18	942	Unicelular
Coccinodiscophyceae					
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	4	Cil	116	1.570	Filamentoso
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs***	8	Cil	120	5.382	Filamentoso
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing**	1	Cil	26	2.388	Unicelular
<i>Dicostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee**	1	Cil	14,3	726	Unicelular
Fragilariophyceae					
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	1	Peli	50	1.295,2	Unicelular
<i>Fragilaria familiaris</i> (Kützing) F. Hustedt**	1	Peli	164	190,4	Unicelular
<i>Fragilaria</i> sp.	1	Peli	35,5	448,6	Unicelular
Bacillariophyceae					
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki*	1	Peli	19,5	134	Unicelular
<i>Achnantheidium</i> sp.	1	2cone	10,5	55,6	Unicelular
<i>Cymbella</i> sp.	1	P0,5elip	22	278	Unicelular
Bacillariophyceae sp.1	1	2cone	23	60,1	Unicelular
Bacillariophyceae sp.2	1	Cimb	17	440,3	Unicelular
Bacillariophyceae sp.3	11	Cimb	27	699,4	Unicelular
Bacillariophyceae sp.4	1	2cone	7	11,4	Unicelular
<i>Diadesmis confervacea</i> Kützing	1	Peli	13,2	98,6	Unicelular
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse ex Rabenh.) D. G. Mann*	1	Cimb	15,1	129,6	Unicelular
<i>Encyonopsis leei</i> Metzeltin & Krammer	1	Peli	32	440,1	Unicelular
<i>Eunotia incisa</i> W.Smith ex W. Gregory	1	Pfoi	21	815,2	Unicelular
<i>Eunotia minor</i> (Kütz.) Grunow*	1	Pfoi	45	1.979,2	Unicelular
<i>Gomphonema affine</i> Kützing**	1	Gomph	44	5.970,7	Unicelular
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg**	1	Gomph	63	4.484,5	Unicelular
<i>Gomphonema minutum</i> (Agardh) Agardh	1	Gomph	22	263	Unicelular
<i>Gomphonema laticollum</i> Reichardt	1	Gomph	40	33.030,4	Unicelular
<i>Gomphonema</i> sp.	1	Gomph	12	432	Unicelular
<i>Stauroneis</i> sp.	1	Peli	41	669,4	Unicelular

*: medidas obtidas de Fonseca *et al.* (2014); **: medidas obtidas de Osti (2013); ***: obtidas de Tucci (2002).

Qualitativamente, Chlorophyceae e Cyanobacteria foram os grupos mais bem representados, com 72 e 39 táxons respectivamente (somando 54% dos táxons identificados), seguidas por Cryptophyceae, com 22; Zygnemaphyceae e Bacillariophyceae, com 18 táxons cada, Chlamydoephyceae, com 10; Prasinophyceae, com 8; Dinophyceae e Coscinodiscophyceae, com quatro táxons cada; Chrysophyceae e Euglenophyceae, com três táxons cada; e Fragilariophyceae e Xanthophyceae, com dois táxons (figura 1).

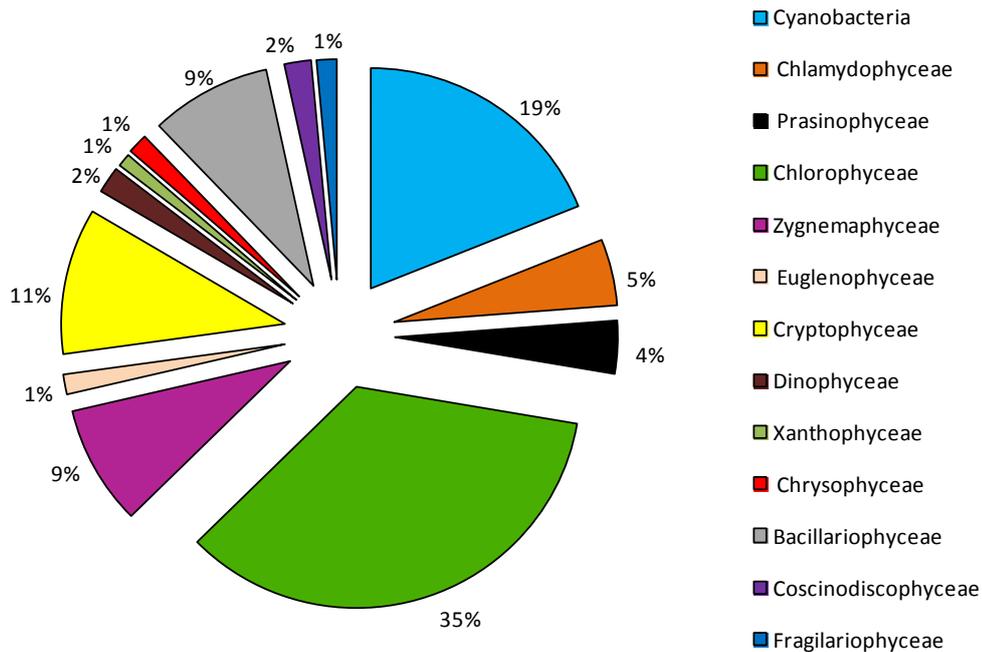


Figura 1. Porcentagem de contribuição do número de táxons entre as classes taxonômicas fitoplanctônicas, considerando as três profundidades, três estações e ao longo de todo período de estudo.

A riqueza de táxons apresentou distribuição semelhante entre as profundidades e entre as três estações amostrais ao longo do período de estudo. Os maiores valores de riqueza foram registrados nos meses de outubro/2011 a março/2012 e outubro/2012 a março/2013, com o maior valor, 39 táxons, registrado em novembro de 2011 na estação 2, na superfície (figura 2).

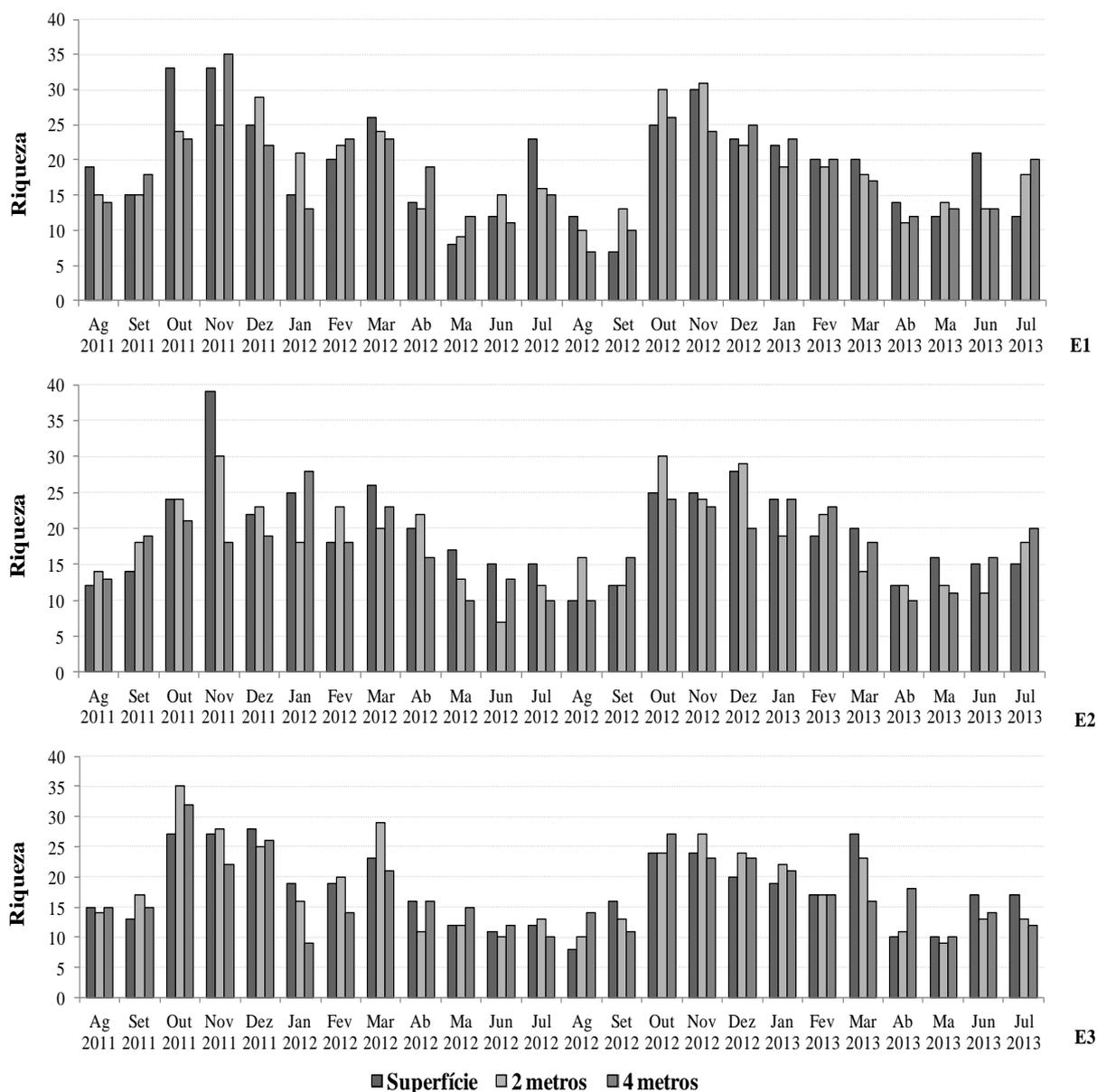


Figura 2. Variação mensal da riqueza de táxons entre as três profundidades e entre as três estações de amostragem para o período de estudo (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3).

Densidade (org mL^{-1}): A densidade total máxima ao longo de todo período foi $1.933 \text{ org mL}^{-1}$, ocorrendo em maio de 2013, na estação 3, na superfície (figura 3).

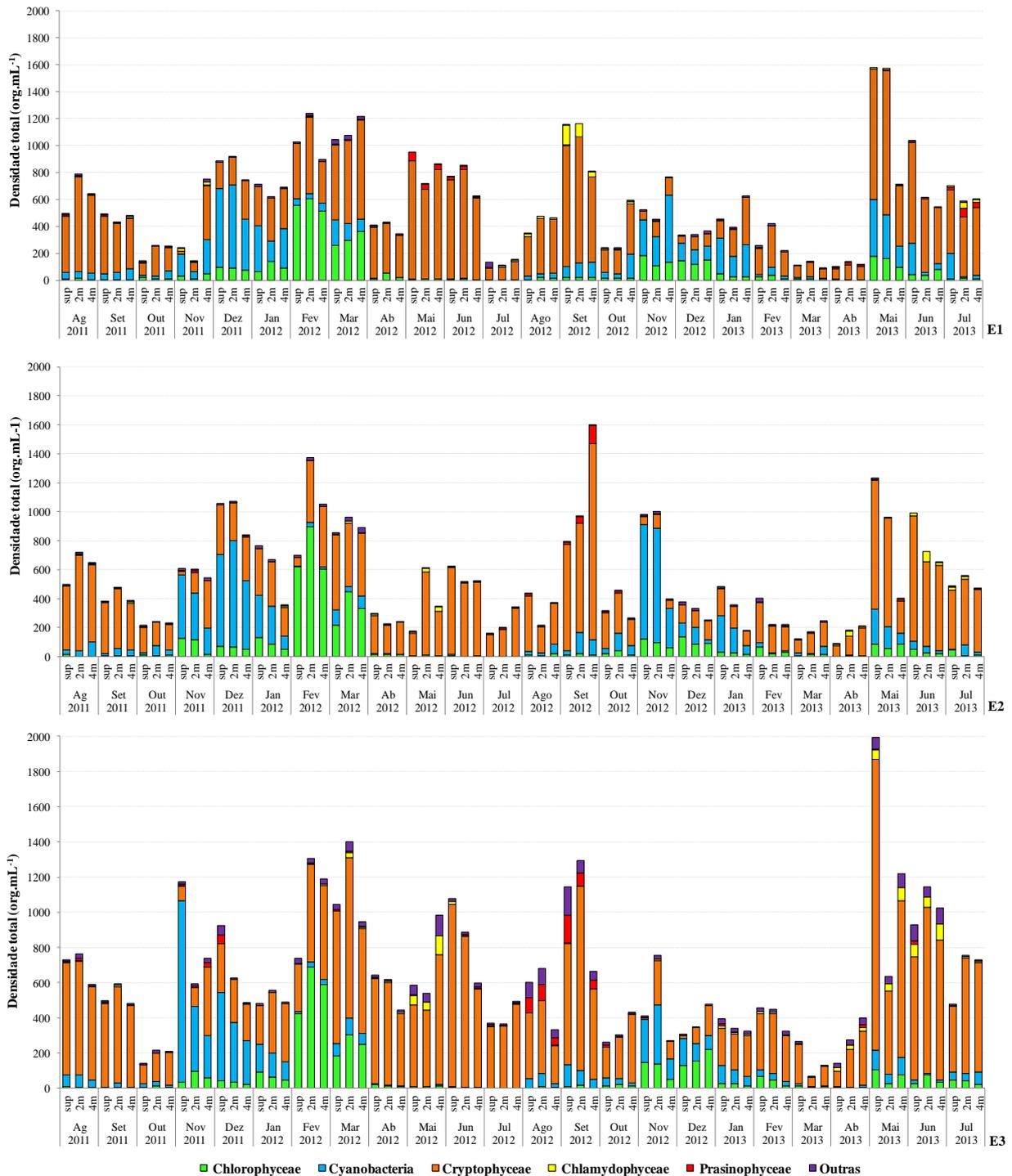


Figura 3. Contribuição mensal das classes fitoplanctônicas em densidade (org mL^{-1}) nas três profundidades e nas três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3) (outras: Zygnemaphyceae, Dinophyceae, Bacillariophyceae, Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae, Euglenophyceae, Xanthophyceae e Chrysophyceae).

Cryptophyceae foi a classe que contribuiu com os maiores valores de densidade total na maior parte do período de estudo. O maior valor, $1.652 \text{ org mL}^{-1}$, 85% da densidade total, foi registrado na estação 3, em maio de 2013 (figura 3, E3). Em novembro, dezembro e janeiro de

2011 e 2012 registrou-se as maiores densidades de Cyanobacteria e, em fevereiro de 2012, a maior densidade de Chlorophyceae (figura 3 E1 e E2). As menores densidades foram registradas para as classes Zygnemaphyceae, Dinophyceae, Bacillariophyceae, *Coscinodiscophyceae*, Fragilariophyceae, Euglenophyceae, Xanthophyceae, Chrysophyceae e Chlamydomphyceae (figura 3).

Biovolume ($\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$): Nos primeiros quatro meses de estudo (agosto, setembro, outubro e novembro de 2011), nas três estações e nas três profundidades, exceto na superfície em novembro, Cryptophyceae contribuiu com os maiores valores do biovolume (figura 4). Em janeiro, fevereiro e março de 2012 registrou-se elevado biovolume de Chlorophyceae e, conseqüentemente, maior contribuição desta classe para este período em todas as estações e profundidades. Em seguida, Cryptophyceae volta a contribuir com os maiores valores do biovolume e, em novembro e dezembro de 2012, registrou-se novamente aumento no biovolume de Chlorophyceae juntamente com Cyanobacteria e Dinophyceae. Nos quatro primeiros meses de 2013, Cryptophyceae novamente contribuiu com os maiores valores do biovolume e, nos últimos três meses de estudo (maio, junho e julho de 2013), registrou-se aumento acentuado no biovolume das Cyanobacteria e, conseqüentemente as maiores contribuições desta classe para o biovolume total neste período (figura 4).

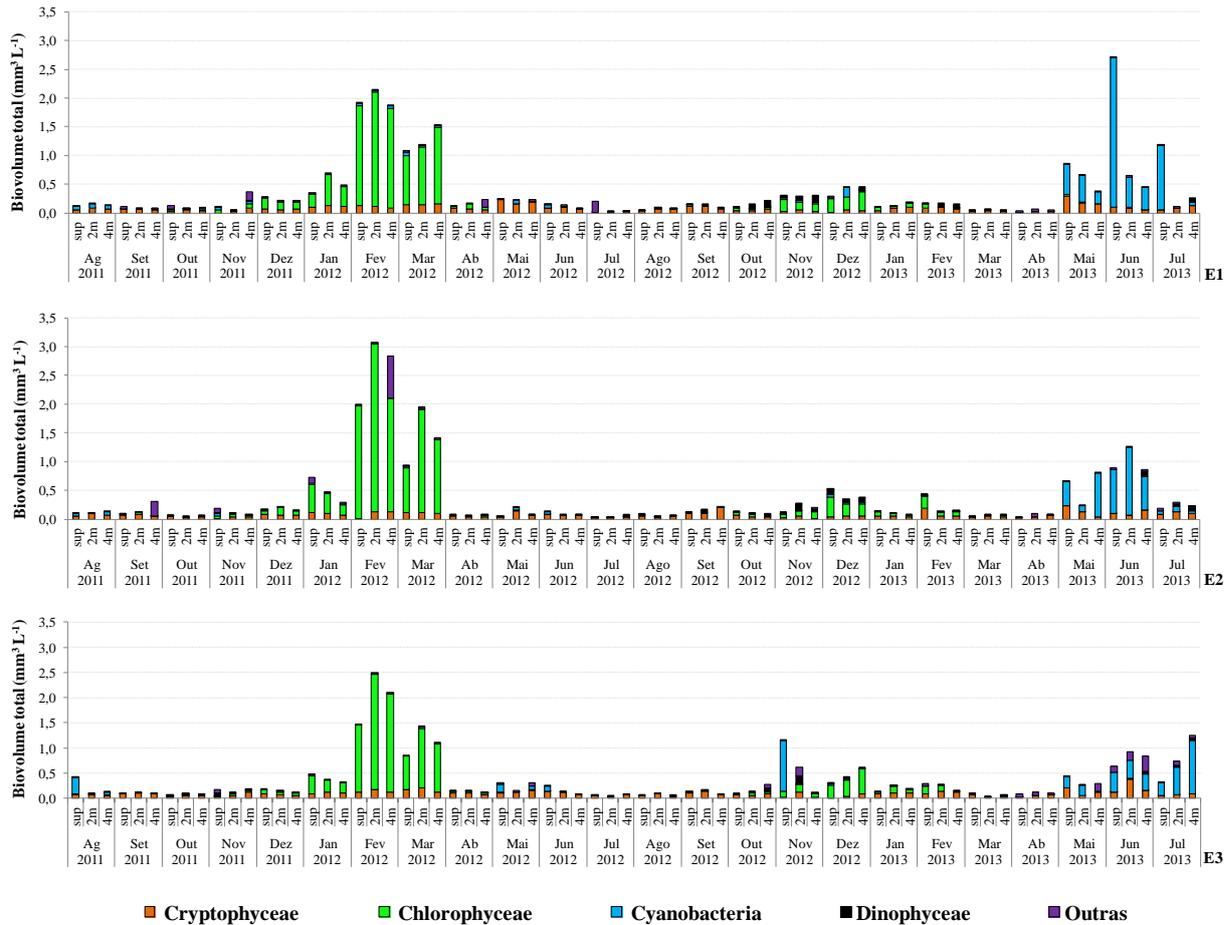


Figura 4. Contribuição mensal das classes fitoplânctônicas em biovolume ($\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$) entre as três profundidades e entre as três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3) (outras: Chlamydoephyceae, Prasinophyceae, Bacillariophyceae, Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae, Zygnemaphyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Xanthophyceae, e Chrysophyceae).

Espécies abundantes, dominantes e descritoras.

Com base na densidade, 33 táxons foram classificados como abundantes, com destaque para *Cryptomonas brasiliensis* (Cryptophyceae), abundante em 153 das 216 amostras analisadas (tabela 3).

Sete táxons foram classificados como descritores do ambiente contribuindo com 87% da densidade total (Tabela 4). *Rhodomonas lacustris* (Cryptophyceae), *Anathece* sp. (Cyanobacteria) e *Coelastrum* sp. (Chlorophyceae) foram classificados como dominantes ao longo do período de estudo. *Rhodomonas lacustris* foi dominante em 128 do total de amostras analisadas e abundante em 81, enquanto que, *Anathece* sp. e *Coelastrum* sp. foram dominantes em 13 e 2, respectivamente, das amostras analisadas.

Com base no biovolume, 40 táxons foram classificados como abundantes. Destes destacam-se *Cryptomonas brasiliensis*, *Rhodomonas lacustris* e *Radiococcus skujae* abundantes em 161, 129 e 93 de todas as amostras analisadas, respectivamente (tabela 3).

Dez táxons foram classificados como descritores do ambiente: *Palmococcus quadriguloides*, *Coelastrum* sp., *Radiococcus skujae*, *Cryptomonas brasiliensis*, *Cryptomonas curvata*, *Rhodomonas lacustris*, *Epigloeosphaera brasilica*, *Dolichospermum circinalis*, *Microcystis aeruginosa* e *Ceratium furcoides* contribuindo com 95% do biovolume total (tabela 4). Destes, *Coelastrum* sp., *Rhodomonas lacustris*, *Microcystis aeruginosa*, *Cryptomonas brasiliensis* e *Dolichospermum circinalis* foram classificadas como dominantes em 28, 26, 11, 4 e 3 das amostras analisadas, respectivamente.

Embora *Anathece* sp. e *Coelastrum* sp. tenham sido classificadas como espécies descritoras do sistema, não foi possível identificá-las dentre as espécies conhecidas, o que sugere que possam representar novos táxons para a ciência. Para confirmar esta suposição, estudos complementares serão realizados.

Tabela 3. Táxons classificados como abundantes na comunidade fitoplanctônica, a partir da densidade (DE) e do biovolume (BV) (n = 216).

Espécies Abundantes	DE (nº de amostras)	BV (nº de amostras)
<i>Anathece</i> sp.	75	---
<i>Ankyra judayi</i>	8	---
<i>Carteria</i> sp. 2	---	17
<i>Ceratium furcoides</i>	---	29
<i>Coelastrum</i> sp.	33	34
<i>Cryptomonas brasiliensis</i>	153	161
<i>Cryptomonas curvata</i>	---	50
<i>Cryptomonas erosa</i>	---	13
<i>Dolichospermum circinalis</i>	---	8
<i>Epigloeosphaera brasilica</i>	18	---
<i>Microcystis aeruginosa</i>	---	40
<i>Microcystis protocystis</i>	---	8
<i>Myxobaktron hirudiforme</i>	10	---
<i>Palmococcus quadriguloides</i>	23	10
<i>Pedinomonas minutissima</i>	10	---
<i>Radiococcus skujae</i>	14	93
<i>Rhodomonas lacustris</i>	81	129

Tabela 4. Espécies descritoras da comunidade com base na porcentagem de contribuição em densidade e biovolume. Densidade total (DT) e Biovolume total (BV).

Espécies descritoras	DT (%)	BT (%)
<i>Anathece</i> sp.	13	---
<i>Ceratium furcoides</i>	---	2
<i>Coelastrum</i> sp.	6	42
<i>Cryptomonas brasiliensis</i>	13	10
<i>Cryptomonas curvata</i>	---	2
<i>Dolichospermum circinalis</i>	---	5
<i>Epigloeosphaera brasílica</i>	1	1
<i>Microcystis aeruginosa</i>	---	16
<i>Myxobaktron hirudiforme</i>	2	---
<i>Palmococcus quadriguloides</i>	2	1
<i>Radiococcus skujae</i>	---	7
<i>Rhodomonas lacustris</i>	50	9

Índices biológicos

A diversidade baseada na densidade variou de 0,5 bits.ind⁻¹ a 3,6 bits.ind⁻¹. Os maiores valores de diversidade, de modo geral, foram registrados nos meses de outubro a março do período estudado, sendo que a maior diversidade foi registrada em dezembro de 2012 e a menor, em junho de 2012 (figura 5). A uniformidade variou de 0,2 a 0,7 e, semelhantes ao índice de diversidade, foram superiores em dezembro de 2012 e menores em junho de 2012 (figura 6). O índice de dominância variou de 0,00003 a 0,9; os maiores valores foram registrados em junho de 2012 e menores valores em dezembro de 2012 (figura 7).

De maneira geral, não há diferença aparente entre as profundidades e estações de coletas na diversidade, uniformidade e dominância, somente na escala temporal.

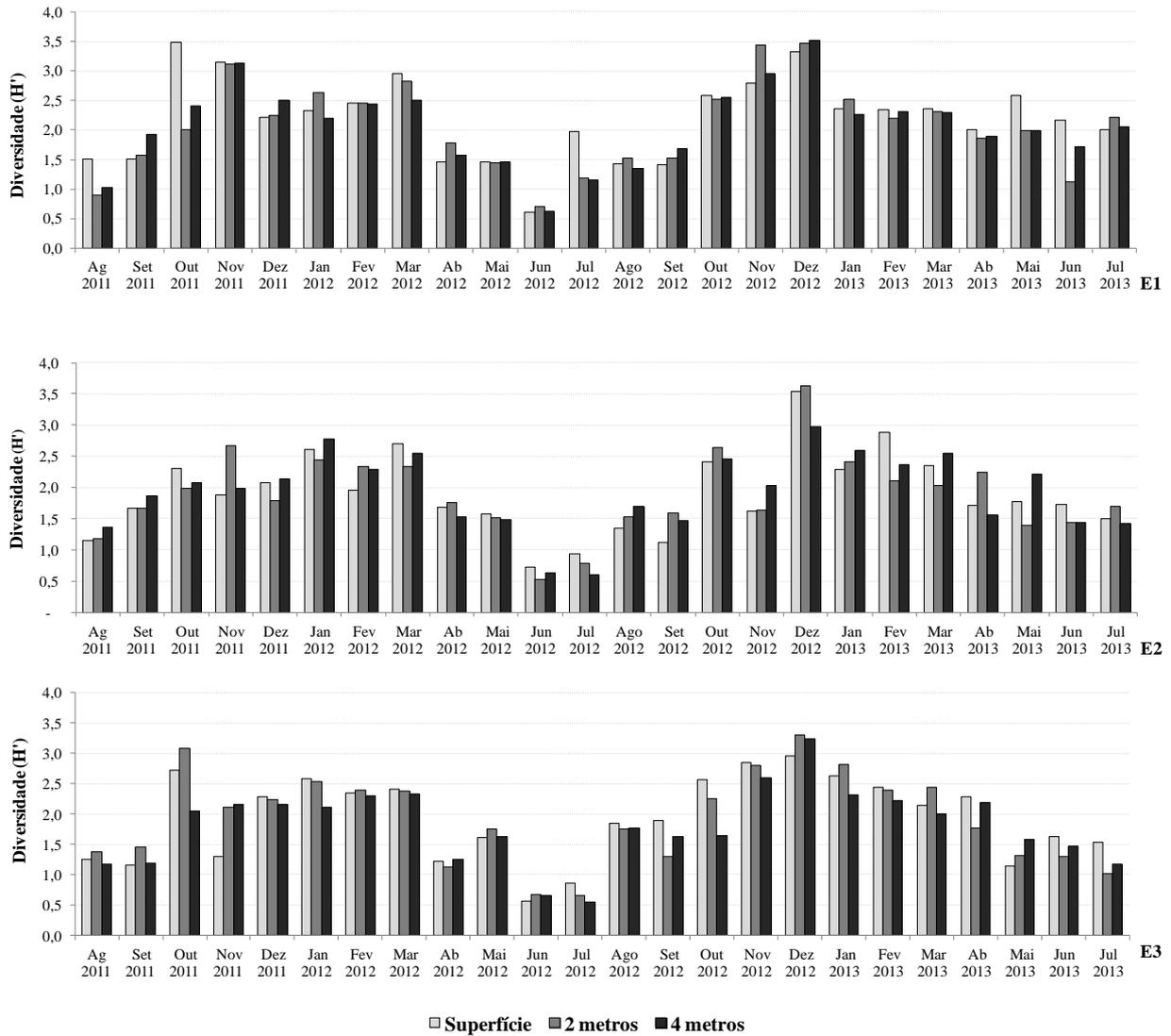


Figura 5. Índice de diversidade (H' : bits.ind⁻¹), estimados com base na densidade, nas três profundidades e entre as três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3) na área da piscicultura Geneseas, localizada no Parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira.

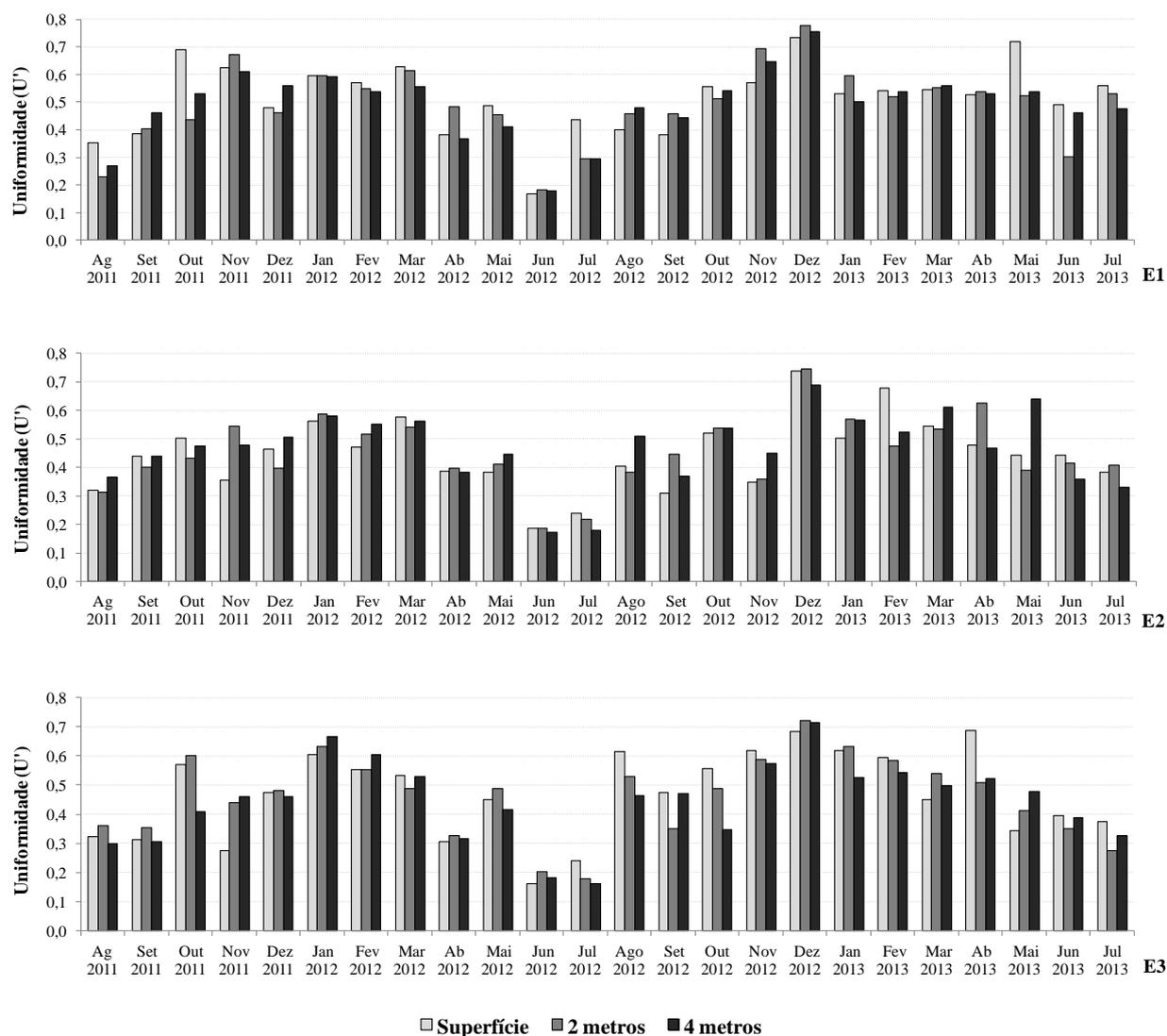


Figura 6. Índice de Uniformidade (U'), estimados com base na densidade, nas três profundidades e entre as três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3) na área da piscicultura Geneseas, localizada no Parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira.

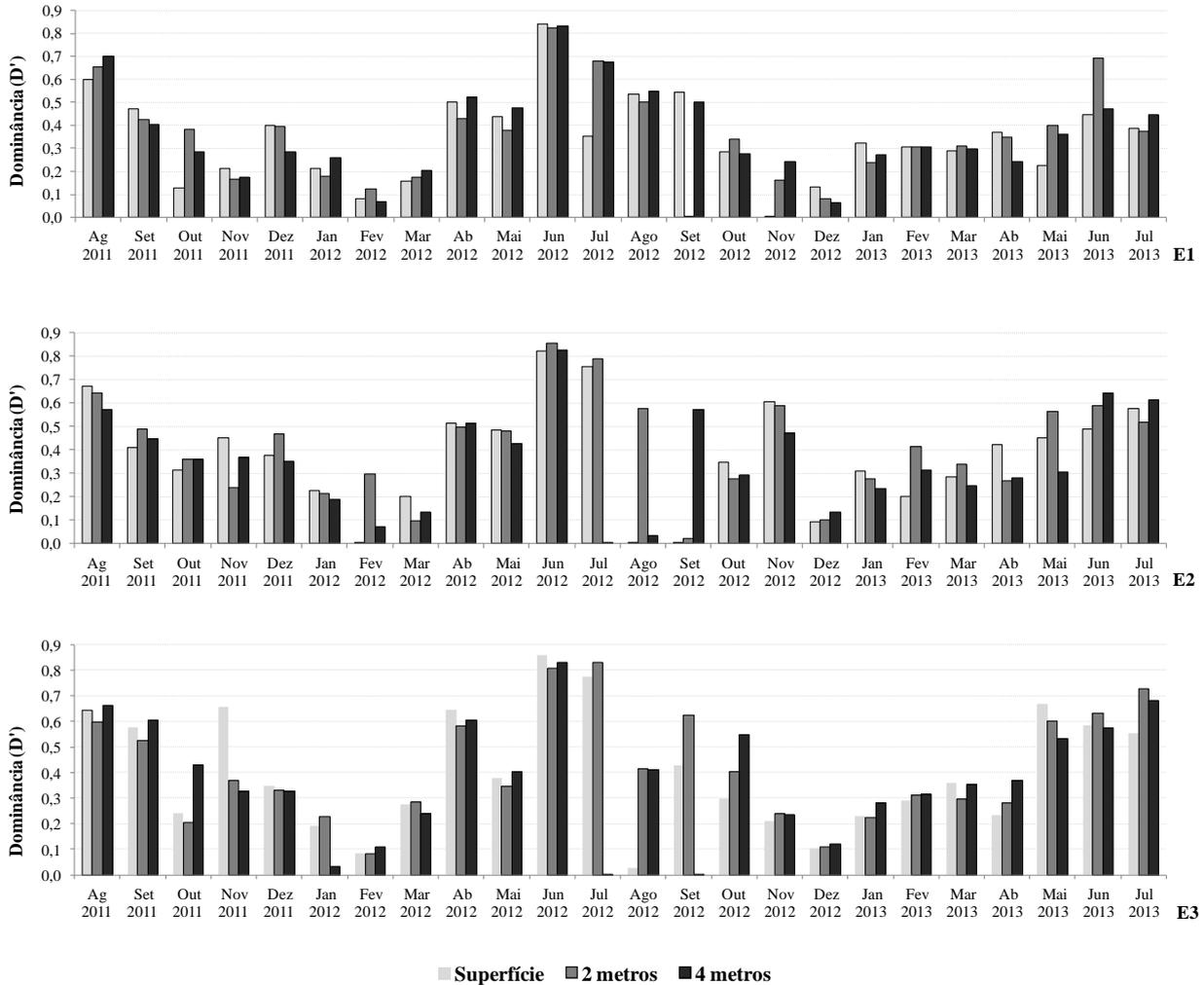


Figura 7. Índice de Dominância (D'), estimados com base na densidade, nas três profundidades e entre as três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3) na área da piscicultura Geneseas, localizada no Parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira.

O índice de diversidade baseado no biovolume variou de $0,04 \text{ bits.ind}^{-1}$ a $3,3 \text{ bits.ind}^{-1}$. Os maiores valores de diversidade foram registrados de outubro a dezembro de 2011 e de outubro/2012 a março de 2013 e os menores valores de diversidade em fevereiro/2012 (figura 8). O índice de uniformidade variou de 0,008 a 0,7 com maior valor em novembro de 2012 e menor valor em outubro de 2011 (figura 9). O índice de dominância variou entre 0,0004 e 0,9, com maior valor (0,9) registrado em junho e julho de 2013 e menor valor em novembro de 2012 (0,0004) (figura 10).

Semelhante aos valores dos índices baseados na densidade, de maneira geral, não há diferença aparente entre as profundidades e estações de coletas na diversidade, uniformidade e dominância, somente na escala temporal.

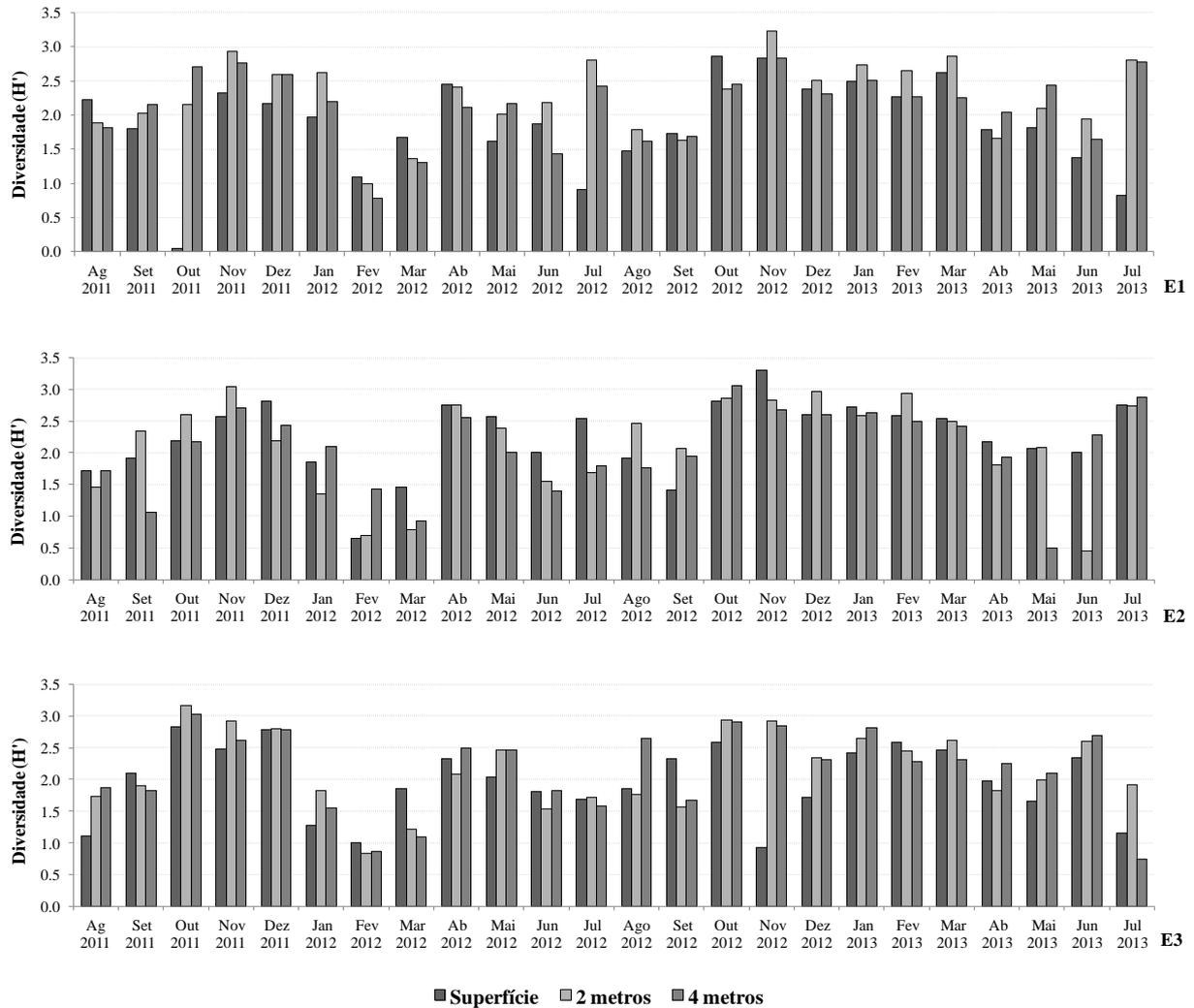


Figura 8. Índice de diversidade (H' : bits.ind⁻¹) estimados com base no biovolume nas três profundidades e entre as três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3), na área da piscicultura Geneseas, localizada no Parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira.

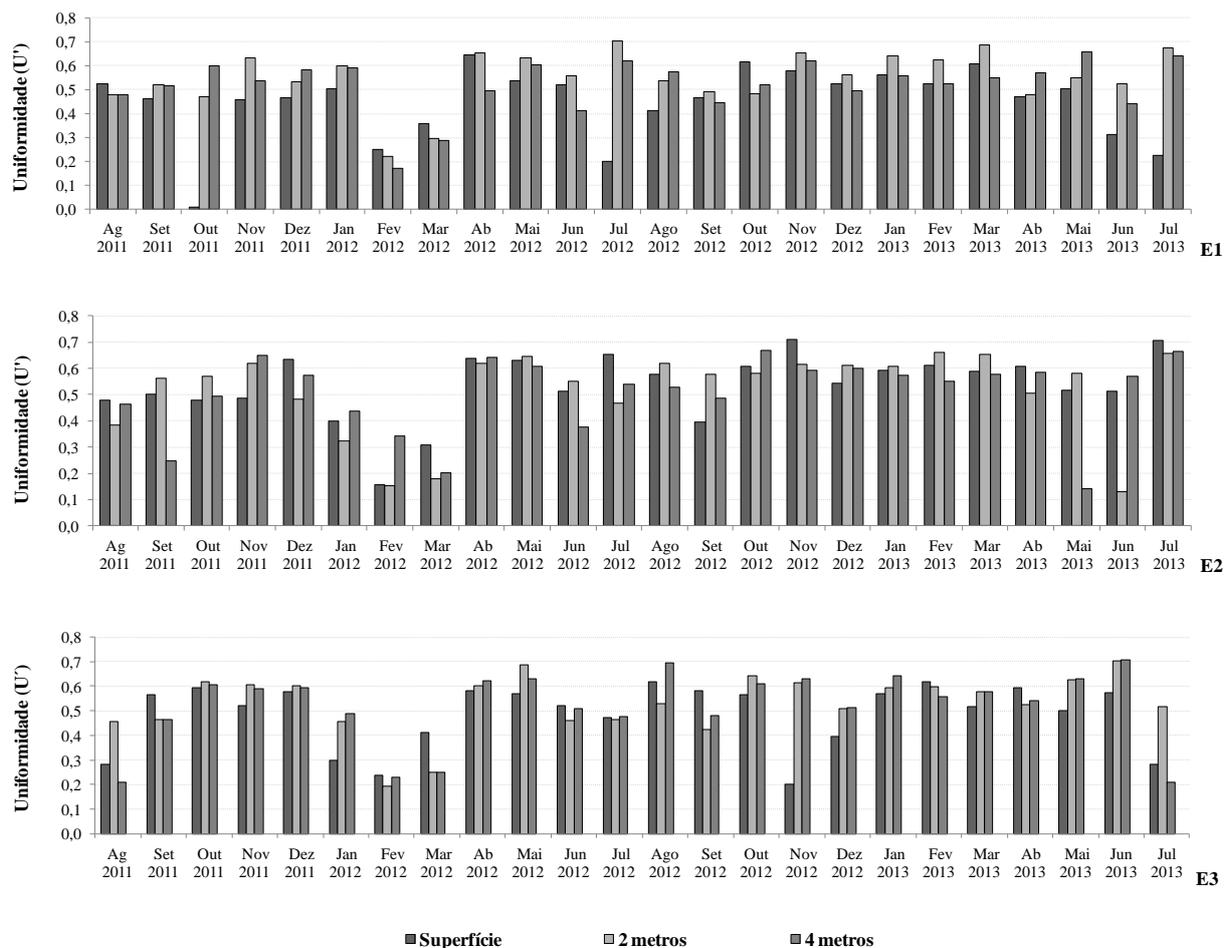


Figura 9. Índice de Uniformidade (U'), estimados com base no biovolume, nas três profundidades e entre as três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3) na área da piscicultura Geneseas, localizada no Parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira.

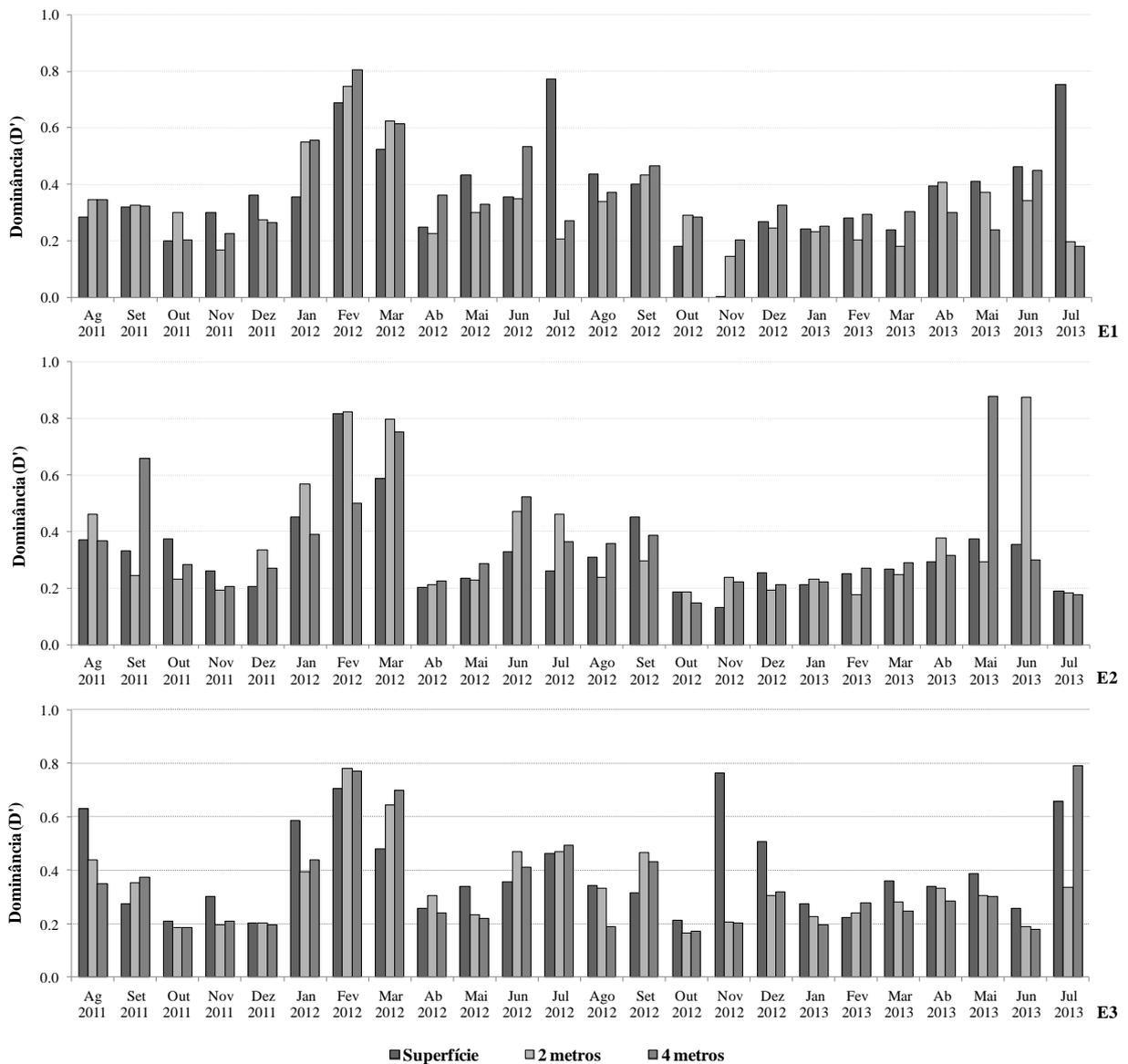


Figura 10. Índice de Dominância (D'), estimados com base no biovolume, nas três profundidades e entre as três estações de coleta (E1: estação 1, E2: estação 2 e E3: estação 3) na área da piscicultura Geneseas, localizada no Parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira.

Análise integrada dos fatores abióticos e bióticos com base na densidade:

A integração da matriz de espécies com dados limnológicos foi realizada a partir da análise de correspondência canônica (ACC) utilizando as espécies descritoras do sistema, com base na densidade, e cinco variáveis ambientais. A análise resumiu 56,1% da variabilidade conjunta dos dados em seus dois primeiros componentes (tabela 5). As correlações “intra-set” e o coeficiente canônico indicaram que a temperatura foi a variável mais importante na ordenação do eixo 1, enquanto que o íon amônio e, embora com correlação mais baixa, a condutividade, foram as que mais pesaram na construção do eixo 2 (tabela 6). No lado positivo do eixo 1, ordenaram-

se as unidades amostrais do período 2, associadas aos maiores valores de temperatura. Nestas mesmas unidades amostrais, observa-se que *Coelastrum* sp. (Coela), *Palmococcus quadriculoides* (Palmo) e *Epigloeosphaera brasílica* (Epiglo) foram as espécies associadas. No lado positivo do eixo 2, ordenaram-se as unidades amostrais referentes ao período 3, associadas aos maiores valores de íon amônio e condutividade e às maiores abundâncias de *Myxobaktron* sp. (Myxo) (tabela 7, figura 11).

Tabela 5. Síntese dos resultados da Análise de Correspondência Canônica (ACC) realizada a partir das sete espécies descritoras do sistema e sete variáveis ambientais. (N= 216).

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalores (λ)	0,242	0,096
Porcentagem de Variância explicada (%)	40,1	15,9
Porcentagem de variância acumulada	40,1	56,1
Correlação de Pearson (espécie-ambiente)	0,912	0,815
Teste de Monte Carlo (p) Autovalores	0,001	0,001
Teste de Monte Carlo (p) Correlações espécies-ambiente	0,001	0,001

Tabela 6. Coeficientes canônicos e correlações “intra-set” das sete variáveis ambientais com os eixos 1 e 2 da ACC, realizada com as sete espécies descritoras do sistema. (N = 216).

Variável	Coeficiente Canônico		Coeficiente de correlação “intra-set”	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
Temperatura (Temp)	0,797	0,411	0,709	0,434
Condutividade elétrica (Cond)	0,105	0,452	0,123	0,512
Fósforo total (PT)	-0,064	-0,092	-0,378	0,218
Nitrogênio total (NT)	0,176	0,217	0,408	-0,042
Íon amônio (NH ₄)	-0,640	0,807	-0,584	0,591

Tabela 7: Coeficientes de correlação de Pearson entre as sete espécies descritoras do sistema e as variáveis ambientais e os dois primeiros eixos da ordenação (N= 216).

Espécies descritoras	Abreviações	Correlação	
		Eixo 1	Eixo 2
<i>Myxobaktron hirudiforme</i>	Myxo	-0,437	0,628
<i>Coelastrum</i> sp.	Coela	0,745	0,269
<i>Palmococcus quadriculoides</i>	Palmo	0,678	0,263
<i>Cryptomonas brasiliensis</i>	Crypto	0,419	0,165
<i>Rhodomonas lacustris</i>	Rhodo	-0,393	-0,136
<i>Anathece</i> sp.	Ana	0,51	-0,174
<i>Epigloeosphaera brasílica</i>	Epiglo	0,759	0,094

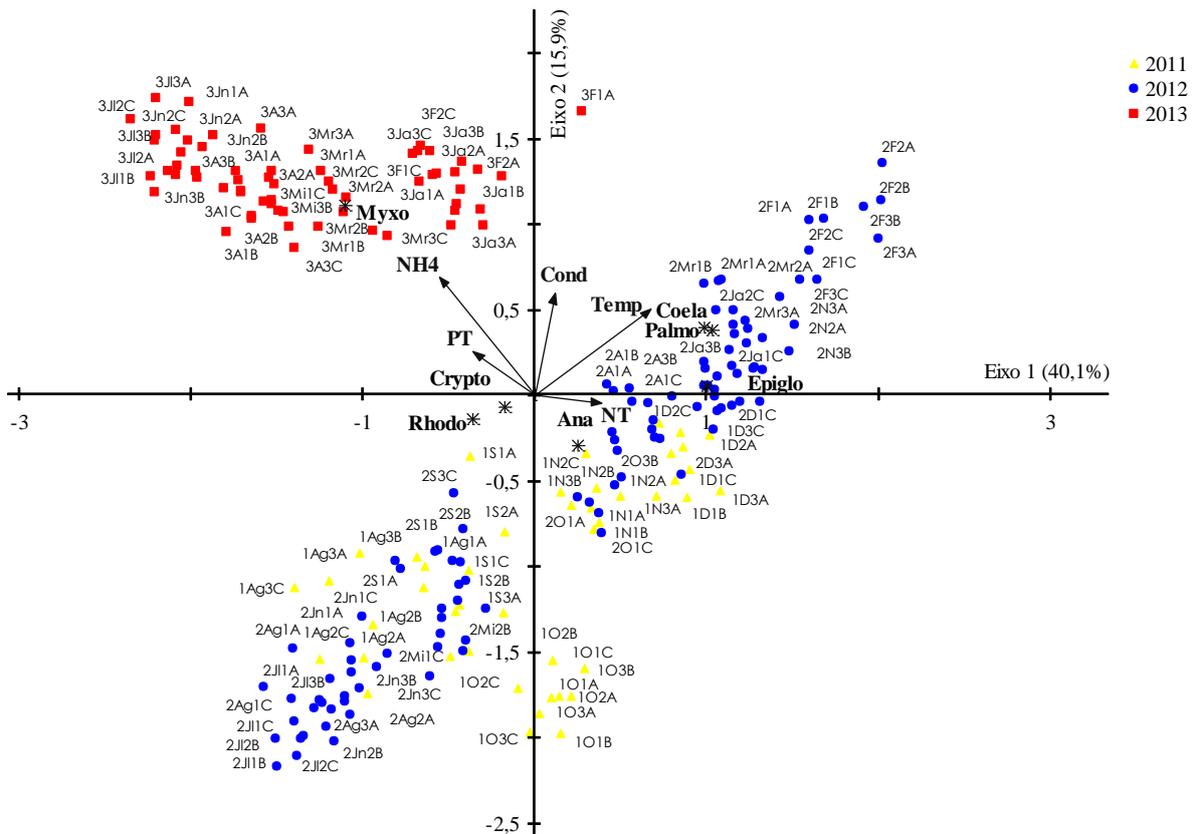


Figura 11. Ordenação pela ACC das 216 unidades amostrais do Sistema de piscicultura em tanques-rede do Parque Aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira, Santa Fé do Sul/SP, gerada a partir das sete espécies descritoras do sistema, (abreviações conforme tabela 7) determinadas com base na densidade e sete variáveis ambientais (abreviações conforme tabela 6). As unidades amostrais foram identificadas da seguinte forma: os números localizados na frente das unidades amostrais, de 1 a 3, correspondem ao ano (1 = 2011, 2 = 2012, 3 = 2013), os meses, logo após os anos, estão abreviados da seguinte forma: Ja = Janeiro, F = Fevereiro, Mr = Março, A = Abril, Mi = Maio, Jn = Junho, Jl = Julho, Ag = Agosto, S = Setembro, O = Outubro, N = Novembro, D = Dezembro, os números 1, 2 e 3, após os meses, correspondem as estações de coleta (1 = estação 1, 2 = estação 2 e 3 = estação 3) e as letras A, B e C no final das unidades amostrais correspondem as profundidades (A = superfície, B = 2 metros e C = 4 metros).

Análise integrada dos fatores abióticos e bióticos com base no biovolume: A integração da matriz de espécies com dados limnológicos foi realizada a partir da análise de correspondência canônica (ACC) utilizando as dez espécies descritoras do sistema, com base no biovolume, e

cinco variáveis ambientais. A análise resumiu 41,7% da variabilidade conjunta dos dados em seus dois primeiros componentes, apresentando autovalores para os eixos 1 ($\lambda_1 = 0.658$) e 2 ($\lambda_2 = 0.274$) estatisticamente significativos ($p = 0,001$) pelo teste de Monte Carlo. A correlação espécie-ambiente foi alta e significativa para os dois eixos da ACC ($p = 0,001$), indicando forte associação entre as variáveis ambientais e as espécies descritoras em questão (tabela 8).

As correlações “intra-set” e o coeficiente canônico indicaram que a temperatura (Temp), o íon amônio (NH₄) e o fósforo total (PT) foram as variáveis de maior peso na ordenação do eixo 1 e a condutividade elétrica (Cond) foi a que mais pesou na construção do eixo 2 (tabela 9). No lado positivo do eixo 1 ordenaram-se, principalmente, as unidades amostrais do período 3, associadas às maiores concentrações de íon amônio e fósforo total e, especialmente, as unidades amostrais referentes aos últimos três meses de coleta. Tais unidades amostrais associaram-se aos maiores biovolumes de *Dolichospermum circinalis* (Dolicho) e *Microcystis aeruginosa* (Microaer). No lado negativo do eixo 1, ordenaram-se as unidades amostrais referentes ao período 2, associadas aos maiores biovolumes de *Coelastrum* sp. (Coela), *Palmococcus quadriculoides* (Coeno) e *Epigloeosphaera brasilica* (Epiglo) e aos maiores valores de temperatura. No lado negativo do eixo 2 ordenaram-se unidades amostrais referentes ao período 1, 2 associadas aos menores valores de condutividade elétrica (Cond) e as maiores biovolumes de *Cryptomonas brasiliensis* (Crypto) (tabela 10, figura 12).

Tabela 8. Síntese dos resultados da Análise de Correspondência Canônica (ACC) realizada a partir das dez espécies descritoras do sistema e sete variáveis ambientais. (N= 216).

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalores (λ)	0.658	0.274
Porcentagem de Variância explicada (%)	29.4	12.3
Porcentagem de variância acumulada	29.4	41.7
Correlação de Pearson (espécie-ambiente)	0.925	0.782
Teste de Monte Carlo (p) Autovalores	0,001	0,001
Teste de Monte Carlo (p) Correlações espécies-ambiente	0,001	0,001

Tabela 9. Coeficientes canônicos e correlações “intra-set” das sete variáveis ambientais com os eixos 1 e 2 da ACC, realizada com as dez espécies descritoras do sistema. (N = 216).

Variável	Coeficiente Canônico		Coeficiente de correlação “intra-set”	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
Temperatura (Temp)	-1,089	-0,091	-0,840	0,063
Condutividade elétrica (Cond)	-0,142	1,062	-0,112	0,748
Fósforo total (PT)	0,057	-0,307	0,506	-0,228
Nitrogênio total (NT)	-0,036	0,196	-0,472	-0,147
Íon amônio (NH ₄)	0,814	0,390	0,746	0,224

Tabela 10. Coeficientes de correlação de Pearson entre as dez espécies descritoras do sistema e as variáveis ambientais e os dois primeiros eixos da ordenação (N= 216).

Espécies descritoras	Abreviações	Correlação	
		Eixo 1	Eixo 2
<i>Coelastrum</i> sp.	Coela	-0,591	0,443
<i>Palmococcus quadriculoides</i>	Palmo	-0,54	0,218
<i>Radiococcus skujae</i>	Radio	-0,63	0,027
<i>Cryptomonas brasiliensis</i>	Crypto	-0,496	0,251
<i>Cryptomonas curvata</i>	Cryptocu	0,216	0,166
<i>Rhodomonas lacustris</i>	Rhodo	0,438	0,185
<i>Dolichospermum circinalis</i>	Dolicho	0,26	0,321
<i>Epigloeosphaera brasílica</i>	Epiglo	-0,487	0,219
<i>Microcystis aeruginosa</i>	Microaer	0,333	0,393
<i>Ceratium furcoides</i>	Cera	-0,076	-0,04

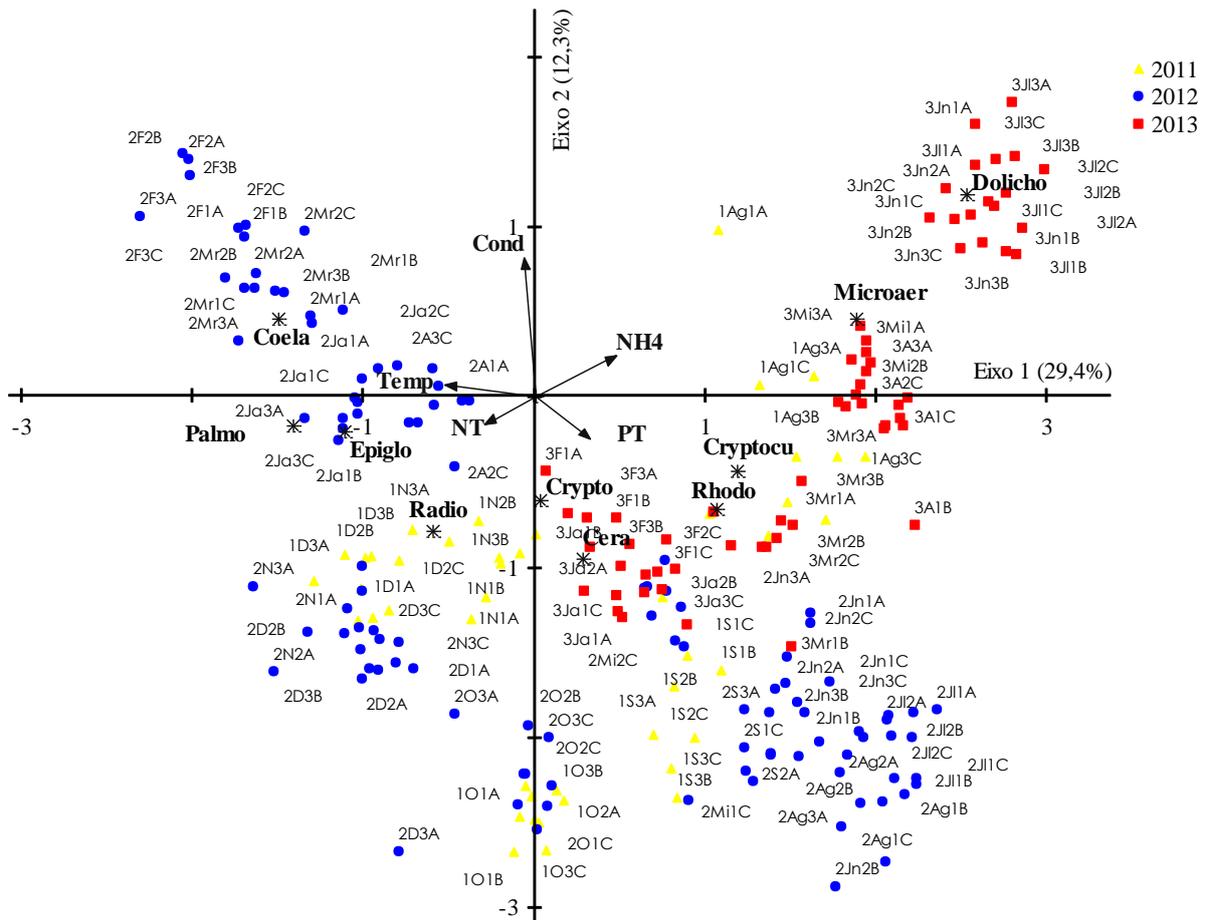


Figura 12. Ordenação pela ACC das 216 unidades amostrais do Sistema de piscicultura em tanques-rede do Parque Aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira, Santa Fé do Sul/SP, gerada a partir das dez espécies descritoras do sistema (abreviações conforme tabela 10), determinadas com base no biovolume e sete variáveis ambientais. As unidades amostrais foram identificadas da seguinte forma: os números localizados na frente das unidades amostrais, de 1 a 3, correspondem ao ano (1 = 2011, 2 = 2012, 3 = 2013), os meses, logo após os anos, estão abreviados da seguinte forma: Ja = Janeiro, F = Fevereiro, Mr = Março, A = Abril, Mi = Maio, Jn = Junho, Jl = Julho, Ag = Agosto, S = Setembro, O = Outubro, N = Novembro, D = Dezembro, os números 1, 2 e 3, após os meses, correspondem as estações de coleta (1 = estação 1, 2 = estação 2 e 3 = estação 3) e as letras A, B e C no final das unidades amostrais correspondem as profundidades (A = superfície, B = 2 metros e C = 4 metros).

Discussão

As atividades do sistema de piscicultura em tanques-rede provocaram alterações temporais, detectadas, especialmente, à partir de maio de 2013 e não espaciais, (horizontais e verticais) na estrutura da comunidade fitoplanctônica, conforme indicado pela CCA. Provavelmente, as características hidrodinâmicas da área de cultivo como, tempo de residência curto (21,6 dias) e a vazão ($172\text{m}^3/\text{s}$) somadas ao manejo da piscicultura interferiram na distribuição da biota e dos compostos químicos, explicando assim, a semelhança entre as profundidades e as estações de amostragem e a atenuação do impacto na estrutura da comunidade fitoplanctônica, semelhante ao observado por Borges *et al.* (2010) e Bartozek *et al.* (2014) ao analisarem a influência das atividades de piscicultura em tanques-rede na comunidade fitoplanctônica.

Trabalhos cujos objetivos foram avaliar a influência da piscicultura em tanques-rede sobre estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica, registraram Chlorophyceae e Cyanobacteria como as classes que mais contribuíram em número de espécies (Borges 2009, Borges *et al.* 2010, Cavalcante 2010, Huaxue *et al.* 2011, Kagawa *et al.* 2011, Lins 2011 e Bartozek *et al.* 2014). Os resultados do presente trabalho corroboram essas informações, uma vez que as maiores riquezas foram registradas nos grupos Chlorophyceae (73) e Cyanobacteria (34).

As maiores riquezas de táxons, registradas entre outubro de 2011 a março de 2012 e outubro de 2012 a março de 2013, estão provavelmente relacionadas às maiores temperatura e precipitação, como discutem alguns autores que realizaram trabalhos em reservatórios tropicais e subtropicais e mencionaram que a chuva tem forte influência na composição das espécies fitoplanctônicas (Giani & Figueredo 1999, Bittencourt-Oliveira 2002, Granado *et al.* 2008, Lins 2011). A chuva atua como agente perturbador das comunidades aquáticas, causando turbulência e turbidez na água em função do transporte de material alóctone (Giani & Figueredo 1999). O material oriundo do ambiente terrestre e das várzeas pode aumentar a concentração de nutrientes nos sistemas aquáticos, elevando a riqueza da comunidade fitoplanctônica (Bittencourt-Oliveira 2002). Além disso, pode-se considerar que a precipitação pode também promover o desprendimento das algas perifíticas (aquelas aderidas nas grades dos tanques). Tucci *et al.* (2004) também discutiram a ocorrência deste mesmo comportamento para a riqueza fitoplanctônica no Reservatório de Salto Grande.

A densidade máxima de fitoplâncton registrada no presente estudo foi $1.933 \text{ org mL}^{-1}$; estes valores de densidades podem ser considerados muito baixos, quando comparados aos registrados em ambientes eutrofizados. Deberdt (1999) registrou valores de até $125.000 \text{ org mL}^{-1}$ no inverno e $345.000 \text{ org mL}^{-1}$ no verão para o reservatório de Salto Grande, classificado como eutrófico e Carvalho (2003) registrou densidades variando entre $11.198 \text{ org mL}^{-1}$ a $127.941 \text{ org mL}^{-1}$ no reservatório Billings, também classificado como eutrófico. Mesmo quando as densidades registradas no presente estudo são comparadas a outros reservatórios oligotróficos, ainda são consideradas baixas, como as registradas nos reservatórios de Atibainha e Itupararanga, onde os valores registradaso estavam entre 1.120 a $8.608 \text{ org mL}^{-1}$ e 1.039 a $9.918 \text{ org mL}^{-1}$ respectivamente (Carvalho (2003). Valores próximos aos observados no presente estudo (abaixo de $3.000 \text{ ind. mL}^{-1}$), foram registrados no reservatório de Rosana, reservatório classificado como oligotrófico (Bicudo *et al.* 2005).

No presente estudo, Cryptophyceae esteve presente durante todo período nas três estações de amostragem. A semelhança entre as estações de amostragem e entre as profundidade pode ser explicada, muito provavelmente, pelas condições hidrodinâmicas da área do braço Ponte Pensa do reservatório, como já havia sido discutido por Mallasen *et al.* (2012), assim, como também pela a disponibilidade de luz (5 m de transparência da água) e baixas concentrações de nutrientes, condições que favoreceram o desenvolvimento desses organismos. Segundo Reynolds *et al.* (2002), espécies de Cryptophyceae são capazes de se desenvolver em inúmeros tipos de habitat em função da alta razão superfície pelo volume (S/V) e rápida taxa de crescimento.

A contribuição em densidade de Cryptophyceae intercalada, ao longo do período de estudo, por representantes das classes de Chlorophyceae e Cyanobacteria também corroboram com Klaveness (1988, 1989) e Bicudo *et al.* (2005, 2009), que afirmam que o aumento de Cryptophyceae ocorre quando outros grupos de algas decrescem, caracterizando-as como “oportunistas”, e com Borges *et al.* (2010), que registraram aumento da densidade de Cryptophyceae, quando diminuiu a densidade de Cyanobacteria.

Klaveness (1988) discute que durante períodos de mistura da coluna de água, ou após elevada turbulência, as Cryptophyceae são favorecidas para o estabelecimento máximo de suas populações, pois a turbulência propicia a redistribuição de nutrientes na coluna de água, bem como reduz a pressão por predação. Dessa forma, elevadas densidades de Cryptophyceae associadas às condições de mistura também foram registradas em outros reservatórios tropicais (Santos & Calijuri 1998, Rodrigues *et al.* 2007, Silva *et al.* 2005, Train *et al.* 2005, Pivato *et al.* 2006, Borges *et al.* 2010).

Segundo Bicudo *et al.* (2009) Cryptophyceae tem como peculiaridade sua presença continua nos ecossistemas aquáticos, ou seja, ocorrem durante o ano inteiro, mas raramente

apresentam espécies dominantes. Nossos resultados confirmam parcialmente esta afirmação, pois, embora Cryptophyceae tenha sido registrada durante todo o período de estudo, *Rhodomonas lacustris* foi dominante em mais de 59% das amostragem e abundante em 37% enquanto que *Cryptomonas brasiliensis* foi abundante em 70% das amostras analisadas.

Rhodomonas lacustris, espécie flagelada, nanoplânctônica (6-10 μ m), possui requerimento por alta incidência de luz. Espécies de tamanho diminuto são caracterizadas pela relativa facilidade de dispersão, auxiliadas pelo tamanho pequeno ($v < 10^3\mu\text{m}^3$), pela rápida absorção e assimilação de nutrientes e pelas altas taxas de replicação ($r_{20} > 10 \times 10^{-6}\text{s}^{-1}$), facilitadas pela alta razão sv^{-1} ($> 0,5\mu\text{m}^{-1}$) (Brasil & Huszar 2011). Atribui-se a dominância desta espécie no braço Ponte Pensa, a estas características, que podem favorecer estes organismos em ambientes turbulentos, com alta incidência de luz e oligotróficos, onde as concentrações de nutrientes essenciais, como nitrogênio e fósforo são baixas como é o caso do ambiente estudado.

Cryptomonas brasiliensis foi classificada como abundante em 70% das amostras analisadas, especialmente no período chuvoso (dezembro a maio de 2012 e maio de 2013). Oliveira & Calheiros (2000), Henry *et al.* (2006) e Bicudo *et al.* (2009) registraram maior abundância de *Cryptomonas brasiliensis* na subsuperfície no período chuvoso. No presente estudo e, semelhante a Oliveira & Calheiros (2000), acredita-se que a elevada abundância de *Cryptomonas brasiliensis* está relacionada à baixa disponibilidade de nutrientes dissolvidos, turbulência e elevada transparência da água, condições adversas para o desenvolvimento de outras algas, como por exemplo, Cyanobacteria, Chlorophyceae e Euglenophyceae.

A importância ecológica das Cyanobacteria está relacionada com sua capacidade de desenvolver florações de espécies tóxicas, especialmente em ambientes eutrofizados (ex. Huszar *et al.* 2000, Komárek *et al.* 2002, Tucci & Sant'Anna 2003; Deng *et al.* 2007, Sant'Anna *et al.* 2008, Lins 2011, Kosten *et al.* 2012). Apesar de todo o aporte de nitrogênio e fósforo proveniente da ração, não foram registradas florações de Cyanobacteria. No entanto, em novembro, dezembro e janeiro de 2011 e 2012 foram observadas maiores densidades de Cyanobacteria, em função da dominância de *Anathece* sp. e da abundância de *Epigloeosphaera brasilica*. A dominância de *Anathece* sp. e abundância de *Epigloeosphaera brasilica* estiveram associadas à sazonalidade, ocorrendo nos meses com as maiores temperatura e precipitação, conforme observado nos resultados das análises da CCA (figura 11).

Embora os valores médios da temperatura da água, (ao redor de 26,5 °C) estiveram na faixa ideal para a criação e estocagem de peixes de climas subtropicais e tropicais (26 e 28 °C segundo Boyd 1990), é importante ressaltar que esta faixa de temperatura pode favorecer o aparecimento das cianobactérias como *Microcystis* e *Cylindrospermopsis*, dentre outras, que apresentam crescimento ótimo em temperaturas acima de 25 °C (Bouvy *et al.* 1999, Dokulil &

Teubner 2000, Tucci & Sant'Anna 2003, Honda *et al.* 2006, Gemelgo *et al.* 2008, Fernandes *et al.* 2009).

As cianobactérias têm grande destaque em termos ambientais e econômicos por atingirem sempre altas densidades em condições de elevadas concentrações de nutrientes e por produzirem toxinas. As cianotoxinas podem retardar o crescimento de algumas espécies de peixes e acumular-se no tecido muscular, representando um risco potencial para a saúde dos animais que deles se alimentam. Além do efeito de toxicidade, os peixes podem morrer devido ao impedimento das trocas gasosas pela obstrução das brânquias em função do excesso de células algáceas, causando sérios prejuízos aos piscicultores (Eler *et al.* 2001, Magalhães *et al.* 2003, Smith *et al.* 2008).

Em fevereiro de 2012, foi registrada a dominância de Chlorophyceae em função da das elevadas densidades de *Coelastrum* sp. e de *Palmococcus quadriculoides*. De acordo com Reynolds (2006) e Sant'Anna *et al.* (2006), *Coelastrum* é um gênero comumente associado a ambientes rasos e eutrofizados, discordando das características do ambiente em estudo (aproximadamente 26 metros de profundidade e oligotrófico, de acordo com CETESB 2013a). Já as espécies de *Coenocystis* (atualmente denominada *Palmococcus*) estão associadas às condições de oligotrofia e mistura da coluna d'água (Reynolds 2006, Alves *et al.* 2014).

Quanto ao biovolume e semelhante à densidade total, Cryptophyceae foi a classe que mais contribuiu com o biovolume total ao longo do período estudado; esta contribuição se deve às elevadas densidades de *Rhodomonas lacustris* e *Cryptomonas brasiliensis* em quase todo o período de estudo. Embora diminutas, suas altas densidades mantiveram o biovolume das Cryptophyceae maior que o das demais classes na maioria do período estudado.

Os maiores valores do biovolume registrados para Chlorophyceae em janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro de 2012 são atribuídos a *Coelastrum* sp., *Palmococcus quadriculoides* e *Thorakochloris nygaardii*, abundantes neste período; enquanto os maiores biovolumes registrados de Cyanobacteria, em novembro de 2012 e maio, junho e julho de 2013, são atribuídos a *Microcystis aeruginosa* e *Dolichospermum circinalis*. O maior valor de biovolume de Dinophyceae foi em novembro de 2012, na estação 3, e está associado as maiores densidades de *Ceratium furcoides*.

Dentre as espécies descritoras com base no biovolume, *Microcystis aeruginosa*, *Dolichospermum circinalis* e *Ceratium furcoides* merecem destaque. *Ceratium furcoides* tem sido considerada espécie invasora em águas doces em vários países, com grande risco ecológico (Matsumura-Tundisi *et al.* 2010, Silva *et al.* 2012, Cavalcante *et al.* 2013). Dentre os problemas ecológicos já citados está a mortandade de peixes associada a florações de espécies de *Ceratium* registradas por Taylor *et al.* (1995), na Tailândia e no Japão, e por CETESB (2013b), no Brasil.

Segundo Silva *et al.* (2012), *Ceratium furcoides* pode ser considerada uma espécie permanente, ou seja, presente durante o ano inteiro em reservatórios tropicais devido as maiores temperaturas e elevadas transparências da água nestes sistemas.

O primeiro registro de *Ceratium furcoides* em reservatórios brasileiros foi feito por Santos-Wisniewski *et al.* (2007), no reservatório de Furnas, no estado de Minas Gerais. Posteriormente, Silva *et al.* (2012) analisaram a invasão e o estabelecimento progressivo de *Ceratium furcoides* neste mesmo reservatório e correlacionaram as maiores densidades da espécie com os valores de temperatura, nutrientes dissolvidos (nitrato e nitrito) e com a condutividade elétrica. O primeiro registro de florações de *Ceratium furcoides* no Brasil foi feito por Matsumura-Tundisi *et al.* (2010), que atribuíram as florações à intensa mistura vertical da coluna de água que, por sua vez, favoreceram o aumento do fósforo. Embora atinjam altas densidades em condições mesotróficas e eutróficas, *Ceratium furcoides* se prolifera com sucesso em águas oligotróficas (Silva *et al.* 2012). No presente trabalho, *Ceratium furcoides* foi registrado, sempre, em baixíssimas densidades (0,3 a 5,3 org/mL) associado à maior transparência da água e maior concentração de fósforo total.

Microcystis e *Dolichospermum* são os gêneros com o maior número de espécies tóxicas no Brasil. No entanto, os eventos tóxicos destes gêneros têm uma distribuição diferente. Florações tóxicas de espécies de *Microcystis* ocorrem tanto em regiões tropicais quanto subtropicais, enquanto que os dados de ocorrências de florações tóxicas de *Dolichospermum* estão restritos às regiões subtropicais. Assim, espécies de *Microcystis* parecem ter uma gama mais ampla de tolerância a diferentes climas e condições ambientais do que as espécies de *Dolichospermum* (Sant'Anna *et al.* 2008).

Embora amplamente distribuída em águas continentais, *Microcystis aeruginosa* atinge altas densidades em condições eutróficas, caracterizadas por estabilidade química e térmica, baixa turbulência e irradiância (Oliver & Ganf 2000, Michard *et al.* 1996). Por outro lado *Dolichospermum circinalis* pode atingir altas densidades tanto em condições de estratificação da coluna de água (Reynolds *et al.* 2002, Westwood & Ganf 2004) como de mistura da coluna de água (Bovo-Scomparin & Train 2008, Becker *et al.* 2004). A região do Braço Ponte Pensa não apresentou condições favoráveis para o amplo desenvolvimento dessas espécies, no entanto, nos últimos seis meses de estudo, ou seja, um ano após o início da criação de tilápias, foi registrado o incremento nas concentrações de amônio e de fósforo total. Condições que possivelmente favoreceram o aumento da biomassa dessas espécies nestes últimos três meses de estudo, conforme indicado pelos resultados da CCA.

Esses resultados mostram a importância de se calcular o biovolume, uma vez que, o significado ecológico do tamanho das algas em relação à sua biomassa pode ser compreendido

quando a contribuição de um único indivíduo de espécie microplanctônica (por exemplo, *Microcystis aeruginosa*) pode ser equivalente à de vários indivíduos de uma espécie nanoplanctônica (por exemplo, *Rhodomonas lacustris*) (Bellinger & Sigeo 2010, Fonseca *et al.* 2014). Sem o cálculo do biovolume, *Dolichospermum circinalis*, *Microcystis aeruginosa* e *Ceratium furcoides*, importantes ecologicamente e registrados em baixas densidades teriam sua contribuição ecológica subestimada.

Os maiores valores de diversidade e de uniformidade foram observados no verão, período de temperaturas mais elevadas e de maior precipitação pluviométrica. Em comparação com o índice de dominância, observou-se que essa relação se inverte, ou seja, maiores valores no inverno, período de temperaturas mais baixas e de menor precipitação pluviométrica.

Os valores de diversidade (0,5 bits.ind⁻¹ e 3,6 bits.ind⁻¹) encontrados no presente estudo foram semelhantes aos registrados por Nogueira (2000) para a represa de Jurumirim (0,05-3,32 bits.ind⁻¹), um sistema oligotrófico localizado no rio Paranapanema, e menores do que os reportados por Bicudo *et al.* (2005) para o reservatório de Rosana (2,1-4,1 bits.ind⁻¹), também localizado no rio Paranapanema. De acordo com Margalef (1983), a diversidade de um ambiente oligotrófico varia de 1 a 3 bits.ind⁻¹, portanto, os valores registrados estão de acordo com o esperado para ambientes oligotróficos.

Acredita-se que a maior instabilidade do ambiente durante o período chuvoso, possibilitou maior competição entre as espécies, o desenvolvimento e até dominância de outros grupos de algas que não as Cryptophyceae, aumentando a riqueza de táxons e, conseqüentemente, influenciando no aumento da diversidade e uniformidade nesse período, pois, apesar da dominância de espécies, a diversidade foi fortemente influenciada pelo número de espécies presentes.

Conclusões

Após avaliação dos resultados obtidos, concluímos que a estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica foi influenciada pela atividade da produção de tilápia em tanques-rede com relação às alterações temporais. Um ano após a instalação dos tanques rede, em 2013, foram registrados os maiores biovolumes de *Microcystis aeruginosa* e *Dolichospermum circinalis*, associados às maiores concentrações de íon amônio e fósforo total, nas tres estações de amostragens.

As semelhanças físicas, químicas e biológicas entre as profundidades estudadas e entre as três estações de amostragem podem ser explicadas considerando as características hidrodinâmicas da área do Parque aquícola Ponte Pensa, tais como vazão ($172 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), tempo de residência (21,6 dias), a circulação da água no Braço Ponte Pensa e a distância entre os pontos (aproximadamente 650 m). Estas características, muito provavelmente, interferiram na distribuição da biota e dos compostos químicos, explicando assim, os resultados obtidos entre as profundidades e as estações de amostragens.

Provavelmente, estas características hidrodinâmicas conferiram a capacidade de assimilação das perturbações na qualidade de água provocadas pelo processo de produção empregado e, somadas ao manejo da piscicultura, foram determinantes na atenuação do impacto da carga orgânica (proveniente da ração e do metabolismo dos peixes) no sistema aquático estudado.

Literatura citada

- Alves, R.C.P. & Baccarin, A.E.** 2005 Efeito da produção de peixes em tanques-rede sobre sedimentação de material em suspensão e de nutrientes no córrego do Arribada (UHE Nova Avanhandava, Baixo Rio Tietê, SP). *In*: M.G. Nogueira, R. Henry & A. Jorcin (eds.). Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata. Rima, São Carlos, pp. 329-347.
- Alves, F.R.R., Gama Junior, W.A. & Nogueira, I.S.** 2014. Planktonic Radiococcaceae Fott ex Komárek of the Tigres Lake system, Britânia, Goiás State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 37: 519-530.
- Ayroza, D.M.M.R.** 2012. Características limnológicas em áreas sob influência de piscicultura em tanques-rede no reservatório da UHE Chavantes, rio Paranapanema, SE/S, Brasil, Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Bartozek, E.C.R., Bueno, N.C. & Rodrigues, L.C.** 2014. Influence of fish farming in net cages on phytoplankton structure: a case study in a subtropical Brazilian reservoir. *Brazilian Journal of Biology* 70: 145-155.
- Becker, V., Cardoso, L.S. & Marques, M.D.** 2004. Development of *Anabaena* Bory (Cyanobacteria) blooms in a subtropical shallow lake, south Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 16: 306-317.
- Bellinger, E.G. & Sigeo, D.C.** 2010. *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Bicudo, D.C., Ferragut, C., Crossetti, L.O. & Bicudo, C.E.M.** 2005. Efeito do Represamento sobre a Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica do Reservatório de Rosana, Baixo Rio Paranapanema, Estado de São Paulo. *In*: M.G. Nogueira, R. Henry & A. Jorcin (eds), Ecologia de Reservatórios: Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata. Rima, São Carlos, pp. 349-377.
- Bicudo, C.E.M., Ferragut, C. & Massagardi, M. R.** 2009. Cryptophyceae population dynamics in an oligo-mesotrophic reservoir (Ninféias Pond) in São Paulo, southeast Brazil. *Hoehnea* 36: 99-111.
- Bittencourt-Oliveira, M.C.** 2002. A comunidade fitoplanctônica do Rio Tibagi: uma abordagem preliminar de sua diversidade. *In*: M. M. Medri, E. Bianchini, O. A. Shibatta & J. A. Pimenta (orgs.). A Bacia do rio Tibagi. FUEL, Londrina, pp. 373-402.
- Borges, P.A.F.** 2009. Influência do cultivo experimental de tilápia (*Oreochromis niloticus* - Pisces, Cichlidae) em tanques-rede na qualidade da água de dois braços do reservatório da

- UHE Rosana: ênfase na comunidade fitoplanctônica. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- 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: 279-291.
- Bouvy, M., Molica, R., Oliveira, S., Marinho, M. & Beker, B.** 1999. Dynamics of a toxic cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) in a shallow reservoir in the semiarid region of northeast Brazil. *Aquatic Microbial Ecology*, 20: 285-297.
- Bovo-Scomparin, V.M. & Train, S.** 2008. Long-term variability of the phytoplankton 75 community in an isolated floodplain lake of the Ivinhema River State Park, Brazil. *Hydrobiologia* 610: 33-344.
- Boyd, C.E.** 1990. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Birmingham Publishing Company, Alabama.
- Brandão, H., Lobón-Cerviá, J., Ramos, I.P., Souto, A.C., Nobile, A.B., Zica, E.O.P. & Carvalho, E.D.** 2012. Influence of a cage farming on the population of the fish species *Apareiodon affinis* (Steindachner, 1879) in the Chavantes reservoir, Paranapanema River SP/PR, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 4: 438-448.
- Brasil, J. & Huszar, V.L.** 2011. The role of the functional traits on the phytoplankton ecology in Inland waters. *Oecologia Australis* 15: 799-834.
- Calderón, L.E.V.** 2003. Avaliação econômica da criação de tilápias (*Oreochromis spp.*) em tanque rede: estudo de casos. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado de São Paulo, Jaboticabal.
- Cardoso, A.S., Silva Filho, S.M.P., Alves, A.E., Rocha, C.M.C. & Cunha, M.C.C.** 2013. Fitoplâncton como bioindicador de eventos extremos na bacia do rio Una, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 6: 697-710.
- Carvalho, M.C.** 2003. Comunidade fitoplanctônica como instrumento de biomonitoramento de reservatórios no Estado de São Paulo. Tese de doutorado, Faculdade de Saúde Pública. São Paulo. 129p.
- Cavalcante, D.P.** 2010. Criação de peixes nativos em tanques-rede: Influência sobre a qualidade de água e sobre as populações planctônicas do reservatório da usina hidrelétrica Itá. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Cavalcante, K. P., Zanotelli, J. C., Müller, C. C., Scherer, K. D., Frizzo, J. K., Ludwig, T. A. V. & Cardoso, L. S.** 2013. First record of expansive *Ceratium* Schrank, 1793 species (Dinophyceae) in Southern Brazil, with notes on their dispersive patterns in Brazilian environments. *Check List* 9: 862-866.

- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.** 2013a. qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo. São Paulo.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.** 2013b. qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo/ Apêndice N Atendimentos de ocorrências de mortandade de peixes realizados em 2013 pela CETESB. São Paulo.
- David, G.S., Carvalho, E.D., Lemos, D.E.L., Silveira, A.N. & Dall’Aglia-Sobrinho, M.** 2015. Ecological Carrying Capacity for intensive tilápia (*Oreochromis niloticus*) cage aquaculture in a large hydroelectrical reservoir in Southeastern Brazil. *Aquacultural Engineering* 66: 30-40.
- Deberdt, G.L.B.** 1999. Variação Nictimeral de variáveis limnológicas no Reservatório de Salto Grande (Americana- SP). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Deng, D. G., Xie, P., Zhou, Q., Yang, H. & Guo, L.G.** 2007. Studies on temporal and spatial variations of phytoplankton in Lake Chaohu. *Journal of integrative plant biology* 49: 409-418.
- Diaz, M.M., Temporetti, P.F. & Pedrozo, F.L.** 2001. Response of phytoplankton to enrichment from cage fish farm waste. *In: Alicura Reservoir (Patagonia, Argentina). Lakes & Reservoirs: Research & Management* 6: 151-158.
- Dias, J.D., Takahashi, E.M., Santana, N.F. & Bonecker, C.C.** 2011. Impact of fish cage-culture on the community structure of zooplankton in a tropical reservoir. *Iheringia* 101:75-84.
- Digby, P.G.N. & Kempton, R.A.** 1987. Population and community biology series: Multivariate Analysis of ecology communities. Chapman Hall, London.
- Dokulil, M. T. & Teubner, K.** 2000. Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia* 438: 1-12.
- Eler, M.N., Ceccarelli, P.S., Bufon, A.G.M. & Espíndola, E.L.G.** 2001. Mortandade de peixes (matrinxa, *Brycon cephalus*, e pacu, *Piaractus mesopotamicus*) associada a uma floração de cianobactérias em pesque-pague, município de Descalvado, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim Técnico CEPTA* 14: 35-45.
- Fernandes, V.O., Oliveira, B.C.L.B. & Souza, B.A.** 2009. Ecologia de cianobactérias: fatores promotores e consequências das florações. *Oecologia Brasiliensis* 13: 247-258.
- Figueredo, C. C. & Giani, A.** 2005. Ecological interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplanktonic community of the Furnas Reservoir (Brazil). *Freshwater Biology* 50: 1391-1403.

- Fonseca, B.M., Ferragut, C., Tucci, A., Crossetti, L.O., Ferrari, F., Bicudo, D.C., Sant'Anna, C.L., Bicudo, C.E.M.** 2014. Biovolume de cianobactérias e algas de reservatórios tropicais do Brasil com diferentes índices tróficos. *Hoehnea* 41: 9-30.
- Furlaneto, F. P. B., Ayroza, L. M. S., Ayroza, D. M. M. R. & Martins, M. I. E. G.** 2006. Custo de produção e impacto da política pública na piscicultura em tanques-rede no estado de São Paulo, Brasil. *In: XLIV Congresso da sober, Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, Fortaleza, 23 a 27 de Julho de 2006.*
- Gemelgo, M.C.P.;** Sant'Anna, C. L., Tucci, A. & Barbosa, H. R. 2008. Population dynamics of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju, a Cyanobacteria toxic species, in water supply reservoirs in São Paulo, Brazil. *Hoehnea* 35: 297-307.
- Giani, A. & Figueredo, C.C.** 1999. Recorrência de padrões sazonais do fitoplâncton num reservatório eutrófico. *In: R. Henry, (ed). Ecologia de reservatórios: estrutura função e aspectos sociais, FAPESP/FUNDIBIO, Botucatu, pp. 653-685.*
- Granado, D.C., Henry, R. & Tucci, A.** 2008. Influência da variação do nível hidrométrico na comunidade fitoplanctônica do Rio Paranapanema e de uma lagoa marginal na zona de desembocadura na Represa de Jurumirim (SP). *Hoehnea* 36: 113-129.
- 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: 201-212.
- Guo, L., Zhongjie, L., 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.
- Henry, R., Ushinohama, E & Ferreira, R. M. R.** 2006. Phytoplankton in three lateral lakes and in the Paranapanema River in its mouth zone into Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil, during a long drought period. *Revista Brasileira de Botânica* 29: 399-414.
- Hillebrand, H., Dürselen, C.D., Kirschtel, D., Pollinger, U., Zohary, T.** 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology*. 35: 403-424.
- Honda, R.Y., Mercante, C.T.J., Vieira, J.M.S., Esteves, K.E., Cabianca, M.A.A. & Azevedo, M.T.P.** 2006. Cianotoxinas em pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo. *In: K.E. Esteves & C. L. Sant'Anna, (orgs.). Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente saúde pública e manejo. Rima, São Paulo: 105-120.*
- Huaxue, L., Xingyu, S., Liangmin, H., Yu, Z., Pingping S. & Geng, Q.** 2011. Diurnal variation of phytoplankton community in a high frequency area of HABs: Daya Bay, China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 29: 800-806.

- Huszar, V. L. M., Silva, L. H. S., Marinho, M. M., Domingos, P. & Sant'Anna, C. L.** 2000. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *In*: C.S. Reynolds, M. Dokulil & J. Padisak (eds.), *The Trophic Spectrum Revisited: The Influence of Trophic State on the Assembly of Phytoplankton Communities* Kluwer. Academic Publishers, Dordrecht, pp. 67-77.
- Kaggwa, M. N., Liti, D. M. & Schagerl, M.** 2011. Small tropical reservoirs and fish cage culture: a Pilot study conducted in Machakos district, Kenya. *Aquaculture* 19:839–853.
- Klaveness, D.** 1988. Ecology of the Cryptomonadida: A first review. In *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*, C. D. Sandgren, ed. Cambridge University Press, New York, pp. 105-133.
- Klaveness, D.** 1989. Biology and ecology of the Cryptophyceae: status and challenges. *Biological Oceanography* 6: 257-270.
- Komárek, J., Komárková-Legnerová, J., Sant'Anna, C. L., Azevedo, M.T.P. & Senna, P.A.C.** 2002. Two common *Microcystis* species (Chroococcales, Cyanobacteria) from tropical America, including *M. panniformis* sp. nov. *Cryptogamie Algologie* 23:159-177.
- Kosten, S., Huszar, V.L., Bécares, E., Costa, L.S., Donk, E., Hansson, L., Jeppesen, E., Kruk, C., Lacerot, G., Mazzeo, N., Meester, L. D. B., 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.
- Landell, M.C.** 2007. Avaliação do desempenho de tilápias (*Oreochromis niloticus* Trewavas, 1983) em tanques-rede na represa de Jurumirim/Alto rio Paranapanema. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Lins, R.P.M.** 2011. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplantônica em um reservatório eutrófico do trópico semiárido brasileiro. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- Lloyd, M. & Ghelardi, R.J.** 1964. A table for calculating the equitability component of species diversity. *Journal An. Ecology* 33: 217-225.
- Lobo, E. & Leighton, G.** 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Revista Biologia Marina* 22: 1-29.
- Lund, J.W.G., Kipling, C. & Lecren, E.D.** 1958. The invert microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia* 11: 143-170.

- Magalhães V.F., Marinho, M.M., Domingos, P., Oliveira, A.C., Costa, S.M., Azevedo, L.O. & Azevedo, S.M.F. O.** 2003. Microcystins (cyanobacteria hepatotoxins) bioaccumulation in fish and crustaceans from Sepetiba Bay (Brasil, RJ). *Toxicon* 42: 289-295.
- Mallasen, M., Barros, H. P. & Yamaschita, E. Y.** 2008. Produção de peixes em tanques-rede e a qualidade de água. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária* 1: 46-51.
- Mallasen, M., Carmo, C.F., Tucci, A., Barros, H.P., Rojas, N.E.T., Fonseca, F.S. & Yamashita, E.Y.** 2012. Water quality in Cage system fish farm in Ilha Solteira reservoir, SP. *Boletim do Instituto de Pesca* 38: 15-30.
- Margalef, R.** 1983. *Limnologia*. Editora Omega, Barcelona.
- Matsumura-Tundisi, T., Tundidi, J.G., Luzia, A.P. & Degani, R.M.** 2010. Occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 bloom at the Billings Reservoir, São Paulo State. *Brazilian Journal of Biology* 70: 825-829.
- McCune, B. & Mefford, M. J.** 2011. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6.0. MjM. Software design, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- Menezes, L.C.B., Beyruth, Z.** 2003. Impactos da aquicultura em tanques-rede sobre a comunidade bentônica de Guarapiranga, São Paulo, SP. *Boletim do Instituto de Pesca* 29: 77-86.
- Michard, M., Aleya, L. & Verneaux, J.** 1996. Mass occurrence of the Cyanobacteria *Microcystis aeruginosa* in the Hypereutrophic Villerest Reservoir (France): Usefulness of the biyearly examination of N/P and P/C couplings. *Archiv für Hydrobiologie* 135: 337-359
- Nogueira, M.G.** 2000. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema river), São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia* 431:115-128.
- Oliveira, M.D. & Calheiros, D.F.** 2000. Flood pulse influence on phytoplankton communities of the south Pantanal floodplain, Brazil. *Hydrobiologia* 427: 101-112.
- Oliver, R.L. & Ganf, G.G.** 2000. Freshwater blooms. In: Whitton, B. A. & Potts, M. (eds.). *The ecology of Cyanobacteria: their Diversity in Time and Space*. Kluwer Academic Publishers: 149-194.
- Osti, J.A.S.** 2013. Características limnológicas e do fitoplâncton de viveiro de criação de tilápia-do-nilo e de *wetlands* construídas para o tratamento do efluente. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Padisák, J., Borics, G., Grigorszky, I., & E.S.Pintér.** 2006. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. *Hydrobiologia* 553:1-14.

- Padisák, J., Crossetti, L.C. & Naselli-Flores, L.** 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia* 621:1-19.
- Pivato, B. M., Train, S. & Rodrigues, L.C.** 2006. Nictemeral variation of phytoplanktonic assemblages in a tropical reservoir (Corumbá reservoir, Goiás State, Brazil), during two periods of the hydrological cycle. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 28: 19-29.
- Ramos, I. P., Vidotto-Magnoni, A. P. & Carvalho, E.D.** 2008. Influence of cage fish farming on the diet of dominant fish species of a Brazilian reservoir (Tietê River, High Paraná River basin). *Acta Limnologica Brasiliensia* 20: 245-252.
- Ramos, I.P., Brandão, H., Zanatta, A.S., Zica, E.O.P., Silva, R.J., Ayroza, D.M.M.R., Carvalho, E.D.** 2013. Interference of cage fish farm on diet, condition factor and numeric abundance on wild fish in a Neotropical reservoir. *Aquaculture* 415:56-62.
- Reynolds, C.S.** 1988. The concept of ecological succession applied to seasonal periodicity of freshwater phytoplankton. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 23: 683-691.
- Reynolds, C. S., Huszar, V.L. M., Kruk, C., Naselli-Flores, L. & Melo, S.** 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24: 417-428.
- Reynolds C. S.** 2006. *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rodrigues, S.C., Torgan, L. & Schwarzbald, A.** 2007. Composição e variação sazonal da riqueza do fitoplâncton na foz de rios do delta do Jacuí, RS, Brasil. *Acta botânica brasílica* 21: 707-721.
- Sant'Anna, C.L., Gentil, R.C., & Silva, D.** 2006. Comunidade fitoplanctônica de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo. *In*: K.E. Esteves & C.L.Sant'Anna (org.). *Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente saúde pública e manejo*. Rima, São Paulo, pp. 49-62.
- Sant'Anna, C.L., Azevedo, M.T.P., Werner, W.R., Dogo, C.R., Rios, F.R. & Carvalho, L.R.** 2008. Review of toxic species of Cyanobacteria in Brasil. *Algological Studies* 126: 249-263.
- Santos, A.C.A. & Calijuri, M.C.** 1998. Survival strategies of some species of the phytoplankton community in the Barra Bonita Reservoir (São Paulo, Brazil). *Hydrobiologia* 367: 139-152.
- Santos-Wisniewski, M. J., Silva, L.C., Leone, I. C., Laudares-Silva, R. & Rocha, O.** 2007. First Record of the occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925, an invasive species in the hydroelectricity power plant Furnas Reservoir, MG, Brazilian *Journal of Biology* 67: 791-793.

- Shannon, C.E. & Weaver, W.** 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Silva, C.A., Train, S. & Rodrigues, L. C.** 2005. Phytoplankton assemblages in a Brazilian subtropical cascading reservoir system. *Hydrobiologia* 537: 99-109.
- Silva, L. C., Leone, I. C., Santos-Wisniewski, M. J., Peret, A. C. & Rocha, O.** 2012. Invasion of the dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 at tropical reservoir and its relation to environmental variables. *Biota Neotropica* 12: 93-100.
- Simpson, E.H.**, 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163:688.
- Smith, J.L., Boyer, G.L. & Zimba, P.V.** 2008. A review of cyanobacterial odorous and bioactive metabolites: Impacts and management alternatives in aquaculture. *Aquaculture* 280: 5-20.
- Sun, J. & Liu, D.** 2003. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 25: 1331-1346.
- Taylor, F., Fukuyo, Y. & Larson, J.** 1995. Taxonomy of harmful dinoflagellates. *In*: G. M. Hallengraeff, D.M. Andersen & A.D. Cembella (eds.), *Manual of harmful marine microalgae*. Intergovernmental Oceanographic Commission. UNESCO, Paris.
- Ter Braak, C.J.F.** 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analyses. *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*: L. Rodrigues, S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & L.C. Gomes (eds), *Biocenoses em Reservatórios: Padrões Espaciais e Temporais*. Rima, São Carlos, pp. 73-85.
- Tucci, A.** 2002. Sucessão da comunidade fitoplanctônica de um reservatório urbano e eutrofico, São Paulo, SP, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Tucci, A. & Sant'Anna, C. L.** 2003. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju (Cyanobacteria): weekly variation and relation with environmental factors in an eutrophic lake, São Paulo, SP, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 26: 97-112.
- Tucci, A., Deberdt, J. & Deberdt, G.L.B.** 2004. Análise da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Salto Grande (Americana, SP): uma revisão dos estudos desenvolvidos em sistemas eutróficos. *In*: E.L.G. Espíndola, M.A. Leite & C. B. Dornfeld (orgs.), *Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): caracterização, impactos e propostas de manejo*. Rima, São Carlos, pp. 107-153.
- Utermöhl, H.** 1958. Zur Vervollkommung der quantativen phytoplankton-methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 9: 1-38.

- Weber, C.I.** 1973. Plankton. In: National Environmental Research Center Office of Research and Development U. S. Environmental Protection Agency Cincinnati (ed.). Biological field and laboratory methods for measuring the quality of surface water and effluents. p.1-17.
- Westwood, K. J. & Ganf, G. G.** 2004. Effect of mixing patterns and light dose on growth of *Anabaenacircinalis* in a turbid, lowland river. *River Research Application* 20: 115-126.
- Wetzel, R.G. & Likens, G.E.** 2000. *Limnological Analyses*. 3 ed. Springer-Verlang, New York.
- Zanatta, A.S., Perbiche-Neves, G., Ventura, R., Ramos, I.P. & Carvalho, E.D.** 2010. Effects of a small fish cage farm on zooplankton assemblages (Cladocera and Copepoda: Crustacea) in a sub-tropical reservoir (SE Brazil). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 5: 530-539.

Capítulo IV

Fitoplâncton do Parque Aquícola Ponte Pensa, Reservatório de Ilha Solteira, SP: composição e riqueza taxonômica¹

Edna Ferreira Rosini² e Andréa Tucci³

Resumo: A taxonomia é fundamental, uma vez que reúne um conjunto organizado de informações referentes a um dado organismo ou conjunto de organismos. Portanto, a correta identificação e o conhecimento da flora de determinado ecossistema aquático tornam-se necessários, uma vez que constituem a base para outros estudos, como de populações, comunidades, entre outros. Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento taxonômico da comunidade fitoplanctônica na área do parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira, classificado como oligotrófico. Foram realizadas coletas mensais entre agosto/2011 a julho/2013, em três estações de coleta: a jusante da área de uma piscicultura com tanques-rede (E1), no local de criação (E2) e a montante (E3) (n=216). As amostras da água foram coletadas na sub-superfície com rede de plâncton (abertura da malha = 10 µm) e com garrafa coletora a 2 metros e 4 metros de profundidade e, posteriormente, filtradas em rede de plâncton. O material foi fixado com formalina, em concentração final de 4-5%. O estudo taxonômico foi feito ao microscópio fotônico, Zeiss Axioplan 2, com câmara fotográfica acoplada. A identificação foi realizada em nível genérico e infragenérico, analisando as características morfológicas e métricas das populações. Todas as amostras estudadas estão depositadas no Herbário do Instituto de Botânica (SP). Foram identificados 230 táxons distribuídos em 13 classes; todos correspondem à primeira citação para o reservatório de Ilha Solteira. Uma provável espécie nova de *Coelastrum* foi documentada. Dentre os 230 táxons identificados, 164 foram em nível específico, 55 em nível genérico, dois em nível de família e 74 táxons foram descritos e ilustrados. Chlorophyceae foi a classe que apresentou maior riqueza específica (81 táxons), seguida por Cyanobacteria (40 táxons), Bacillariophyceae (25), Zygnemaphyceae (23), Cryptophyceae (22), Chlamydoephyceae (10), Prasinophyceae (8), Coscinodiscophyceae (5), Euglenophyceae e Dinophyceae (4 táxons cada), Fragilariophyceae e Chrysophyceae (3 táxons cada), Xanthophyceae (2 táxons). Dentre as cianobactérias, destacam-se *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing e *Dolichospermum circinalis* (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & Komárek, amplamente citadas na literatura por desenvolverem florações tóxicas, quando em ambientes com elevadas concentrações de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio.

Palavras-chave: algas verdes, cianobactérias, fitoplâncton, taxonomia, oligotrófico.

Abstract: Taxonomy is fundamental since it gathers an organized body of information related to a certain organism or group of organisms. Consequently, the correct identification and knowledge of the flora in a given aquatic ecosystems are necessary in that they are the basis for other studies on populations and communities, among others. Thus, the objective of this paper was to perform a taxonomic survey of the phytoplankton community in Ponte Pensa aquaculture area, in Ilha Solteira reservoir. Monthly samplings were carried out between August /2011 and July/2013, in three sampling sites: downstream from the farming area with net cages (E1), in the farming area (E2) and upstream (E3) (n=216). Water samples were collected in the subsurface with a 10- μ m plankton net and collecting bottle at 2 meters and 4 meters depth and posteriorly filtered with a plankton net. The material was preserved in 4-5% formol. The taxonomic analysis was carried out with Zeiss Axioplan 2 imaging microscope, with camera attached. The identification was made at generic and infrageneric levels, analyzing morphological and metric characteristics of the populations. All studied samples are deposited in the Herbarium of Instituto de Botânica (SP). Two hundred and thirty taxa were identified and distributed in 13 phytoplankton classes, all of them corresponding to the first citation for Ilha Solteira reservoir. A probably new species of *Coelastrum* was documented. Among the 230 identified taxa, 164 were in specific level, 55 in generic level and two in family level and 74 taxa are described and illustrated. Chlorophyceae was the class that presented the most specific richness (81 taxa), followed by Cyanobacteria (40), Bacillariophyceae (25), Zygnemaphyceae (23), Cryptophyceae (22), Chlamydomonadophyceae (10), Prasinophyceae (8), Coscinodiscophyceae (5), Euglenophyceae and Dinophyceae (4 taxa each), Fragilariophyceae and Chrysophyceae (3 taxa each), Xanthophyceae (2). Among the cyanobacteria, the ones that stand out are *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing and *Dolichospermum circinalis* (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & Komárek, widely cited in literature since they develop toxic bloom when the environment has high concentrations of nutrients, especially phosphorous and nitrogen.

Key words: green algae, cyanobacteria, phytoplankton, taxonomia, oligotrófico.

Introdução

Os ecossistemas aquáticos apresentam composição fitoplanctônica muitas vezes distintas, associadas às características geográficas, climáticas, físicas, químicas e biológicas (Lins 2011). Portanto, dependendo destas características, o caráter qualitativo e quantitativo da biota pode ser determinado em função das espécies selecionadas através de mecanismos competitivos, possibilitando a sobrevivência de espécies favorecidas pelas suas estratégias adaptativas (Margalef 1983, Reynolds 1988).

Nesse contexto, o conhecimento da composição da comunidade é de fundamental importância, pois incide como base para o desenvolvimento de estudos sobre populações, comunidades e ecológicos, uma vez que permite levantar um conjunto organizado de informações referentes a um dado organismo ou conjunto de organismos (Senna & Magrin 1999). Com relação à comunidade fitoplanctônica, a correta identificação e conhecimento da flora associada a determinado ecossistema aquático é, então, de suma importância, para evitar conclusões equivocadas a respeito do ambiente (Senna & Magrin 1999).

No Brasil, a comunidade fitoplanctônica em reservatórios destinados aos múltiplos usos vem sendo amplamente estudada tanto no seu aspecto taxonômico quanto ecológico, especialmente nos reservatórios eutróficos com florações tóxicas de cianobactérias (ex. Sant'Anna *et al.* 1986, Calijuri & Santos 1996, Xavier 1996, Giani *et al.* 1999, Nogueira 1999, Bouvy *et al.* 2000, Huszar *et al.* 2000, Figueredo & Giani 2001, Picelli-Vicentim *et al.* 2001, Falco & Calijuri 2002, Carvalho 2003, Lima 2004, Sant'Anna *et al.* 2004, Tucci *et al.* 2004, Bicudo *et al.* 2005, Molica *et al.* 2005, Silva *et al.* 2005, Sant'Anna *et al.* 2007, Dellamano-Oliveira *et al.* 2008, Delazari-Barroso *et al.* 2007, Tundisi *et al.* 2008, Becker *et al.* 2009, Gemelgo *et al.* 2009, Rodrigues *et al.* 2010, Brasil & Huszar 2011, Cunha *et al.* 2011, Rangel *et al.* 2012, Rosini *et al.* 2013, Bartozek *et al.* 2014, Henry & Ferreira 2014).

O estado de São Paulo é uma das regiões mais bem estudadas do país, no entanto, ainda existem reservatórios, como é o caso do Reservatório de Ilha Solteira, classificado como oligotrófico (CETESB 2013), que não possuem estudos sobre o conhecimento da biodiversidade da comunidade fitoplanctônica. Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento

florístico da comunidade fitoplanctônica no parque aquícola Ponte Pensa (Reservatório de Ilha Solteira).

Material e Métodos

Este estudo foi realizado na área do parque aquícola Ponte Pensa (20°16'34,96"S & 50°59'02,75"W), no reservatório de Ilha Solteira, São Paulo, Brasil, em uma piscicultura com tanques-rede de 1.200 m³ (20x20x3m). Amostras da água foram obtidas mensalmente (agosto/2011 a julho/2013), em três profundidades e em três estações de amostragem: a jusante da área onde foram instalados os tanques-rede (E1), no local de criação (E2) e a montante (E3) (n=216). A localização e caracterização da área de estudo, bem como das estações de coleta, estão detalhadas e apresentadas no capítulo 1 deste trabalho.

Para as análises taxonômicas do fitoplâncton, foram utilizadas as amostras qualitativas e quantitativas. Conforme descrito no capítulo 3 (material e métodos) desse trabalho, as amostras de água para o estudo taxonômico foram coletadas na subsuperfície, através do arrasto horizontal com rede de plâncton, com abertura de malha de 10 µm, e com garrafa coletora a 2 metros e 4 metros de profundidade, que posteriormente foram filtradas em rede de plâncton (n=216). O material coletado foi fixado com formol, na concentração final de 4-5%.

A identificação foi feita analisando-se as características morfológicas e métricas dos indivíduos. O exame taxonômico foi baseado, sempre que possível, em análise populacional e realizado ao microscópio fotônico, Zeiss Axioplan 2, com retículo micrometrado e câmara fotográfica acoplados. As amostras foram examinadas em aumentos de 400 e 1.000 vezes. Quando necessário, foi utilizado contraste de fase e nanquim para evidenciar bainha mucilaginosa, iodo para evidenciar grão de amido e luz de epifluorescência, com filtro verde, para diferenciar bacterioplâncton de Cyanobacteria através da fluorescência de ficocianina.

Para a identificação das diatomáceas, parte do material foi submetida ao processo de oxidação para remoção da matéria orgânica e conteúdo celular, a fim de evidenciar a ornamentação da frústula (parede de sílica), que é fundamental na identificação infragenérica deste grupo de algas. O procedimento foi baseado na metodologia descrita por Simonsen (1974).

Foram descritos e ilustrados os táxons que reuniram as características indispensáveis para sua ilustração e identificação.

Sistema de classificação

Os sistemas de classificações adotados foram: Hoffmam *et al.* (2005) para Cyanobacteria; Komárek & Fott (1983) para as Chlorococcales, Huber-Pestalozzi (1961), para as Volvocales. Starmach (1983) para as Euglenophyceae; Popovsky & Pfiester (1990) para Dinophyceae; Round *et al.* (1990) para as Bacillariophyceae, Fragilariophyceae e Coscinodiscophyceae; Hoek *et al.* (1995) para as demais classes.

Dentre os trabalhos especializados utilizados para identificação de gêneros e espécies destacam-se: Komárková-Legnerová & Cronberg (1994), Komárek & Anagnostidis (1989), Komárek & Anagnostidis (1999), Komárek & Anagnostidis (2005), Rosini *et al.* (2013) e Sant'Anna *et al.* (2004) para Cyanobacteria; Komárek & Fott (1983), Sant'Anna (1984), Comas (1996), Nogueira (1991), Alves *et al.* (2014) para algas verdes; Prescott *et al.* (1977), Prescott *et al.* (1981), Bicudo & Sormus (1982), Prescott *et al.* (1982) e Faustino (2006) para as Zygnemaphyceae; Castro *et al.* (1991) e Menezes (1994) para Cryptophyceae; Hüber-Pestalozzi (1955), Tell & Conforti (1986), Menezes (1994) para Euglenophyceae; Round *et al.* (1990), Krammer & Lange-Bertalot (1988), Krammer & Lange-Bertalot (1991), Lange-Bertalot & Metzeltin 1996, para as Diatomáceas; Ferragut *et al.* (2005), Sant'Anna *et al.* (1989), Sant'Anna *et al.* (2012), Tucci *et al.* (2006) para a comunidade em geral. Atualizações taxonômicas foram realizadas com base nos trabalhos de An *et al.* (1999), Kostikov *et al.* (2002), Buchheim *et al.* (2005), Hegewald (1997, 2000), Wacklin *et al.* (2009), Komárek *et al.* (2011).

Os táxons foram apresentados em ordem alfabética dentro de suas respectivas categorias taxonômicas. Cada táxon apresentado contém as seguintes informações: referência da obra original; descrição sucinta, comentários, quando se observou a necessidade de estudos complementares para identificação definitiva da espécie e ilustrações.

As amostras estão depositadas no acervo do Herbário Científico do Estado “Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo” (SP) do Instituto de Botânica, em São Paulo.

Resultados e Discussão

A partir das amostras analisadas (quantitativas e qualitativas, n=216) foram identificados 230 táxons distribuídos em 13 classes. Dentre os 230 táxons identificados, 163 foram em nível específico, 55 em nível genérico, dois em nível de família e dez em nível de classe. Destes, 74 táxons foram descritos e ilustrados (tabela 1).

Chlorophyceae foi a classe que apresentou maior riqueza específica (81 táxons), seguida por Cyanobacteria (40 táxons), Bacillariophyceae (25 táxons), Zygnemaphyceae (23 táxons), Cryptophyceae (22 táxons), Chlamydoephyceae (10 táxons), Prasinophyceae (8 táxons), Coscinodiscophyceae (5 táxons), Euglenophyceae e Dinophyceae (4 táxons cada), Fragilariophyceae e Chrysophyceae (3 táxons cada), Xanthophyceae (2 táxons).

Tabela 1. Lista dos táxons registrados durante o período de estudo e suas respectivas classes taxonômicas (* táxons descritos e ilustrados).

Cyanobacteria

Anabaenopsis elenkinii Miller*

Anathece bachmannii (Komárkova-Legnerová & G. Cronberg) Komárek, Kaštovský & Jezberová

Anathece clathrata (W. West & G.S. West) Komárek, Kaštovský & Jezberová*

Anathece minutissima (W. West) Komárek, Kaštovský & Jezberová

Anathece smithii (Komárková-Legnerová & G. Cronberg) Komárek, Kaštovský & Jezberová

Anathece sp.*

Aphanocapsa delicatissima W. West & West G.S. West*

Aphanocapsa elachista W. West & West G.S. West

Aphanocapsa holsatica (Lemmermann) G. Cronberg & Komárek*

Aphanocapsa incerta (Lemmermann) G. Cronberg & Komárek*

Aphanocapsa sp.

Aphanothece sp.

Chroococcus dispersus (Keissler) Lemmermann*

Chroococcus sp.

Coelosphaerium punctiferum Komárek & Komárková-Legnerová
Cyanodictyon imperfectum Cronberg & Weibull
Cyanodictyon planctonicum Mayer*
Dolichospermum circinalis (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek*
Epigloeosphaera brasílica Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková*
Geitlerinema amphibium (C.Agardh ex Gomont) Anagnostidis*
Geitlerinema splendidum (Greville ex Gomont) Anagnostidis*
Lemmermaniella sp.
Leptolyngbya sp.
Merismopedia tenuissima Lemmermann
Merismopedia warmingiana Lagerheim
Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing*
Microcystis panniformis Komárek, Komárková-Legnerová, Sant'Anna, Azevedo & Senna*
Microcystis protocystis Crow*
Myxobaktron hirudiforme West
Phormidium sp.1
Phormidium sp.2
Planktothrix isothrix (Skuja) Komárek & Komárková-Legnerová
Pseudanabaena galeata Böcher
Pseudanabaena mucicola (Naumann & Huber-Pestalozzi) Schwabe*
Pseudanabaena sp.
Pseudanabaenaceae
Rhabdoglea scenedesmoides (Nygaard) Komárek & Anagnostidis
Synechocystis aquatilis Sauvageau
Synechocystis minima Voronichin

Chlamydomphyceae

Carteria sp.1
Carteria sp.2
Carteria sp.3
Carteria sp.4
Chlamydomonas clavata G.Nygaard
Chlamydomonas debaryana Goroschankin
Chlamydomonas planctoglea Skuja
Chlamydomonas sordida Ettl

Chlamydomonas sp.

Chlorogonium sp.

Prasinophyceae

Fluitomonas elleptica Skvortzov

Monallantus stichococcoides Pascher

Nephroselmis minuta (N.Carter) Butcher

Pedinomonas minutissima Skuja

Pedinomonas sp.

Prototractomonas sp.

Protochroomonas granulata Skvortzov

Pseudoscourfieldia marina (J.Throndsen) I.Manton

Chlorophyceae

Ankistrodesmus densus Korshikov*

Ankistrodesmus tortus Komárek & Comas

Ankyra ancora (G.M.Smith) Fott

Ankyra judayi (G.M.Smith) Fott

Botryococcus braunii Kützing*

Botryococcus protuberans West & West*

Botryococcus terribilis Komárek & Marvan*

Chlorella minutissima (Gickelh.) Bourrelly

Chlorella vulgaris Beyerinck

Closteriopsis scolia Comas

Coelastrum indicum Turner*

Coelastrum sp.

Coelastraceae

Coenochloris aquatica Kostikov, Darienko, Lukesova & Hoffmann*

Coenochloris asymetrica Komárek

Coenochloris korsikovii Hindák*

Coenochloris planoconvexa Hindák

Coenochloris sp.

Coenocystis sp.

Crucigenia tetrapedia (Kircher) West & G.S.West

Desmodesmus communis (E.Hegewald) E.Hegewald*

Desmodesmus denticulatus (Lagerheim) An, Friedl & Hegewald*

Desmodesmus perforatus (Lemmermann) E.Hegewald

Desmodesmus serratus (Corda) Friedl & Hegewald
Dictyosphaerium pulchellum H.C.Wood*
Dictyosphaerium sp.
Dictyosphaerium sphagnale Hindák
Dictyosphaerium subsolitarium Van Goor
Dictyosphaerium tetrachotomum Printz*
Didymocystis comasii Komárek
Diplochlois sp.
Elakathotrix gelatinosa Wille*
Elakathotrix linearis Pascher*
Elakathotrix genovens (Reverdin) Hindák*
Franceia sp.
Fusola viridis Snow
Golenkinia radiata Chodat
Golenkiniopsis sp.
Gonium sp.
Keratococcus bicaudatus (Braun) Petersen
Keratococcus sp.
Kirchneriella brasiliiana Silva, Sant'Anna, Comas & Tucci*
Kirchneriella diana (Bohlin) Comas Gonzalez*
Kirchneriella roselata Hindák*
Monoraphidium arcuatum (Korshikov) Hindák
Monoraphidium caribeum Hindák
Monoraphidium contortum (Thuret) Komárková-Legnerová *
Monoraphidium fontinale Hindák
Monoraphidium griffithii (Berkeley) Komárková-Legnerová
Monoraphidium minutum (Nägeli) Komárkova
Monoraphidium tortile (W.West & G.S.West) Komárková-Legnerová
Monoraphidium sp.
Nephrocytium agardhinianum Nägeli
Oocystis borgeii Snow*
Oocystis lacustris Chodat
Oocystis marssonii Lemmermann*
Oocystis taionensis Komárek
Oocystis sp.

Palmococcus quadriculoides (Fott) Kostikov, Darienko, Lukešová & Hoffmann
Pseudodidymocystis fina (Komárek) E.Hegewald & Deason
Pseudodidymocystis planctonica (Korshikov) E.Hegewald & Deason
Quadrigula chodatii (Tann-Fullem) G.M. Smith
Quadrigula closterioides (Bohlin) Printz*
Radiococcus bavaricus (Skuja) Komárek
Radiococcus fottii (Hindák) Kostikov, Darienko, Lukešová & Hoffmann*
Radiococcus polycoccus (Korshikov) Kostikov, Darienko, Lukesová & Hoffmann*
Radiococcus skujae Kostikov, Darienko, Lukešová & Hoffmann*
Scenedesmus acunae Comas
Scenedesmus acutus Meyen
Scenedesmus ovalternus Chodat
Scenedesmus sp.1
Scenedesmus sp.2
Schroederia antillarum Komárek
Schroederia setigera (Schröder.) Lemmermann*
Schroederia sp.
Stauridium tetras (Ehrenberg) Hegewald*
Tetranephris brasiliensis Leite & Bicudo
Volvox sp.*

Zygnemaphyceae

Closterium aciculare T. West
Closterium acutum Brébisson
Closterium sp.1
Closterium sp.2
Cosmarium moniliforme (Turpin) Ralfs*
Cosmarium quadrum P.Lundell*
Cosmarium regnelli (Wille)*
Cosmarium reniforme (Ralfs) Archer*
Cosmarium sp.
Cosmocladium saxonicum De Bary
Desmidium sp.
Euastrum sp.
Gonatozygon pilosum Wolle*
Micrasterias borgei H.Krieg*

Micrasterias furcata C. Agardh ex Ralfs *

Micrasterias truncata (Corda) Brébisson ex Ralfs *

Mougeotia sp.

Oedogonium sp.

Onychonema laeve Nordstedt*

Spirogyra sp.

Staurastrum volans West & G.S.West*

Staurastrum leptocladum L.N.Johnson*

Staurodesmus cuspidatus (Brébisson) Teiling*

Euglenophyceae

Trachelomonas sp.

Trachelomonas lacustris Drezepolski*

Trachelomonas volvocina Ehrenberg

Trachelomonas volvocinopsis Swirenko*

Cryptophyceae

Chroomonas acuta Utermöhl

Chroomonas nordstedtii Hansgirg

Chromulina pygmaea Nygaard

Cryptomonas brasiliensis Castro, Bicudo & Bicudo*

Cryptomonas curvata Ehrenberg emend. Penard

Cryptomonas cylindrica Ehrenberg

Cryptomonas erosa Ehrenberg

Cryptomonas marssonii Skuja

Cryptomonas obovata Skuja

Cryptomonas phaseolus Skuja

Cryptomonas tetrapyrenoidosa Skuja*

Cryptomonas sp.1

Cryptomonas sp.2

Cryptomonas sp.3

Cryptomonas sp.4

Hemiselmis simplex Butcher

Protocryptomonas sp.

Rhizochrysis sp.

Rhodomonas lacustris Pascher & Rutner*

Stokesiella lepteca (Stokes) Lemmermann

Dinophyceae

Ceratium furcoides (Levander) Langhans*

Gymnodinium sp.

Gymnodinium varians Maskell

Peridinium sp.

Xanthophyceae

Characiopsis minutissima Pascher

Tetraedriella jovetti (Bourrelly) Bourrelly

Chrysophyceae

Dinobryon sertularia Ehrenberg

Mallomonas apochromatica Conrad

Mallomonas sp.

Coccinodiscophyceae

Aulacoseira ambigua (Grunow) Simonsen

Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Ralfs*

Cyclotella atomus Hustedt*

Cyclotella meneghiniana Kützing*

Dicostella stelligera (Cleve & Grunow) Houk & Klee*

Fragilariophyceae

Fragilaria capucina Desmazières

Fragilaria familiaris (Kützing) F.Hustedt

Fragilaria sp.

Ulnaria acus (Kützing) Aboal*

Bacillariophyceae

Achnantheidium minutissimum (Kützing) Czarnecki

Achnantheidium sp.

Amphipleura lindheimeri Grunow

Cymbella turgidula Grunow*

Cymbella sp.

Diadesmis confervacea Kützing

Encyonema minutum (Hilse ex Rabenh.) D.G.Mann

Encyonopsis leei Metzeltin & Krammer

Eunotia incisa W.Smith ex W.Gregory

Eunotia minor (Kützing) Grunow*

Gomphonema affine Kützing
Gomphonema augur Ehrenberg*
Gomphonema gracile Ehrenberg*
Gomphonema minutum (Agardh) Agardh
Gomphonema laticollum Reichardt*
Gomphonema sp.
Pinnularia acrosphaeria Smith British*
Stauroneis sp.
Surirella linearis Smith var. *constricta* *
Surirella guatemalensis Ehrenberg*

Tratamento taxonômico

Cyanobacteria

Synechococcales

Synechococcaceae

Anathece (Komárek & Anagnostidis) Komárek, Kastovsky & Jezberová, 2011.

Anathece clathrata (W. West & G.S.West) Komárek, KaŠtovský & Jezberová. European journal of phycology 46 (3): 321, figs 4a, 6a, b. 2011.

Figura 1 a-c

Colônias irregulares, com células mais ou menos densamente agregadas; mucilagem homogênea, incolor; células em forma de bastonete, 1,6-2,0 µm comp. 0,9-1,2 µm diâm.; conteúdo celular verde azulado.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 14-XII-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428886); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898).

Anathece sp.

Figura 2 a-b

Colônias arredondadas, cerca de 10 µm diâm., 5-10 células frouxamente arranjadas; bainha inconspícua e hialina; células cilíndricas 0,8-1,1 µm comp. 0,6-0,9 µm diâm; conteúdo celular homogêneo verde azulado.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 24-VIII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428882); idem, 28-IX-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428883); idem, 26-X-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428884); idem, 23-XI-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428885); idem, 14-XII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428886); idem, 22-VIII-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428894); idem, 26-IX-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428895); idem, 24-X-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428898); idem, 23-I-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428899); idem, 20-II-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428900); idem, 20-III-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428901); idem, 19-VI-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428904).

Comentário: *Anathece* sp. caracteriza-se por apresentar colônias arredondadas compostas por poucas e diminutas células. Assemelha-se a colônias jovens de *Anathece chlatrata*, no entanto, diferencia-se pelo tamanho e forma das células, 0,8-1,1 µm comp. e 0,6-0,9 µm diâm. em *Anathece* sp. e 1,6-2,0 µm comp. e 0,9-1,2 µm diâm. em *A. clathrata*. Detaca-se a necessidade de análise populacional mais detalhada e que permita o estudo de características complementares, tais como bainha de mucilagem, testes estatísticos que comprovem a manutenção das características morfométricas descritas, além do cultivo desses indivíduos para posteriores análises moleculares.

Cyanodictyon Pascher, 1914.

Cyanodictyon planctonicum Mayer, Arch. Hydrobiol./Algolog. Stud. 75: 184, figs. 1-7. 1994.

Figura 2 c

Colônias irregulares; mucilagem, incolor, inconspícua; células cilíndricas, arranjadas em fileiras unisseriadas, formando pseudofilamentos, 1,5-1,8 µm compr., 0,6-0,8 µm diâm.; conteúdo celular homogêneo.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 20-III-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428901).

Epigloeosphaera Komárková-Legnerová, 1991.

Epigloeosphaera brasílica Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková, Hoehnea 20: 285-295. 2003.

Figura 2 d-f

Colônias esféricas ou irregulares; mucilagem hialina, difluente; células em forma de bastonete, distribuídas na superfície da colônia, 1-1,8 µm comp., 0,8,-1,2 µm diâm.; conteúdo celular homogêneo, verde azulado.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-IX-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428883); idem, 26-X-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428884); idem, 23-XI-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428885); idem, 14-XII-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428886); idem, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898); idem, 23-I-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428899); idem, 20-II-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428900).

Merismopediaceae

Aphanocapsa Nageli, 1849.

Aphanocapsa delicatissima W. West & G.S. West, Journal of the Linnean Society of London, Botany 40: 431, pl. 19: figs 2-3. 1912.

Figura 3 a-b

Colônias esféricas ou irregulares; mucilagem homogênea incolor e difluente; células esféricas, frouxamente arranjadas, 1,0-1,3 µm diâm.; conteúdo verde azulado.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 26-X-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428884); idem, 23-XI-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428885); idem, 14-XII-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428886); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890); idem, 23-V-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428891); idem, 22-VIII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428894); idem, 26-IX-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428895); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898); idem, 23-I-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428899); idem, 20-II-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428900); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901); idem, 19-VI-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428904).

Aphanocapsa holsatica (Lemmermann) Cronberg & Komárek, *Algological Studies* 75: 333. 1994.

Figura 3 c

Colônias alongadas, irregulares, clatradas; mucilagem homogênea, incolor; células esféricas, densamente arranjadas, 1,0-1,4 µm diâm.; conteúdo celular verde azulado.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-IX-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428883); idem, 26-X-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428884); idem, 23-XI-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428885); idem, 14-XII-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428886); idem, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890); idem, 18-VII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428893); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898).

Aphanocapsa incerta (Lemmermann) Cronberg & Komárek, *Arch. Hydrobiol./Algolog. Stud.* 75: 333. 1994.

Figura 3 d

Colônia esférica; mucilagem homogênea, incolor e difluente; células esféricas, densamente arranjadas no centro da mucilagem, 2,0-2,2 µm diâm.; conteúdo celular verde azulado.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901); idem, 22-V-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428903).

Chroococcus Nageli, 1849 (subgenero *Limnococcus*).

Chroococcus dispersus (Keissler) Lemmermann, *Arkiv för Botanik* 2(2): 102. 1904.

Figura 3 e

Colônia alongada, irregular, formada por pequenos grupos de 4 células distantes uns dos outros, dispostos em mucilagem comum; mucilagem homogênea e incolor; células esféricas ou hemisféricas após a divisão celular, 4,5-5,5 µm diâm.; conteúdo celular verde azulado.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 22-VIII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428894); idem, 26-IX-2012, E.F.Rosini

s.n. (SP428895); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898).

Pseudanabaenales

Pseudanabaenaceae

Geitlerinema (Anagnostidis & Komárek) Anagnostidis, 1989.

Geitlerinema amphibium (Gomont) Anagnostidis, Plant Systematics and Evolution 164: 38, 4 figs. 1 table.1989.

Figura 3 f

Tricomas solitários, retos, não constrictos, não atenuados; células mais longas que largas, 2,0-3,5 μm compr., 1,0 μm diâm.; célula apical cilíndrico-arredondada; conteúdo celular verde azulado, homogêneo, com 1 grânulo em cada lado do septo.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 26-X-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428884); idem, 14-XII-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428886); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890); idem, 27-VI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428892); idem, 18-VII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428893); idem, 22-VIII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428894); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901).

Geitlerinema splendidum (Greville *ex* Gomont) Anagnostidis, 1989. Plant Systematics and Evolution 164: 43, 4 figs, 1 table.

Figura 3 g-h

Tricomas solitários, retos, distintamente atenuados, não constrictos, curvos no ápice; células intermediárias, 3,0-5,8 μm compr. 2,0-2,6 μm diâm.; conteúdo celular verde-azulado, homogêneo, sem aerótopos; célula apical cilíndrica com extremidade arredondada.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 27-VI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428892); idem, 22-VIII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428894); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901); idem, 24-IV-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428902).

Pseudanabaena Lauterborn, 1915.

Pseudanabaena mucicola (Naumann & Huber- Pestalozzi) Schwabe, Gewässerund. Abwässer, H. 36: 32. fig. 61. 1964.

Figura 3 i

Tricomas solitários, retos, constrictos, não atenuados, curtos, 3-6 células, encontrados no interior da mucilagem de *Microcystis aeruginosa*; células cilíndricas, 2,6-3,7 µm compr., 1,2-1,4 µm diâm.; célula apical cilíndrico-arredondada; conteúdo celular verde azulado, homogêneo, sem aerótopo.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 23-V-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428891); idem, 27-VI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428892); 22-VIII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428894); idem, 26-IX-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428895); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898); idem, 22-V-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428903); idem, 19-VI-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428904); idem, 17-VII-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428905).

Chroococcales

Microcystaceae

Microcystis Kutzing ex Lemmermann, 1907.

Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing, Tab. Phycol. 1: 6. 1846.

Figura 4 a-c

Colônias esféricas, irregulares ou lobadas, formadas por numerosas células arranjadas no centro da mucilagem colonial; mucilagem homogênea, incolor, ampla; células esféricas, 7,0-8,8 µm diâm., conteúdo celular verde acastanhado, com aerótopos.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 24-VIII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428882); idem, 28-IX-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428883); idem, 26-X-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428884); idem, 23-XI-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428885); idem, 23-V-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428891); idem, 27-VI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428892); idem, 18-VII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428893); idem, 26-IX-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428895); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898); idem, 22-V-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428903); idem, 19-VI-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428904); idem, 17-VII-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428905).

Microcystis panniformis Komárek, Komárková-Legnerová, Sant'Anna, Azevedo & Senna, Cryptogamie Algologie 23(2): 165, figs. 14-28, 2002.

Figura 4 c-d

Colônias irregulares, formadas por células densamente agregadas em toda a mucilagem; mucilagem homogênea, incolor, com margem estreita (rente às células); células esféricas, 5,0-5,7 µm diâm.; conteúdo celular acastanhado, com aerótopos.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 19-VI-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428904).

Microcystis protocystis Crow, The New Phytologist 22(2): 62, 67, pl. 1: fig. d, 1923.

Figura 4 c e e

Colônias irregulares, formadas por células frouxamente distribuídas em toda a mucilagem colonial; mucilagem homogênea, incolor; células esféricas, 6,0-8,0 µm diâm., bainha individual não observada; conteúdo celular verde acastanhado, com aerótopos.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 23-XI-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428885); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890); idem, 18-VII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428893); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898); idem, 24-IV-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428902); idem, 22-V-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428903); idem, 19-VI-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428904).

Nostocales

Nostocaceae

Anabaenopsis (Woloszýnska) Miller, 1923.

Anabaenopsis cf. *elenkinii* Miller, Arch. Soc. Russ. Prot. 2: 125, figs. 1-5. 1923.

Figura 5 a

Tricomas solitários, curtos, 2-6 células, curvos, constrictos, não atenuados; envelope mucilaginoso não observado; células cilíndricas, 6,0-6,5 µm compr., 4,5-4,7 µm diâm.; conteúdo celular verde-azul claro, granuloso; aerótopos presentes; heterocitos esféricos, 4-5 µm diâm.; acinetos não observados.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 24-VIII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428882).

Comentário: Segundo Komárek (2005) e Ballot *et al.* (2008), *Anabaenopsis elenkinii* é uma espécie tropical de ambientes preferencialmente salinos e alcalinos; por este motivo, optamos por manter o presente material como *Anabaenopsis cf. elenkinii* uma vez que, o ambiente estudado trata-se de ambiente de água doce, com pH neutro.

Dolichospermum (Rafn ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & Komarek, 2009.

Dolichospermum circinalis (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek. *Fottea* 9(1): 61. 2009.

Figura 5 b-c

Tricomas solitários ou emaranhados, espiralados, com envelope mucilaginoso; espiras irregulares, 100-150 µm diâm., 20-50 µm distantes umas das outras; células esféricas, 7,5-10,8 µm diâm.; conteúdo celular verde-azulado, granuloso, com aerótopos; heterocitos arredondados, 14,5 µm diâm, heterocitos, não observados.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 22-V-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428903); idem, 19-VI-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428904); idem, 17-VII-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428905).

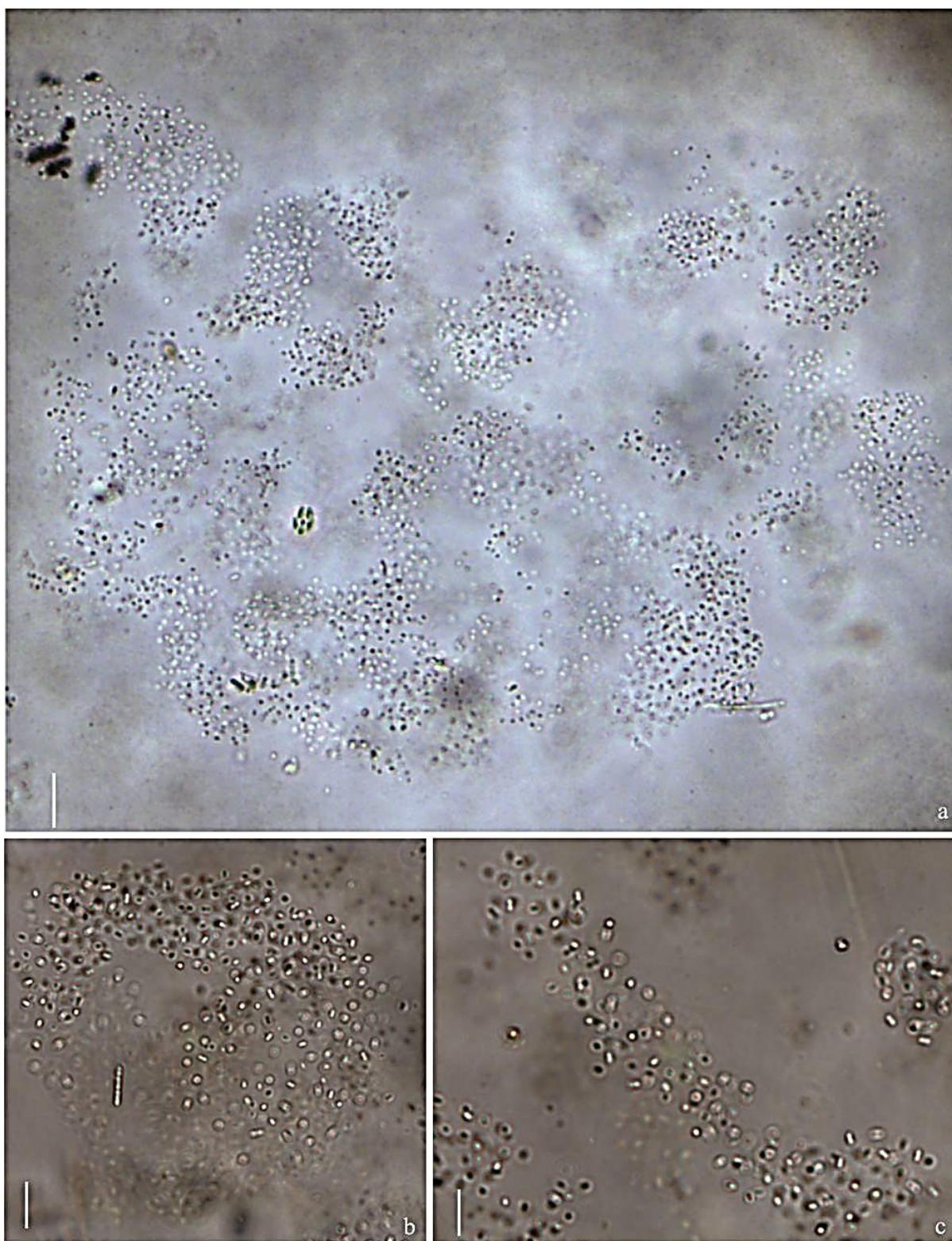


Figura 1. a-c. Espécies de Cyanobacteria da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-c. *Anathece chlatrata*. Barras de escala: 10 μm , exceto a = 20 μm .

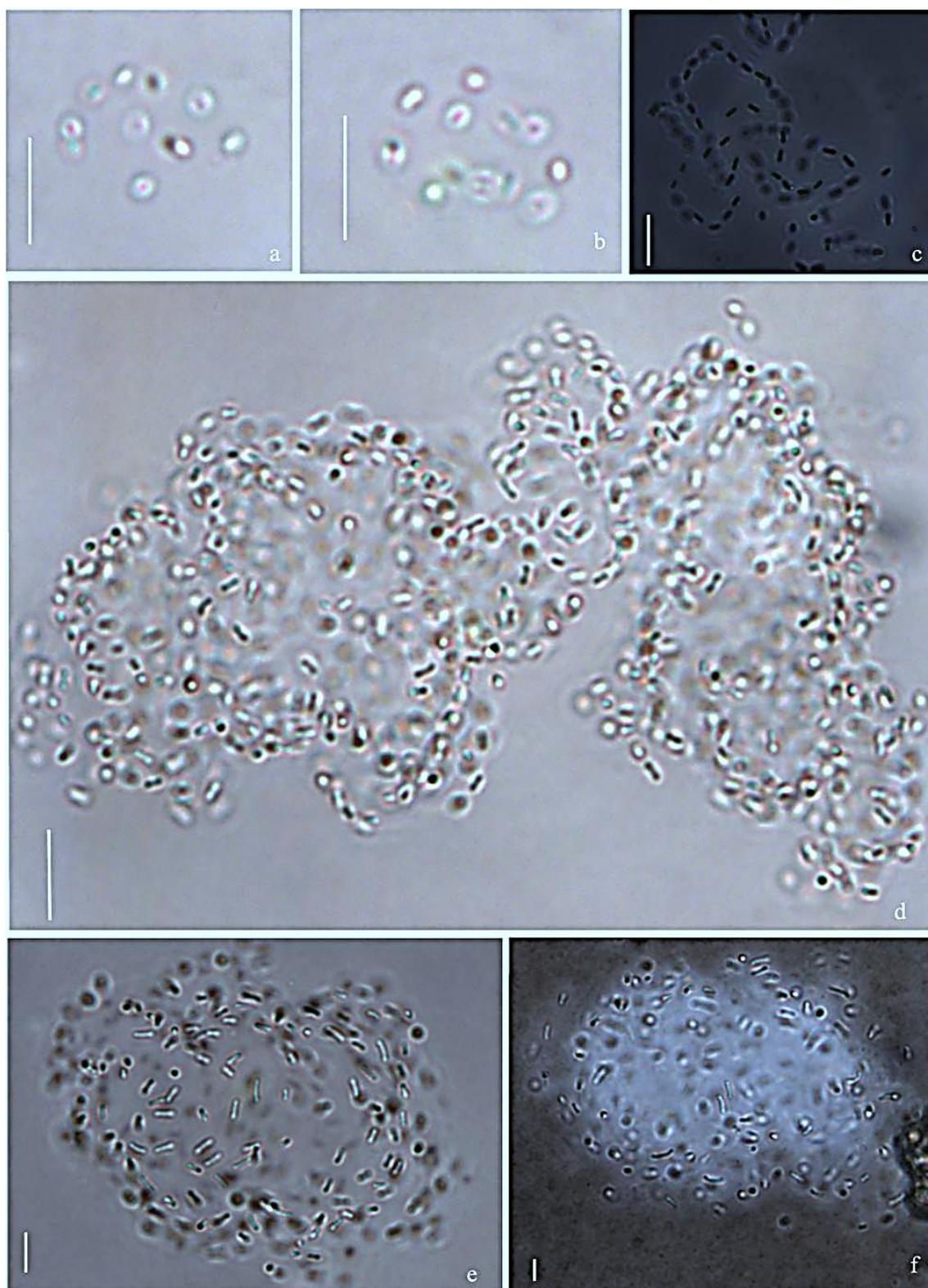


Figura 2. a-f. Espécies de Cyanobacteria da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-b. *Anathece* sp. c. *Cyanodictyon planctonicum*. d-f. *Epigloeosphaera brasilica*. Barras de escala = 10 μ m.

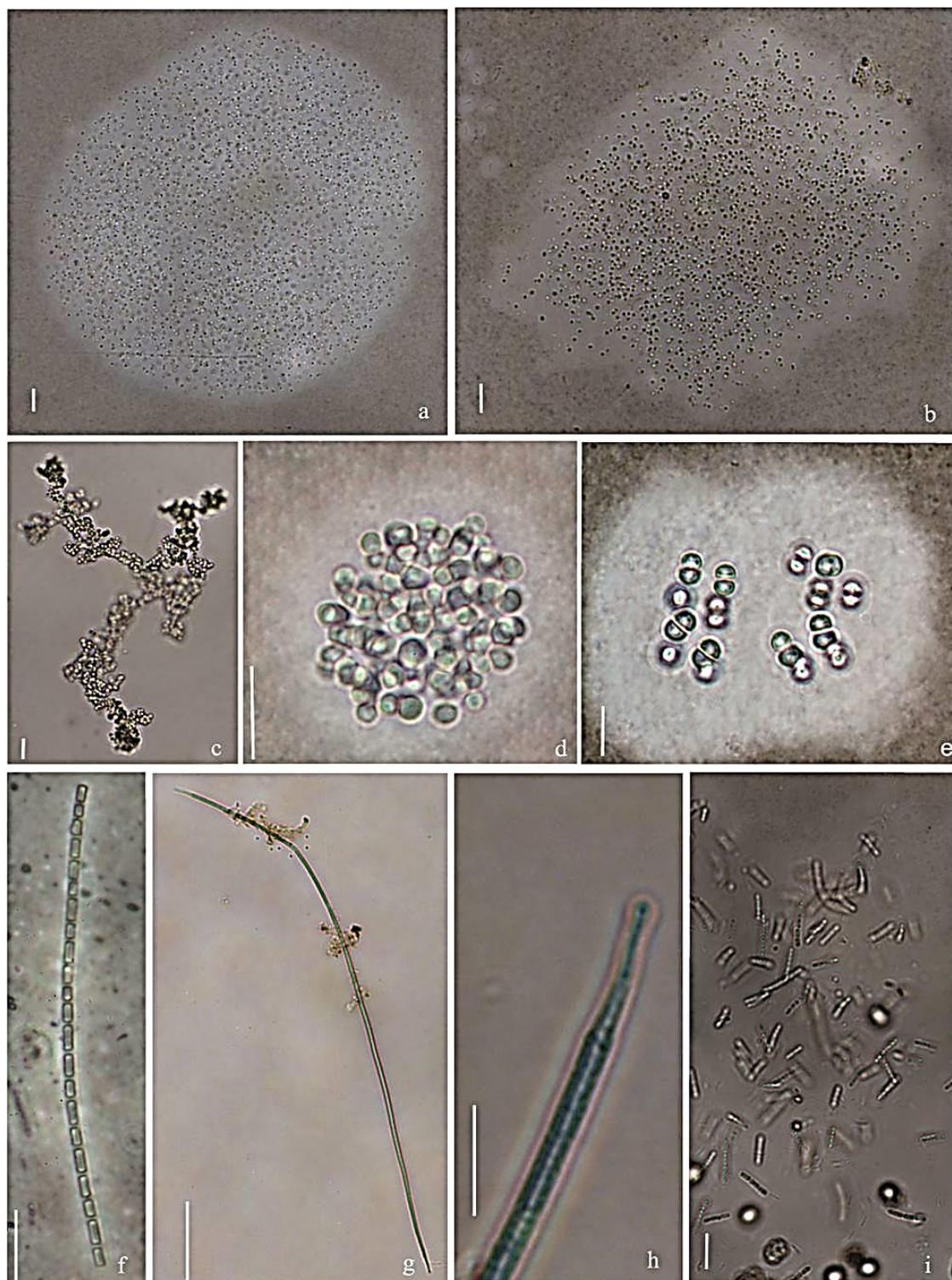


Figura 3. a-i. Espécies de Cyanobacteria da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-b. *Aphanocapsa delicatissima*. c. *Aphanocapsa holsatica*. d. *Aphanocapsa incerta*. e. *Chroococcus dispersus*. f. *Geitlerinema amphibium*. g-h. *Geitlerinema splendidum*. h. forma da célula apical. i. *Pseudanabaena mucicola*. Barras de escala = 10 μ m.

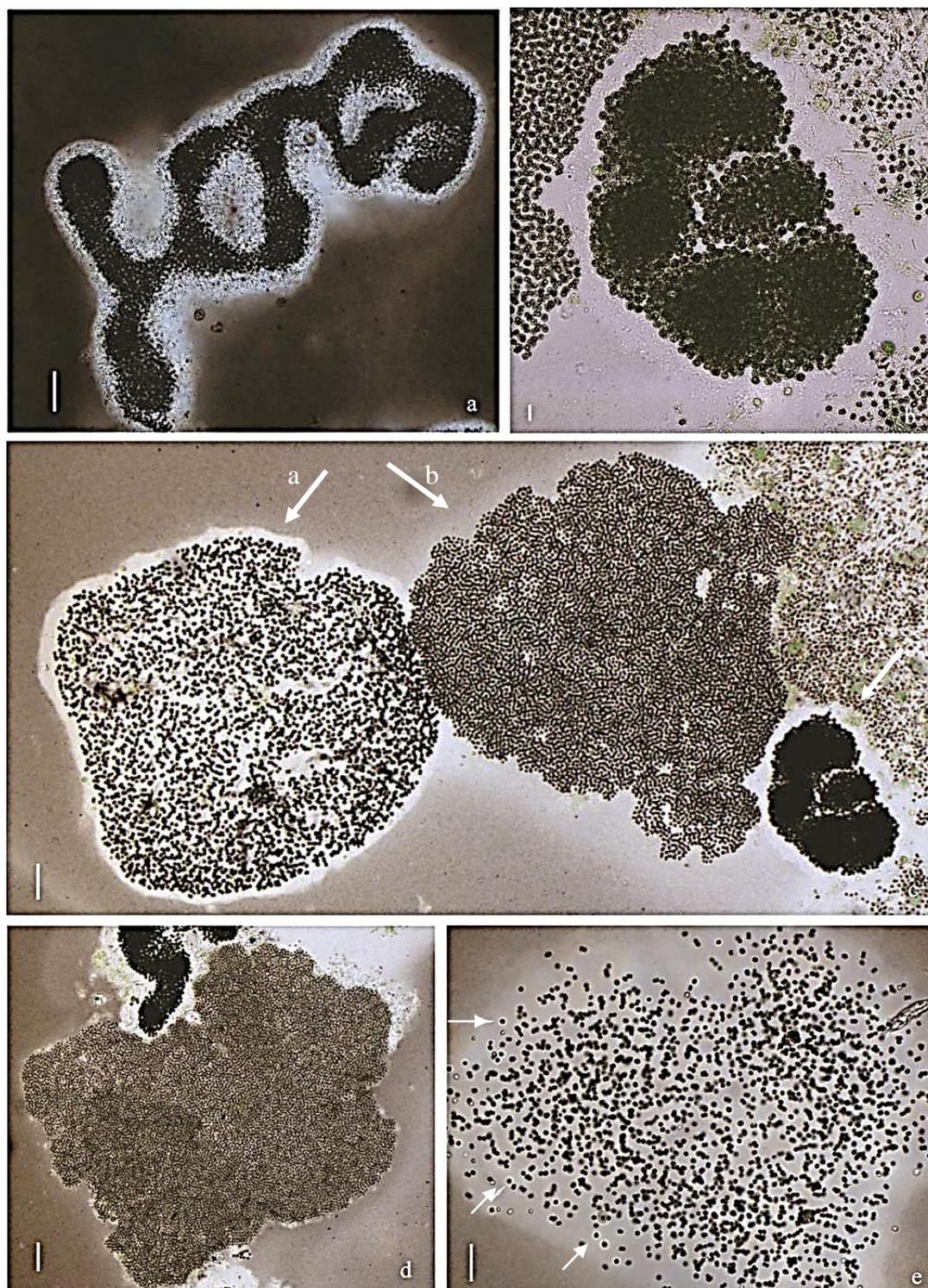


Figura 4. a-e. Espécies de Cyanobacteria da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-c. *Microcystis aeruginosa*, seta c em c indicando colônia de *microcystis aeruginosa*. d. *Microcystis panniformis*, seta b em c indicando colônia de *microcystis panniformis*. e. *Microcystis protocystis*, setas em e indicando bainha mucilaginosa individual das células de *microcystis protocystis*, seta a em c indicando colônia de *microcystis protocystis*. Barras de escala: b = 10. a-c- = 50 μm , e = 20 μm .

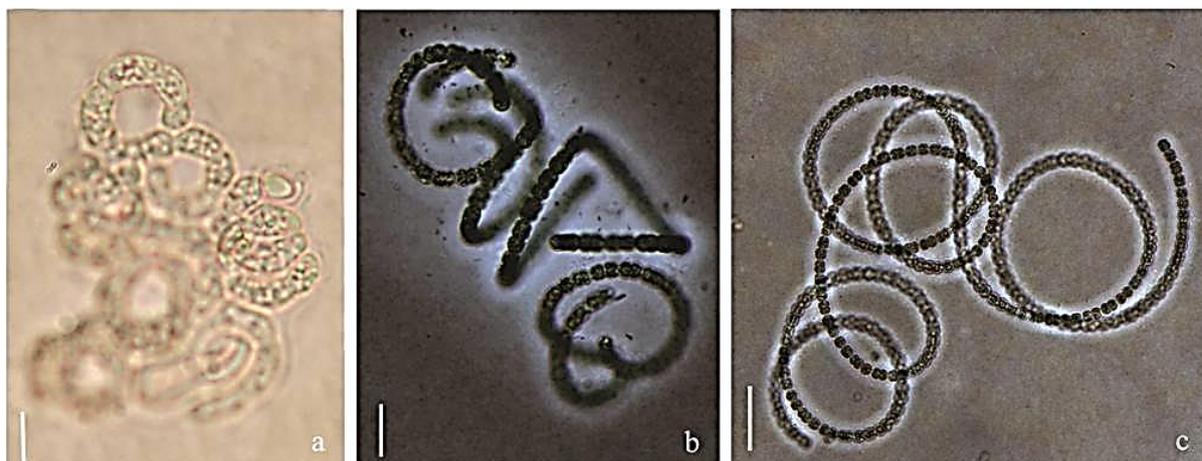


Figura 5. a-c. Espécies de Cyanobacteria da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Anabaenopsis elenkini*. b-c. *Dolichospermum circinalis*. Barras de escala: 10 μm .

Chlorophyceae

Chlorococcales

Botryococcaceae

Botryococcus Kützing, 1849.

Botryococcus braunii Kützing, Spec. algar. 892. 1849.

Figura 6 a-b

Colônias irregulares; células obovadas, 13,5- 14,7 µm compr., 7,3-9,3 µm diâm., envolvidas totalmente ou até $\frac{3}{4}$ por bainha mucilaginosa estratificada em forma de copo; cloroplasto parietal; pirenoide não observado.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888).

Botryococcus protuberans West & G.S.West, Transactions of the Royal Society of Edinburgh 41: 507, pl. IV: no. 4; pl. VI: figs. 8, 9, 1905.

Figura 6 c-f

Colônias irregulares, compostas por grupos celulares unidos por fios mucilagosos resistentes e hialinos; células obovadas, 4,2-5,4 µm compr., 2,5-2,8 µm diâm., envolvidas $\frac{3}{4}$ ou até $\frac{1}{3}$ por bainha mucilaginosa em forma de copo; cloroplasto parietal; pirenoide não observado.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889).

Botryococcus terribilis Komárek & Marvan, Archiv für Protistenkunde 141: 92, figs 23, 24, 1992.

Figura 7 a-c

Colônias irregulares; células obovadas, encobertas totalmente por mucilagem colonial; prolongamentos espiniformes irregulares, com até 90,0 µm compr.; cloroplasto e pirenoide não observados.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 24-VIII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428882); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888).

Dictyosphaerium Nageli, 1849.

Dictyosphaerium pulchellum H.C. Wood, Smithson. Contrib. Knowl. 19(3): 84. 1873.

Figura 7 d

Colônias esféricas, dispostas em mucilagem hialina, formadas por grupos de 4 células unidas por fios de mucilagem; células esféricas, 3,5-5,0 µm diâm.; cloroplasto único poculiforme, ocupando; 1 pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897).

Dictyosphaerium tetrachotomum Printz, Skr. VidensSelsk. Kristiania, Mat.-Naturv. Kl. 1914 (6): 24, pl. I: figs 5, 6, 1914.

Figura 7 e

Colônias formadas por grupos de 4 células unidas por fios de mucilagem; células oblongas, 7,2-9,3 µm compr., 6,0-7,2 µm diâm.; fios mucilaginosos inseridos na porção basal da célula; cloroplasto único poculiforme; 1 pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 26-X-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428884); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888)

Chlorellaceae

Ankistrodesmus Corda, 1838.

Ankistrodesmus densus Korschikov, Protococcineae: 300, fig. 262, 1953.

Figura 7 f

Colônias com 16-32 células densamente agrupadas; células fusiformes, afiladas em direção aos ápices, arcuadas, torcidas umas sobre as outras ou superpostas, com até 40,0 µm compr., 2,1 µm diâm.; cloroplasto parietal.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901).

Elakatothrix Wille, 1898.

Elakatothrix gelationosa Wille, Biol. Centralbl., v.18, p. 302, fig. 9, 10, 1898.

Figura 8 a-c

Colônias alongadas, 2-8 células dispostas aos pares em mucilagem hialina; células fusiformes 9,3-10,1 µm compr. 2,6-3,0 µm larg.; cloroplasto único parietal; 1 pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 14-XII-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428886); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897).

Elakatothrix genevensis (Reverdin) Hindak, Preslia 34: 287, pl. 28: fig. 3; pl. 32: figs 1, 2, 1962.

Figura 8 d-e

Colônias alongadas com 2-4-8 células dispostas lado a lado em mucilagem hialina difluente; células fusiformes retas 11,8-14,7 µm compr. 1,6-1,8 µm larg., cloroplasto único parietal; 1 pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898).

Elakatothrix linearis Pascher, Süßwasserff, Deutschlands Österreichs und der schweiz, 5: 221, fig. 28, 29. 1915.

Figura 8 f-g

Colônias alongadas com 2 células dispostas em pares oblíquos em mucilagem hialina; células fusiformes 14,1-14,7 µm compr., 1,7-1,8 µm larg.; cloroplasto parietal; 1 pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-IX-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428883); idem, 26-X-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428884); idem, 23-XI-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428885); idem, 14-XII-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428886); idem, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890); idem, 23-V-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428891); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898); idem, 23-I-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428899); idem, 20-II-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428900); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901).

Kirchneriella Schmidle, 1893.

Kirchneriella brasiliiana Silva, Sant'Anna, Comas & Tucci, Braz. J. Bot 36:154 figs.1-4, 2013.

Figura 9 a

Colônias formadas por grupos de 2-4 células arranjadas na periferia da colônia com lados côncavos voltados para periferia da colônia; células lunadas 9,7-9,8 µm compr., 2,0 µm diâm., ápices afilados gradualmente; cloroplasto parietal; sem pirenoides.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897).

*Kirchneriella diana*e (Bohlin) Comas Gonzalez, Acta Botanica Cubana 2: 1-18. 1980.

Figura 9 b

Colônias formadas por 4-16-32 células dispostas radialmente com lados convexos voltados para periferia da colônia; células lunadas, 5,7-5,8 µm compr.; 2,7-2,8 µm diâm., incisão mediana em forma de "U", ápices afilados gradualmente; cloroplasto único parietal, 1 pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890).

Kirchneriella roselata Hindák, Biologické Práce 30: 1-312. 1984.

Figura 9 c

Colônias formadas por grupos de 2-4 grupos de 8-64 células arranjadas na periferia da colônia com lados côncavos voltados para o centro da colônia; células lunadas, 7,4-8,2 µm compr., 1,5-1,4 µm diâm., ápices afilados gradualmente; cloroplasto parietal; pirenoide ausente.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-IX-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428883); idem, 26-X-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428884); idem, 23-XI-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428885); idem, 14-XII-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428886); idem, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 26-IX-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428895); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 23-I-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428899); idem, 20-II-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428900).

Monoraphidium Komarková-Legnerová, 1969.

Monoraphidium contortum (Thuret) Komarkova-Legnerova, *Studies in Phycology* 104, pl. 18: figs 1-5, 1969.

Figura 9 d-e

Células isoladas, fusiformes, sigmoides, helicoidais com 1,5 voltas, distância entre os ápices celulares de 30,8 µm comp., 1,5 µm diâm.; cloroplasto único parietal sem pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 27-VI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428892).

Quadrigula Printz, 1916.

Quadrigula closterioides (Bohlin) Printz, *Beiträge zur Kenntnis der Chlorophyceen und ihrer Verbreitung in Norwegen*. Det Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter 2: 49, pls I-IV, 1915.

Figura 9 f-g

Colônias formadas por 4 células dispostas longitudinalmente, aos pares, numa mucilagem; células fusiformes, levemente arcuadas, 38,1-41,7 µm comp., 2,5-3,0 µm diâm.; cloroplasto único parietal; pirenoide ausente.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897).

Coelastraceae

Coelastrum Nägeli, 1849.

Coelastrum indicum Turner, *Bih. Kgl. Svensk. Vetensk. Akad. Handl.* 25(5): 161.1892.

Figura 9 h

Cenóbio estrelado, formado por 8 células; células arredondadas em vista lateral, poliédricas em vista apical, 9,0 µm compr.; 8,3 µm larg.; células unidas por 6 processos de; cloroplasto parietal, 1 pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901).

***Coelastrum* sp.**

Figura 9 i-n

Cenóbios tetraédricos, formados por grupos poliédricos de 8-16 células unidos por processos ramificados; células esféricas em vista apical, unidas por 3 processos, 3,2-7,3 µm diâm.; processos mucilaginosos ramificados; espaços intercelulares presentes; cloroplasto único parietal com 1 pirenoide.

Comentário: *Coelastrum* sp. assemelha-se a *Coelastrum reticulatum* pela forma da célula e do cenóbio, no entanto, diferencia-se deste pela presença de processos mucilaginosos ramificados que une as células e os grupos celulares. Acredita-se tratar-se de uma nova espécie para a ciência.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 24-VIII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428882); idem, 26-X-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428884); idem, 23-XI-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428885); idem, 14-XII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428886); idem, 25-I-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428887); idem, 28-II-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428889); idem, 25-IV-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428890); idem, 22-VIII-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428894); idem, 24-X-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428898); idem, 23-I-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428899); idem, 20-II-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428900); idem, 20-III-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428901); idem, 24-IV-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428902).

Hidrodictyaceae

Stauridium Corda, 1839.

Stauridium tetras (Ehrenberg) Hegewald, Journal of Phycology 41: 1051, 2005.

Figura 9 o

Cenóbios circulares, planos, formados por 8 células dispostas concentricamente, espaços intercelulares ausentes, células periféricas poligonais, 10,0-12,0 µm compr., 8,0-10,0 µm diâm., margens externas com uma incisao mediana resultando em dois processos curtos; células internas poligonais com 6 lados; cloroplasto único parietal; 1 pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 23-XI-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428885); idem, 12-XII-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428898).

Scenedesmaceae

Desmodesmus (R.Chodat) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald, 1999.

Desmodesmus communis (E.Hegewald) Hegewald, Archiv für Hydrobiologie, Suppl. 131/Algological Studies 96: 8, 2000.

Figura 9 p

Cenóbios planos, formados por 4 células, dispostas linearmente; células oblongas 12,0-18,2 µm compr., 4,0-5,4 µm diâm.; células externas com 1 espinho em cada polo, 10,2-17,8 µm compr.; cloroplasto único parietal com 1 pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898).

Desmodesmus denticulatus (Lagerheim) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald, Archiv für Hydrobiologie, Suppl. 131/Algological Studies 96: 9. 2000.

Figura 9 q

Cenóbios planos, formados por 4 células, dispostas alternadamente em fileira única; células ovóides, 12,0-18,2 µm compr., 5,0,-8,8 µm diâm; 1-3 espinhos polares; células internas com espinhos apenas em um dos polos, 1,6-3,0 µm compr; cloroplasto parietal, 1 pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888).

Radiococcaceae

Coenochloris Korshikov, 1953.

Coenochloris aquatica Kostikov, Darienko, Lukesova & Hoffmann, Arch. Hydrobiol. Suppl.142/Algological. Studies 104: 45, 2002.

Figura 10 a

Colônias irregulares, 4-8 grupos de 4-8 células arranjadas irregularmente, 1-4 fragmentos de parede celular adjacentes aos grupos de células; células ovóides, 6,8-7,9 µm comp., 3,5-4,1 µm diâm.; cloroplasto parietal; 1 pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897).

Coenochloris korsikovii Hindák, *Biologické Práce* 30(1): 79, 1984.

Figura 10 b

Colônias esféricas, 8 grupos de células tetraedricamente arranjadas; 1 fragmento de parede celular esporangial adjacentes aos grupos de células; células subesféricas, 5,0-5,5 µm comp., 4,3-4,8 µm diâm.; cloroplasto parietal; 1 pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890); idem, 18-VII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428893); idem, 26-IX-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428895).

Palmococcus Kostikov, Darienko, Lukesová & Hoffmann, 2002.

Palmococcus quadriculoides (Fott) Kostikov, Darienko, Lukešová & Hoffmann, Arch. Hydrobiol. Suppl.142/Algological Studies 104: 47. 2002.

Figura 10 c

Colônias irregulares, 4-8-16 grupos de 4 células dispostas paralelamente, ligeiramente afastadas umas das outras; células elipsoides alongadas com extremidades arredondadas, assimétricas, 6,7-9 µm comp., 2,8-3,2 µm diâm.; cloroplasto parietal; 1 pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-IX-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428883); idem, 26-X-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428884); idem, 23-XI-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428885); idem, 14-XII-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428886); idem, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898); idem, 23-I-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428899); idem, 20-II-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428900); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901).

Radiococcus Schmidle, 1902.

Radiococcus fottii (Hindák) Kostikov, Darienko, Lukešová & Hoffmann, Arch. Hydrobiol. Suppl. 142/Algological Studies 104: 39, 2002.

Figuras 10 d

Colônias arredondadas, formadas por 8 células dispostas em coroa, em dois planos paralelos; células esféricas, 7,6-7,8 µm diâm.; cloroplasto poculiforme, 1 pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 14-XII-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428886); idem, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898); idem, 24-IV-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428902); idem, 17-VII-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428905).

Radiococcus polycoccus (Kors.) Kostikov, Darienko, Lukešová & Hoffmann, Arch. Hydrobiol. Suppl. 142/Algological Studies 104: 40, 2002.

Figura 10 e-f

Colônias esféricas; 8 células arranjadas octaedricamente; sem fragmentos da parede celular esporangial; células esféricas, 8-10,9 µm diam., cloroplasto parietal, 2 pirenídes.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 24-VIII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428882); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 27-VI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428892).

Radiococcus skujae Kostikov, Darienko, Lukešová & Hoffmann, Arch. Hydrobiol. Suppl. 142 (Algological Studies 104): 40, 2002.

Figura 10 g

Colônias esféricas; células arranjadas tetraedricamente ou octaedricamente; fragmentos da parede celular esporangial na periferia da mucilagem; células esféricas, 5,6-6,3 µm diâm.; cloroplasto parietal, 1 pirenoide.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 24-VIII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428882); idem, 28-IX-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428883); idem, 26-X-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428884); idem, 23-XI-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428885); idem, 14-XII-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428886); idem, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890); idem, 23-V-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428891); idem, 27-VI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428892); idem, 18-VII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428893); idem, 22-VIII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428894); idem, 26-IX-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428895); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898); idem, 23-I-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428899); idem, 20-II-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428900); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini

s.n. (SP428901); idem, 24-IV-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428902); idem, 19-VI-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428904); idem, 17-VII-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428905).

Oocystaceae

Oocystis Nageli, 1855.

Oocystis borgei J. Snow, Bulletin of the United States Fish Commission 22: 379, 1903.

Figura 11 a

Colônias com 8-16 células irregularmente distribuídas em mucilagem; células oblongas, 8,6-8,8 µm compr., 6,8-7,0 µm diâm.; 2 cloroplastos poculiformes com 1 pirenoide cada.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-IX-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428883); idem, 26-X-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428884); idem, 23-XI-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428885); idem, 14-XII-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428886); idem, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890); idem, 23-I-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428899); idem, 20-II-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428900); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901).

Oocystis marssonii Lemmermann, Botanisches Centralblatt 76: 151, 1898.

Figura 11 b

Colônias com 4 células irregularmente dispostas em mucilagem; células oblongas a ovóides, 15,0-16,9 µm compr., 11,4-11,6 µm diâm., Rc/1 abaixo de 2; polos levemente agudos; 2 cloroplastos com 1 pirenoide cada.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 23-XI-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428885); idem, 14-XII-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428886); idem, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890); idem, 27-VI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428892); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898); idem, 23-I-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428899); idem, 20-II-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428900); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901).

Volvocales

Volvocaceae

***Volvox* sp.**

Figura 11 c-d

Colônias esféricas ocas, centenas de células arranjadas em uma única camada na periferia colonial, células do tipo *Chlamydomonas*, esféricas, cloroplasto com 1 pirenoide basal.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888).

Comentário: A identificação das espécies de *Volvox* é bastante problemática, pois exige o acompanhamento de caracteres das fases assexuada e sexuada em diferentes estágios de desenvolvimento (Bicudo & Menezes, 2006). No presente trabalho, não foi possível observar as características das fases reprodutivas, impossibilitando a identificação em nível específico.

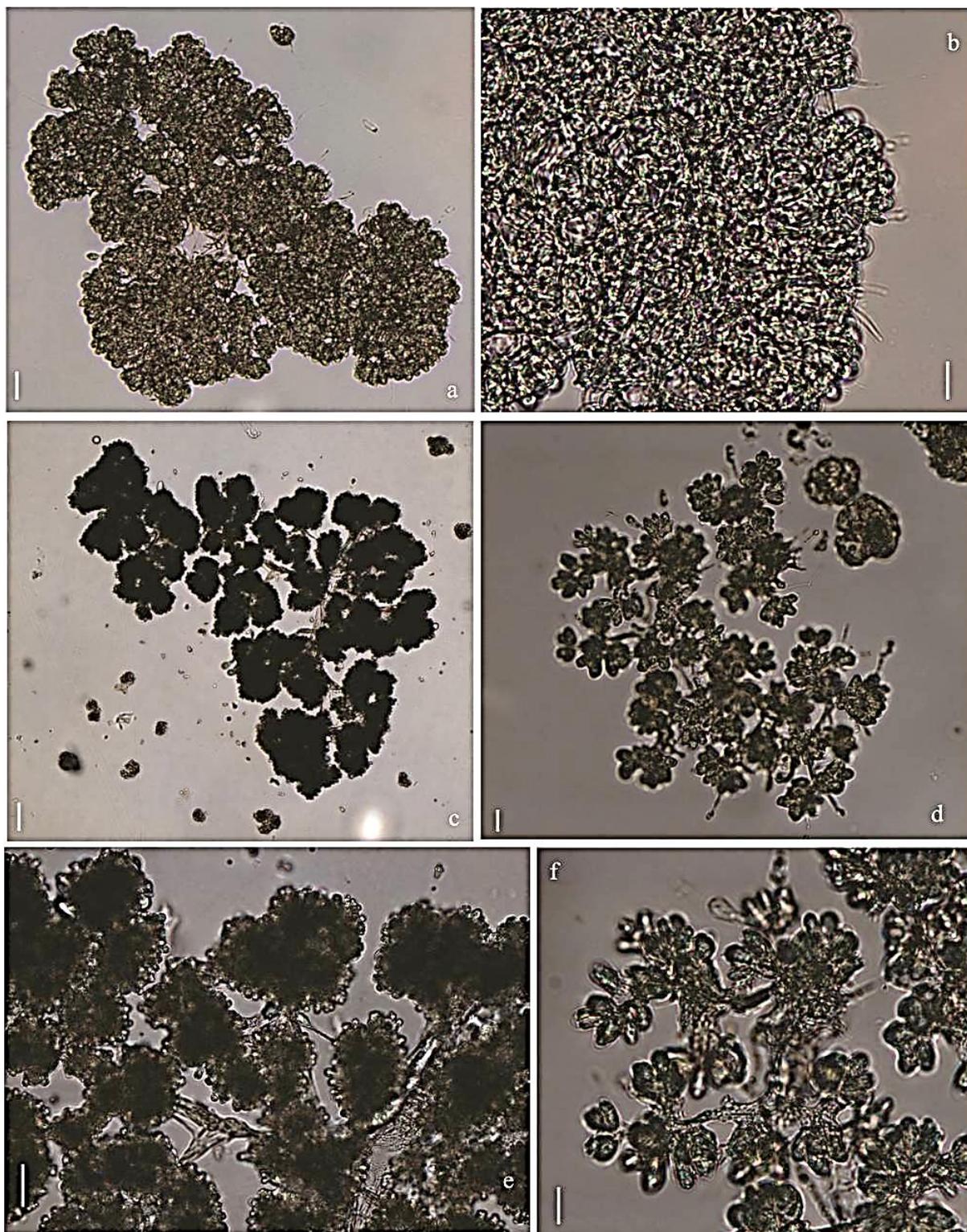


Figura 6. a-f. Espécies de Chlorophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-b. *Botryococcus braunii*. c-f. *Botryococcus protuberans*. Barras de escala: 10 μm , exceto a-c-d = 20 μm .

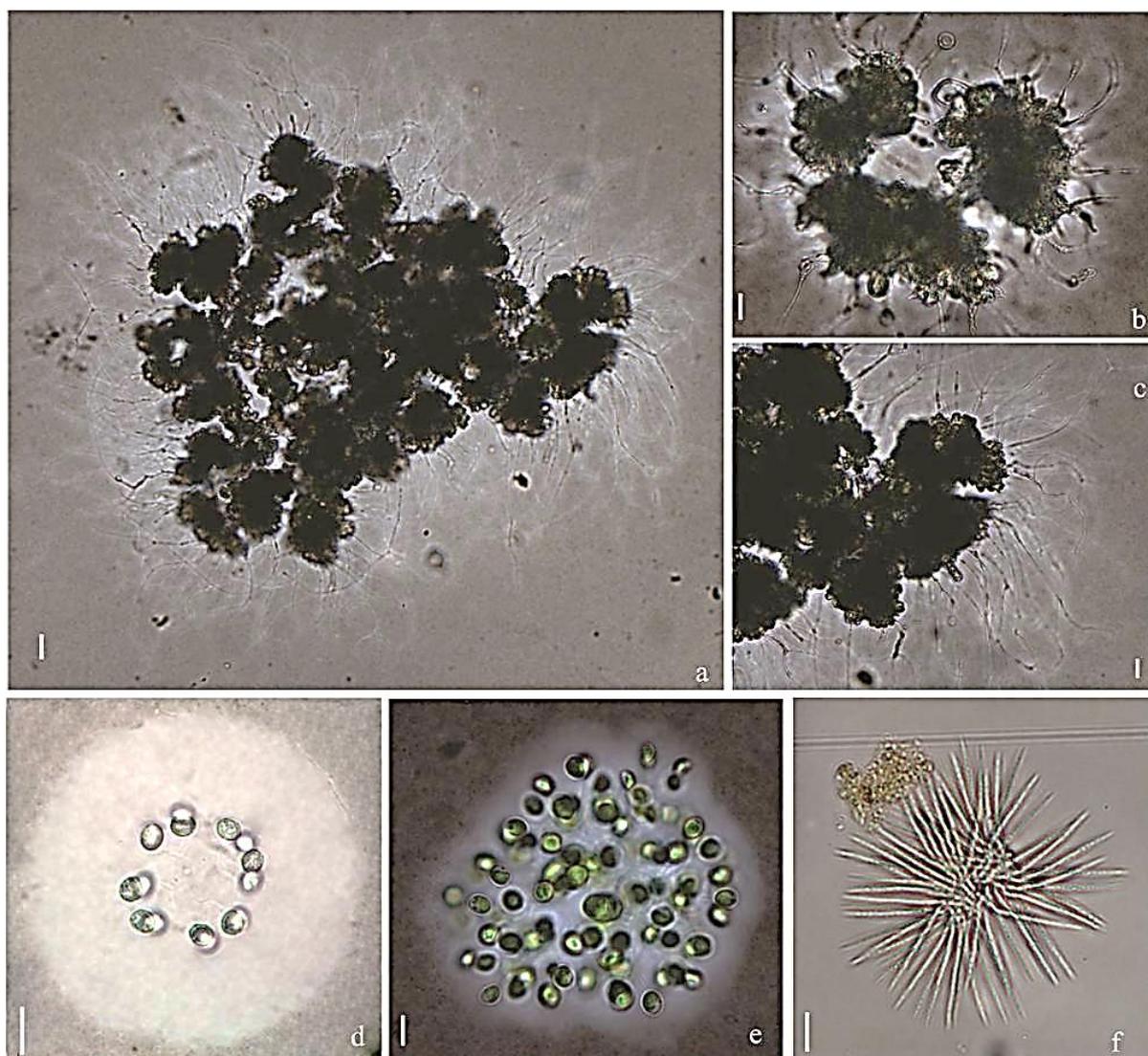


Figura 7. a-f. Espécies de Chlorophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-c. *Botryococcus terribilis*. d. *Dictyosphaerium pulchellum*. e. *Dictyosphaerium tetrachotomum*. f. *Ankistrodesmus densus*. Barras de escala: 10 μm .

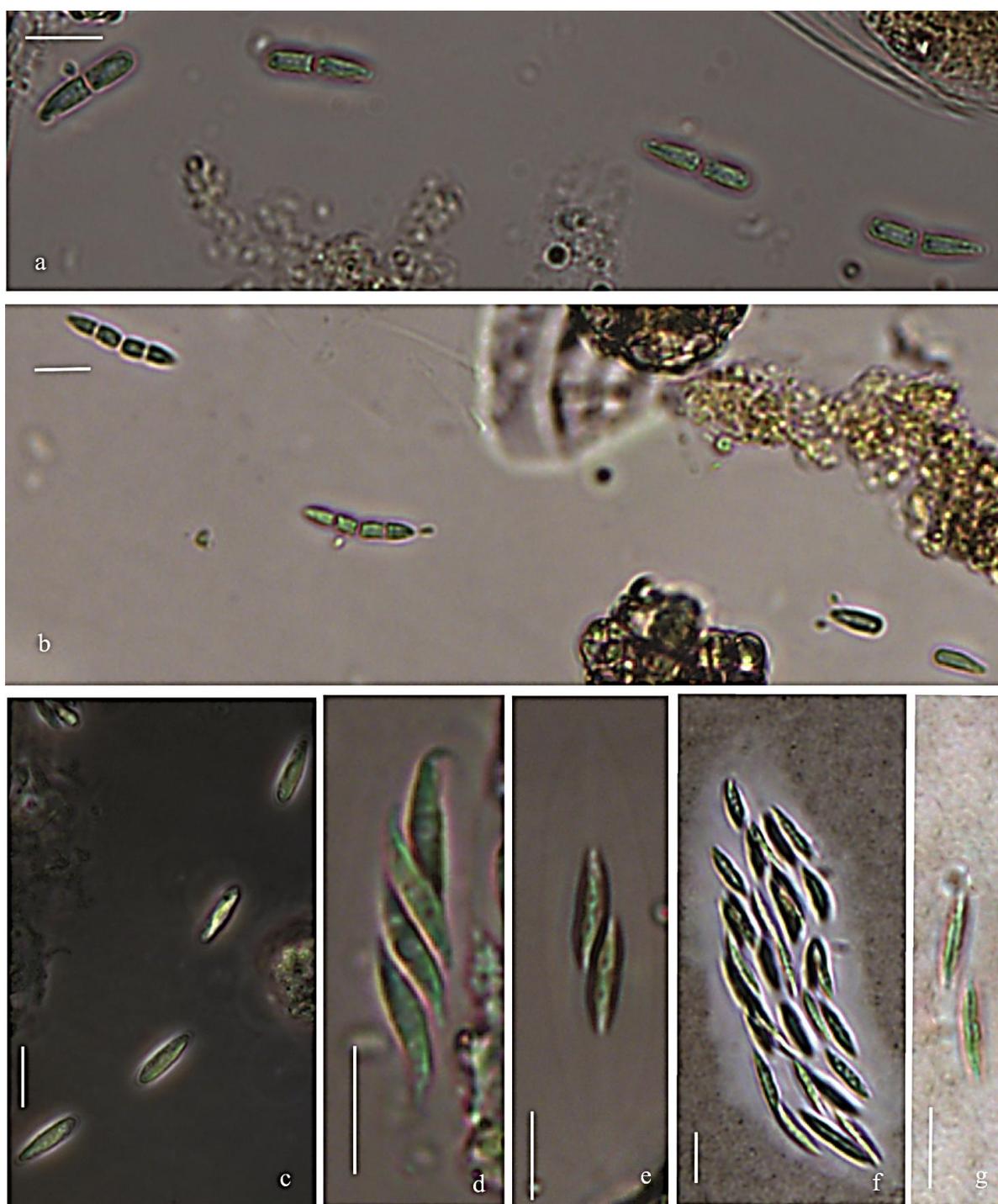


Figura 8. a-g. Espécies de Chlorophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-c. *Elakatothrix gelatinosa*. d-e. *E. genevensis*. f-g. *E. linearis*. Barras de escala: 10 μ m.



Figura 9. a-q. Espécies de Chlorophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Kirchneriella brasiliiana*. b. *Kirchneriella diana*. c. *Kirchneriella rosellata*. d-e. *Monoraphidium contortum*. f-g. *Quadrigula closterioides*. h. *Coelastrum indicum*. i-n. *Coelastrum* sp., setas em l e m indicando processo mucilaginoso ramificado. o. *Stauridium tetras*. p. *Desmodesmus communis*. q. *Desmodesmus denticulatus*. Barras de escala: 10 μ m.

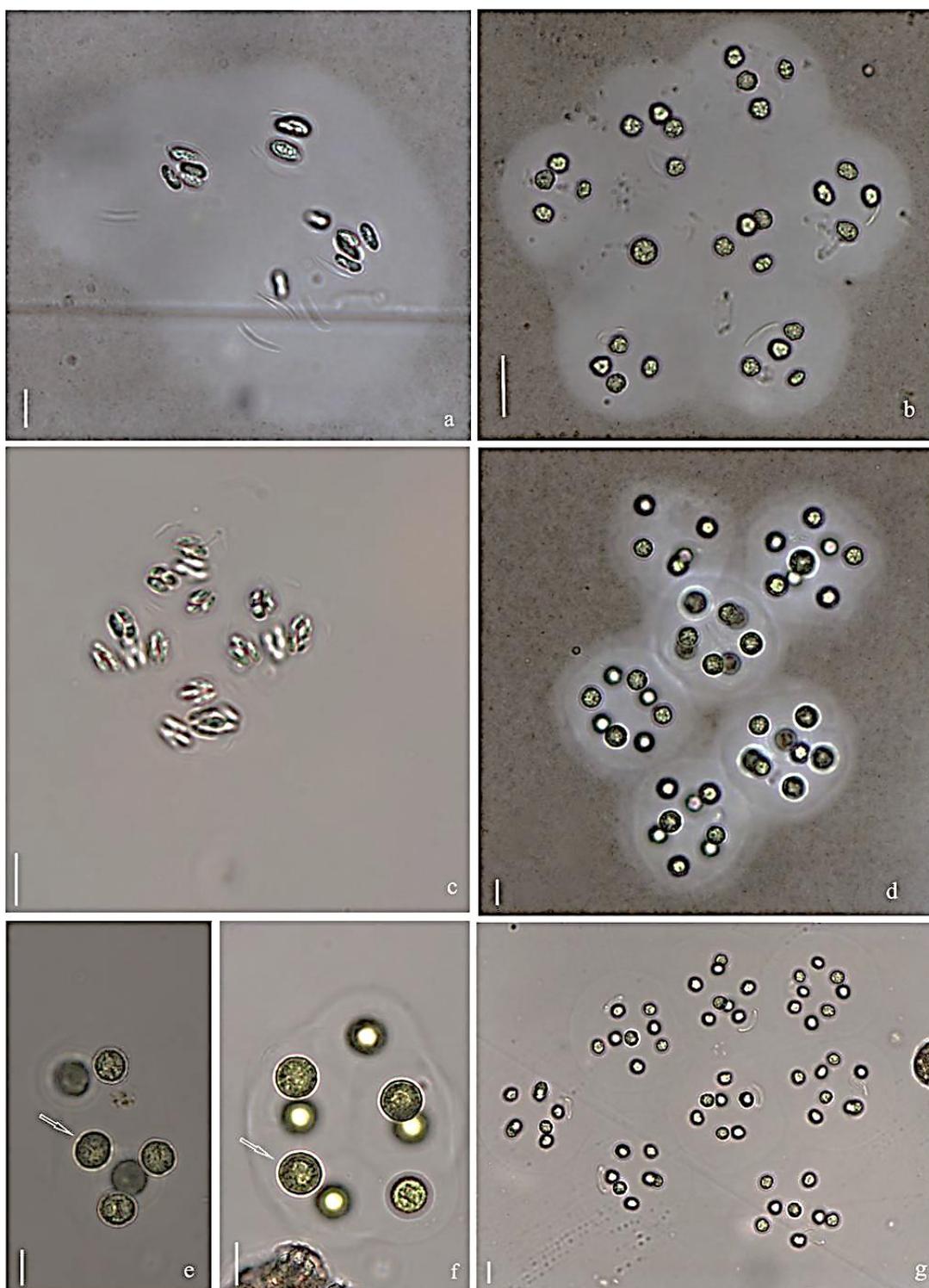


Figura 10. a-g. Espécies de Chlorophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Coenochloris aquatica*. b. *Coenochloris korsikovii*. c. *Palmococcus quadriculoides*. d. *Radiococcus fottii*. e-f. *Radiococcus polycoccus*, setas em e e f indicando duplos pirenoides. g. *Radiococcus skujae*. Barras de escala: 10 μ m.

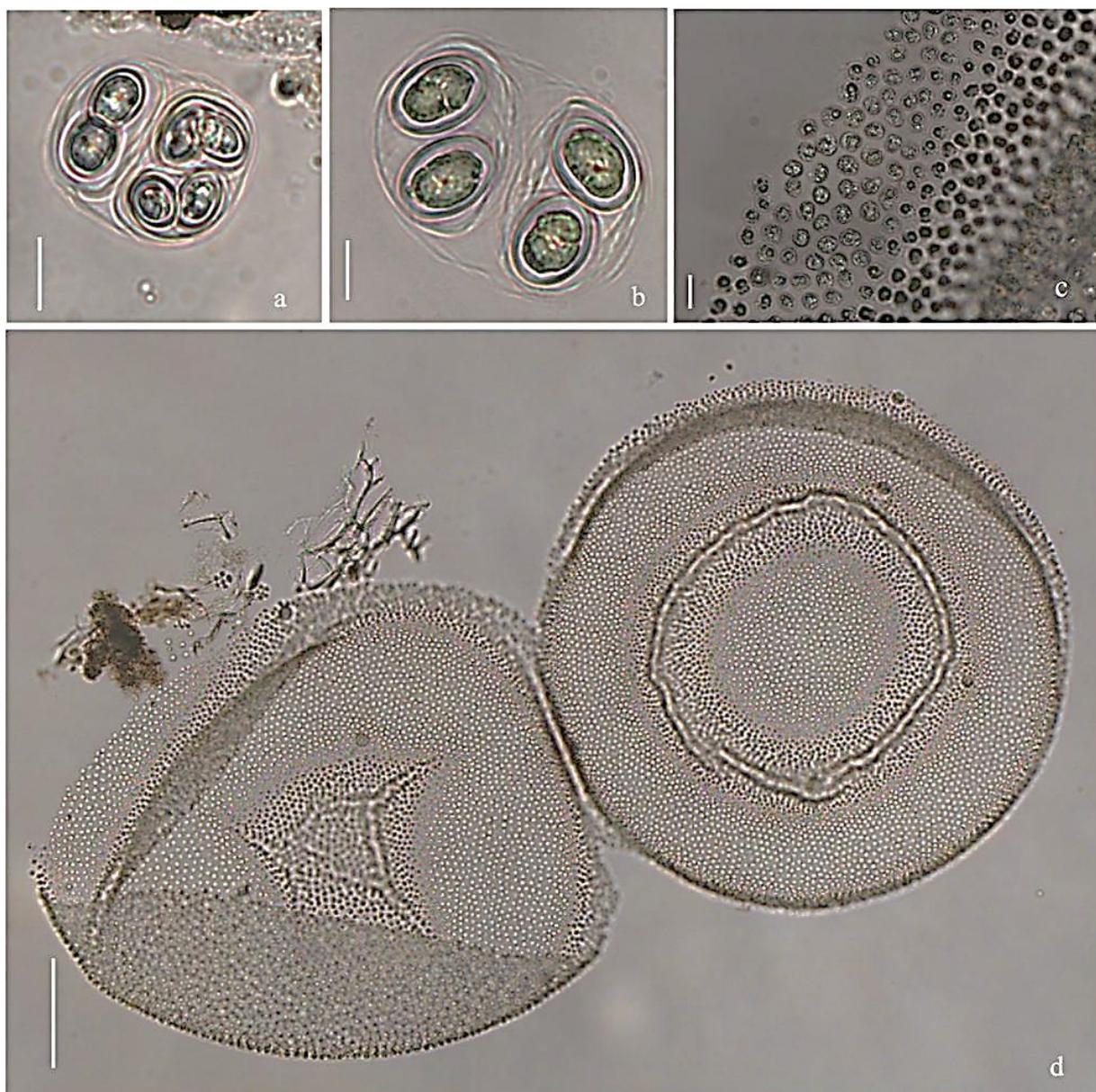


Figura 11. a-d. Espécies de Chlorophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Oocystis borgei*. b. *Oocystis marssonii*. c-d. *Volvox* sp. Barras de escala: 10 μm , exceto d = 100 μm .

Zygomycetes

Desmidiaceae

Desmidiaceae

Cosmarium Corda ex Ralfs, 1848.

Cosmarium moniliforme (Turpin) Ralfs, The British Desmidiaceae 107, PL. 17:7, 1848.

Figura 12 a

Células grandes, 1,7 vezes mais longas que largas, 46-50 µm compr., 27-28 µm larg., istmo 12-15 µm larg; constrição mediana moderadamente profunda, seno bastante aberto e acutangular; semicélulas circulares; um cloroplasto em cada semicélula; 1 pirenoide central.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889).

Cosmarium quadrum Lundell var. *quadrum* Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis, ser. 3, 8(2): 25, pl. II: fig. 11, 1871.

Figura 12 b-c

Célula quase tão longa quanto larga, 38-40 µm compr., 36-38 µm larg., istmo 8-10 µm larg., contorno aproximadamente quadrado, constrição mediana profunda, semicélula sub-retangular, margens laterais levemente convexas, margem apical retusa; parede celular decorada com verrugas arranjadas em fileiras seguindo o contorno da célula; cloroplastos axiais; pirenoides não observados.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, idem, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887); idem, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 23-I-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428899); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901).

Cosmarium regnelli Wille Bihang till Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar 8(18): 16, pl. 1:34. 1884.

Figura 12 d

Células 11,5 µm compr., 9,9 µm larg., istmo 3,9 µm larg., seno estreito e linear; semicélulas subhexagonais, margens laterais inferiores levemente divergentes, quase retas, margens laterais maiores convergentes, mais ou menos retas, margem apical reta; cloroplastos parietais; 2 pirenoides.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887).

Cosmarium reniforme (Ralfs) W. Archer, Journal of Botany 12: 76, pl. 14:10-11, 1874.

Figura 12 e

Célula 1,3 vezes mais longa que larga, 48,2 µm compr., 36,4 µm larg., istmo 14,1 µm larg., contorno subquadrangular, constrição mediana profunda; semicélula reniforme, margens laterais paralelas entre si, levemente côncavas, crenuladas, margem apical amplamente arredondada, crenulada; parede celular com verrugas dispostas em fileiras regulares, longitudinais; cloroplastídios não observados; pirenoides não observados.

Micrasterias C.Agardh ex Ralfs, 1848.

Micrasterias borgei H. Krieg. var. *borgei* In Rabenhorst, Kryptogamen-Fl. Deutschl. 13(2):86, pl. 128, fig. 1-4.1939.

Figura 12 f

Célula 1,1 vezes mais longa que larga, 274,5 µm compr., 236,3 µm larg., lobo polar 52,0 µm larg., istmo 40 µm larg., contorno elíptico; constrição mediana profunda, seno mediano linear, estreito, fechado em quase toda extensão, aberto na parte distal; semicélulas 5-lobadas, incisões interlobares acutangulares; lobo apical cuneiforme, pouco projetado além dos lobos laterais, margens laterais quase retilíneas, divergentes na porção superior; margem superior côncava, emarginada, chanfrada, 1 intumescência lisa em cada lado da chanfradura, ângulos com projeções divergentes, ápice 2-denticulados, dentículos internos maiores, curvos, dentículos externos retos; lobos laterais e basais de tamanho desiguais, separados entre si por uma incisão linear apertada, próximo ao corpo celular e acutangular no terço distal; lobos laterais maiores, subdivididos, geralmente por 7 incisões acutangulares em 8 lóbulos aproximadamente iguais entre si, 2-denticulados, dentículos retos ou ligeiramente divergentes; lobos basais subdivididos em 4 lóbulos aproximadamente iguais entre si, 2-denticulados, dentículos retos ou ligeiramente divergentes; parede celular finamente pontuada, ornamentada; cloroplastídio seguindo o contorno da célula; pirenoides vários, dispersos por todo plastídio.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 24-IV-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428902).

Micrasterias furcata C. Agardh ex Ralfs var. *furcata* f.*furcata* Brit. Desmidiaceae 73, pl. 9, fig. 2. 1848.

Figura 12 g

Célula 1,1 vez mais longa que larga, 180-185 μm compr., 160-162 μm larg.; lobo polar 60-64 μm larg.; istmo 18-20 μm larg.; contorno subcircular, constrição mediana profunda, seno mediano fechado próximo ao istmo, depois aberto, distalmente acutangular; semicélulas 5-lobadas, incisões interlobares profundas, acutangulares, abertas; lobo polar projetado além dos lobos laterais, margens laterais retilíneas ou quase até a metade, depois divergentes, margem superior cônvexa, ângulos formando processos divergentes, extremidades 2-denticuladas, dentículos divergentes; lobos basais e laterais iguais entre si, separados por 1 incisão profunda, aberta, cada lobo subdividido em 2 lóbulos delgados, ângulos 2-denticulados, dentículos às vezes divergentes; parede celular lisa; cloroplastídios seguindo a forma da semicélula; pirenoides vários, dispersos, mais concentrados na porção mediana do plastídio.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901).

Micrasterias truncata (Corda) Brébisson ex Ralf, Brit. Desm. 75, PL. 8, fig. 4, PL. 10, fig. 5. 1848.

Figura 12 h

Célula 1-1,1 vezes mais larga que longa, 55 μm compr., 58 μm larg., lobo polar 40 μm larg., istmo 10 μm larg., contorno aproximadamente circular, constrição mediana profunda, seno mediano aberto, acutangular; semicélula sub-retangular em vista frontal, 5-lobada, incisões interlobares pouco profundas, abertas, lobos basais e laterais sub-retangulares, semelhantes entre si, 2-lobulados, incisões interlobulares, abertas, côncavas, lobos apicais 2-denticulados, subfusiformes, ângulos acuminados, formando 1 pequeno dente, margem apical levemente côncava; parede celular hialina, finamente pontuada; vistas apical e lateral não observadas; cloroplastídio e pirenoides não observados.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890).

Onychonema Wallich, 1860.

Onychonema laeve Nordstedt 1870, Vidensk. Medd. Naturh. Foren. Kjöbenhavn 1869 (14/15): 206. pl. 3, fig. 34.

Figura 13 a

Filamentos com uma ampla bainha mucilagínosa; células mais largas do que longas 20,2-22,5 µm comp., sem processos 30,2-33,4 µm larg., sem espinhos; constrição profunda e estreita 4,8-5,1 µm compr.; semicélulas oblongas, ângulos laterais terminando em um espinho convergente 6,5-7,8 µm comp; processos apicais quase tão longos quanto os espinhos 5,6-6,7 µm compr.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901).

Staurastrum leptocladum Nordstedt, Videnskabelige meddelelser fra Dansk naturhistorisk forening i København (14/15): 228, PL. 4, fig. 57, 1869.

Figura 13 b

Células duas vezes mais longas que largas sem os processos 60,6 -50,0 µm compr., 138,0-187,0 larg. com processos; constrição mediana rasa, istmo em forma de “V” 7,0 - 8,5 µm comp; semicélulas subtriangular, levemente inflada logo acima do istmo; processos longos, margens crenuladas, 2-denteados 57,0-68,2 µm compr. com espinhos.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 23-XI-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428885); idem, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890); idem, 18-VII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428893); idem, 22-VIII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428894).

Staurastrum volans West & West, Trans. Linn. Soc. Lond.: ser. 2,5 (2): 79, pl. 9, fig. 10- 11. 1895.

Figura 13 c

Células 1,3 vezes mais longas que largas, 13,8 µm compr., 8,7µm diâm., constrição mediana profunda, istmo 4,5; semicélulas obovadas; processos com 4-5 ondulações, extremidades bifurcadas.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897).

Staurodesmus Teiling, 1948.

Staurodesmus cuspidatus (Brebisson) Teiling, Archiv für Botanik 6: 534, pl. 9: figs 10, 11, 13-15, 19, 1948.

Figura 13 d-e

Célula 1,2-1,3 vezes mais longas que largas, 26,0-35,0 µm compr., 20,2-23,6 µm larg.; constrição mediana profunda, istmo alongado, subcilindrico, margens retas, paralelas, 5,4-7,8 µm larg.; semicélulas triangulares, margem apical amplamente truncada, retusa na parte media, margens basais levemente retilíneas, ângulos acuminados; 1 espinho pontiagudo, disposto horizontalmente, pouco convergente, inseridos no terço superior da semicélula, 9,0-13,7 µm compr.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 23-I-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428899).

Gonatozygaceae

Gonatozygon De Bary, 1858.

Gonatozygon pilosum Wolle, VI. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 9(3): 27, pl. 13: fig. 16, 1882.

Figura 14 a

Células cilíndricas, 100,3-161,2 µm compr., 8,3-13,2 µm diâm.; cloroplastídio laminar, axial; pirenoides variados, arranjados mais ou menos equidistantes uns dos outros em uma linha mediana no plastídio; parede celular decorada com diminutas estruturas piliformes.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887).

Zygnematales

Zygnemaceae

Spirogyra Link, 1820.

Spirogyra sp.

Figura 14 b

Filamentos formados por células vegetativas 100,0-132,9 μm compr., 20,0-27 μm larg., septos planos; cloroplastos fitáceos 2-3, arranjados helicoidalmente, pirenoides presentes; estágio reprodutivo não observado.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); 18-VII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428893); idem, 22-VIII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428894); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901).

Comentário: Nos exemplares estudados não foi observado estágio reprodutivo, cuja observação é imprescindível para identificação das espécies de *Spirogyra*.

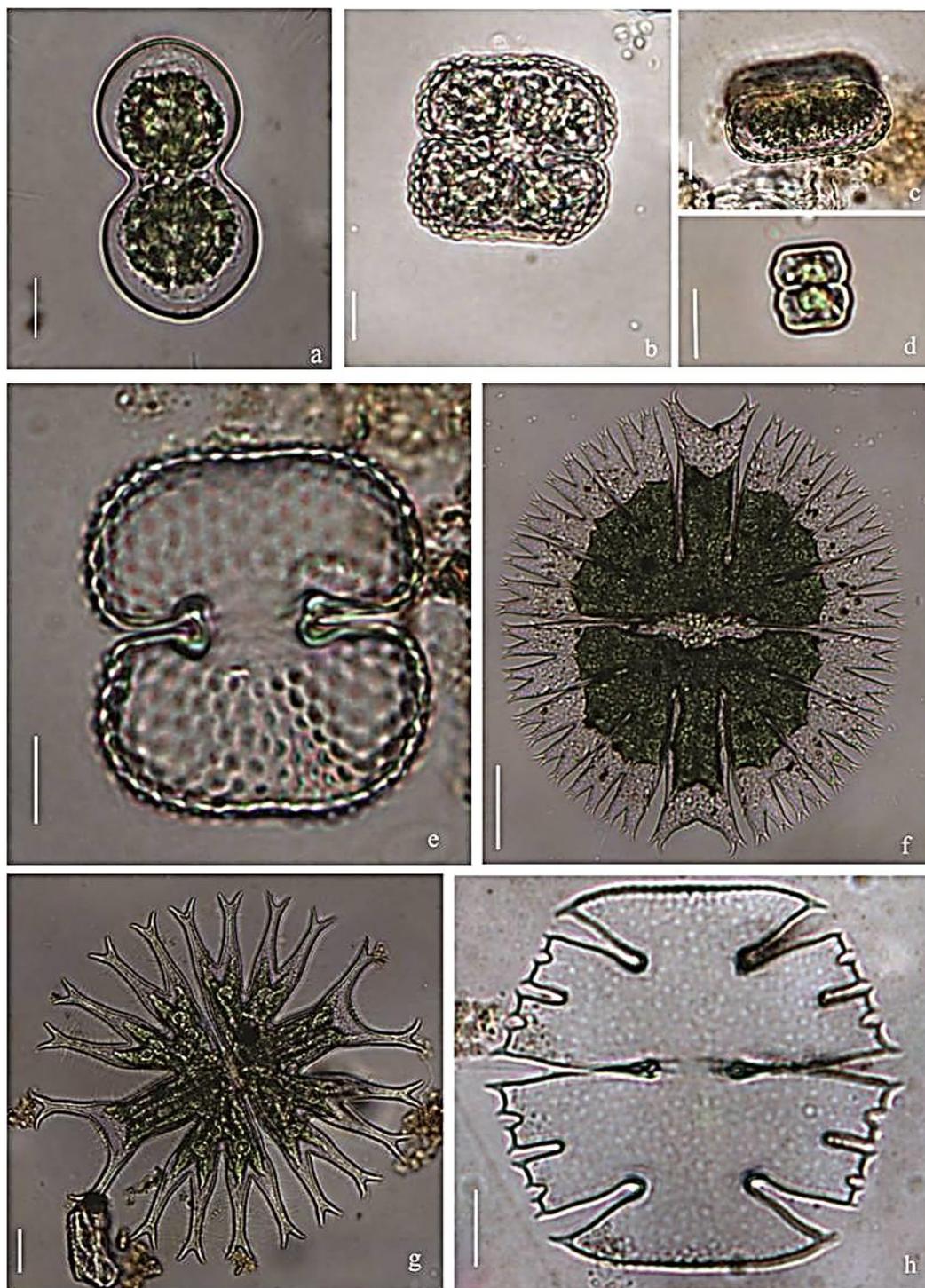


Figura 12. a-h. Espécies de Zynemaphyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Cosmarium moniliforme*. b-c. *Cosmarium quadrum*. d. *Cosmarium regnelli*. e. *Cosmarium reniforme*. f. *Micrasterias borgei*. g. *Micrasterias furcata*. h. *Micrasterias truncata*. Barras de escala: 10 μ m.

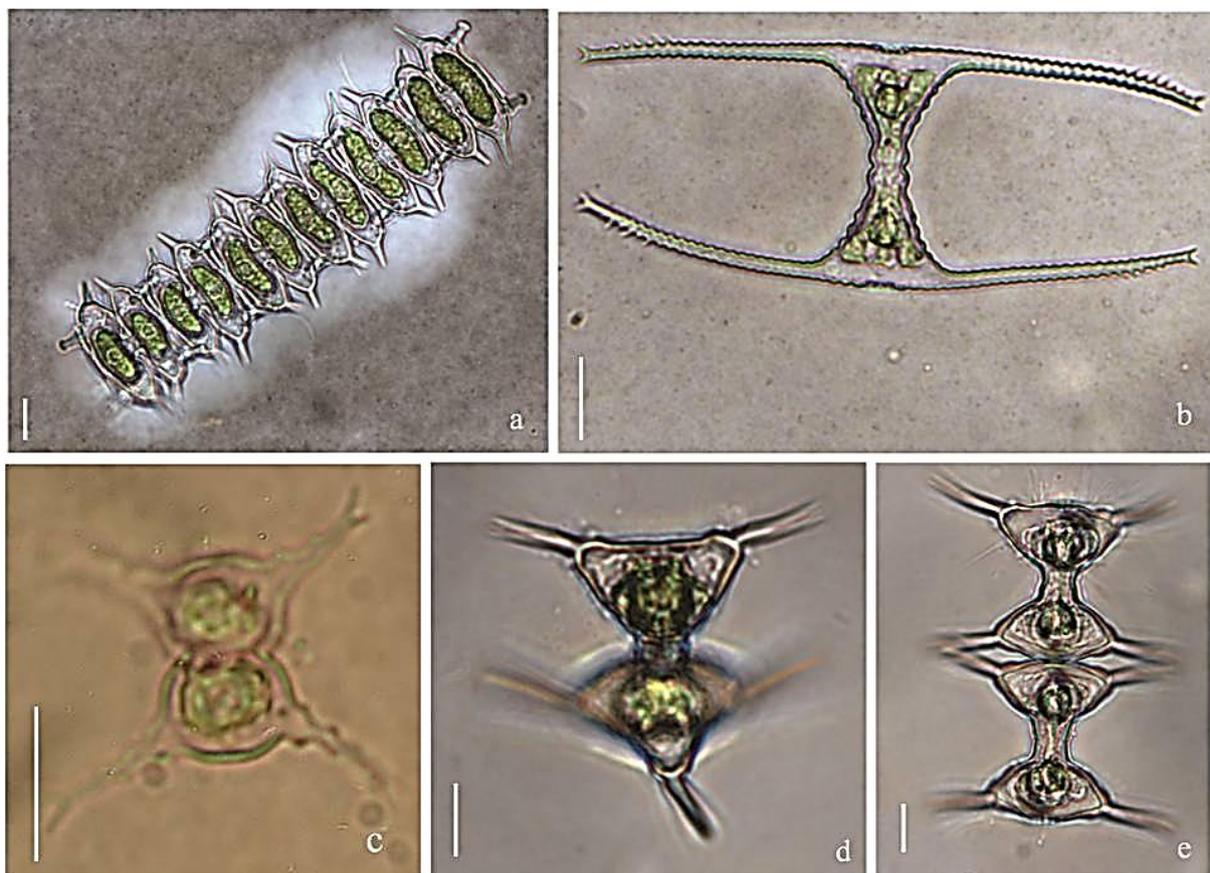


Figura 13. a-e. Espécies de Zynemaphyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Onychonema laeve*. b. *Staurastrum leptocladum*. c. *S. volans*. d-e. *Staurodesmus cuspidatus*. Barras de escala: 10 μ m.



Figura 14. a-b. Espécies de Zynemaphyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Gonatozygon pilosum*. b. *Spyrogyra* sp. Barras de escala: 10 μ m.

Euglenophyceae

Euglenales

Euglenaceae

Trachelomonas Ehrenberg, 1835.

Trachelomonas lacustris Drezepolski, China J. Sc. & Arts 217, pl. II: fig. 67, 1925.

Figura 15 a

Lorica alongada cylindrical, 16 μm comp., 7 μm diâm.; colarinho curto; parede acastanhada, finamente pontuada; cloroplastos; pirenoides, grãos, estigma e flagelo não observados.

Trachelomonas volvocinopsis Swirenko var. *volvocinopsis* Arch. Hydrobiol. Plankt., 9: 633, pl. 19, fig. 1-3. 1914.

Figura 15 b

Loricas esféricas, 20 μm diâm.; colarinho ausente; parede acastanhada avermelhada, lisa; vários cloroplastídios; pirenoides presentes; grãos de paramido não observados.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887).

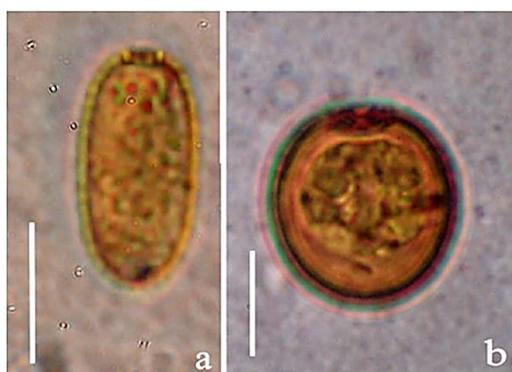


Figura 15. a-b. Espécies de *Trachelomonas* da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Trachelomonas lacustris*. b. *Trachelomonas volvocinopsis*. Barras de escala: 10 μm .

Cryptophyceae

Cryptomonadales

Cryptomonadaceae

Cryptomonas Ehrenberg, 1831.

Cryptomonas brasiliensis Castro, Bicudo & Bicudo, Hoehnea 18(1): 90, fig. 8-18. 1991.

Figura 16 a

Células em vista lateral subsigmóide, 12,4 µm compr., 8,1 µm diâm.; pólo anterior truncado; pólo posterior afilado; 2 cromatóforos laterais; pirenídes não observados.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 24-VIII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428882); idem, 28-IX-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428883); idem, 26-X-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428884); idem, 23-XI-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428885); idem, 14-XII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428886); idem, 25-I-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428887); idem, 28-II-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428889); idem, 25-IV-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428890); idem, 23-V-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428891); idem, 27-VI-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428892); idem, 18-VII-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428893); idem, 22-VIII-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428894); idem, 26-IX-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428895); idem, 24-X-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428898); idem, 23-I-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428899); idem, 20-II-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428900); idem, 20-III-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428901); idem, 24-IV-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428902); idem, 22-V-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428903); idem, 19-VI-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428904); idem, 17-VII-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428905).

Cryptomonas tetrapyrenoidosa Skuja, Symb. bot. Upsal. 9(3): 352. 1948.

Figura 16 b

Células oblongas em vista lateral, 15 µm diâm., 22 µm compr.; polo anterior truncado; polo posterior arredondado; 2 cromatóforos laterais, 2 pirenídes em cada cromatóforo.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 24-X-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428896); idem, 12-XII-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428898); idem, 19-VI-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428904); idem, 17-VII-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428905).

Rhodomonas Karsten, 1898.

Rhodomonas lacustris Pascher & Ruttner, in Pascher, Süßwasserfl. Deutschl. 2: 103. 1913.

Figura 16 c-e

Células em vista lateral subsigmóide, pólo anterior obliquamente truncado; pólo posterior afilado, voltado para a face ventral, 6,9-8,5 µm compr., 3,7-5,3 µm diâm.; 1 cromatóforo dorsal, 1 pirenoide; flagelos não observados.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 24-VIII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428882); idem, 28-IX-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428883); idem, 26-X-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428884); idem, 23-XI-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428885); idem, 14-XII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428886); idem, 25-I-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428887); idem, 28-II-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428889); idem, 25-IV-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428890); idem, 23-V-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428891); idem, 27-VI-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428892); idem, 18-VII-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428893); idem, 22-VIII-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428894); idem, 26-IX-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428895); idem, 24-X-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F. Rosini s.n. (SP428898); idem, 23-I-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428899); idem, 20-II-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428900); idem, 20-III-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428901); idem, 24-IV-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428902); idem, 22-V-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428903); idem, 19-VI-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428904); idem, 17-VII-2013, E.F. Rosini s.n. (SP428905).



Figura 16. a-e. Espécies de Cryptophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Cryptomonas brasiliensis*. b. *Cryptomonas tetrapyreneidosa*. c-e. *Rhodomonas lacustris*. Barras de escala: 10 µm.

Dinophyceae

Gonyaulacales

Ceratiaceae

Ceratium F.Schrank, 1793.

Ceratium furcoides (Levander) Langhans, Archiv für Protistenkunde 52: 597, fig. 225. 1925.

Figura 17 a-b

Células assimétricas e fortemente achatadas dorsiventralmente; epiteca terminando em uma longa projeção cônica; cingulo estreito; hipoteca dividida em três projeções, projeção central mais longa; 4 placas apicais formando a epiteca, das quais a quarta não atinge o ápice; placas ornamentadas com espículas finas; cloroplastos numerosos e ovais.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 18-VII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428893); idem, 22-VIII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428894); idem, 26-IX-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428895); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898); idem, 20-II-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428900); idem, 19-VI-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428904); idem, 17-VII-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428905).

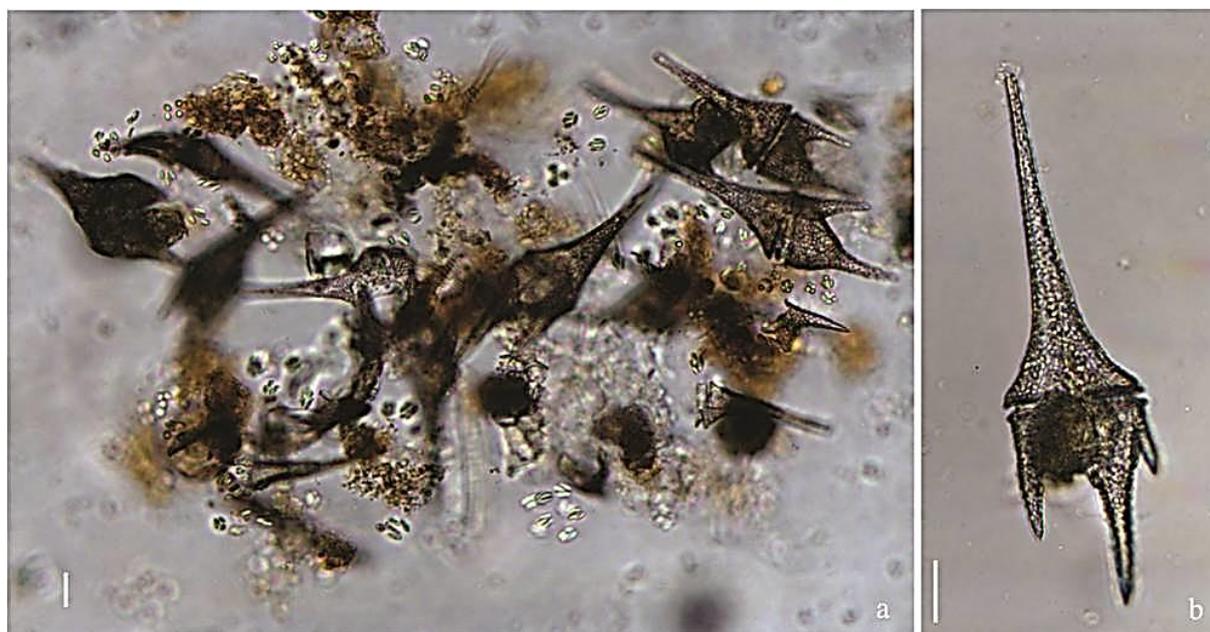


Figura 17. a-b. *Ceratium furcoides* da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-b. *Ceratium furcoides*. Barras de escala: 10 μ m.

Coscinodiscophyceae

Thalassiosirales

Stephanodiscaceae

Cyclotella Kutzing ex Brebisson, 1838.

Cyclotella atomus Hustedt, Archiv für Hydrobiologie, Supplement 15: 143, Pls. 9-12, figs. 1-4, 1937.

Figura 18 a-b

Valvas circulares 9,4-12,7 µm diâm; zona marginal ornamentada com estrias radiadas e curtas; um anel de fultopórtulas marginais conspícuas e uma fultopórtula próxima ao centro da valva; 8 estrias marginais radiadas em 10 µm; 3-4 fultopórtulas marginais em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 24-VIII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428882).

Cyclotella meneghiniana Kutzing, Bacillarien oder Diatomeen, p. 50, pl. 30, fig. 68, 1844.

Figura 18 c

Valvas circulares 22-24 µm diâm; zona marginal ornamentada com estrias radiadas, robustas triangulares; uma fultopórtula em uma das metades da área central; 7-8 estrias marginais radiadas em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 23-XI-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428885).

Dicostella Houk & Klee, 2004.

Discostella stelligera (Cleve e Grunow) Houk e Klee Diatom Research 19: 208, 2004.

Figura 18 d

Valvas circulares 12,1-14,6 µm diâm; área central ornamentada por um poro central, rodeado por estrias radiadas em forma de roseta; estrias marginais radiadas e curtas; 12-13 estrias marginais em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 24-VIII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428882); idem, 28-IX-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428883); idem, 26-X-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428884); idem, 23-XI-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428885); idem, 14-XII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428886); idem, 25-I-2012, E.F. Rosini

s.n. (SP428887); idem, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 25-IV-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428890); idem, 23-V-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428891); idem, 27-VI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428892); idem, 18-VII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428893); idem, 22-VIII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428894); idem, 26-IX-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428895); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 12-XII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428898); idem, 23-I-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428899); idem, 20-II-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428900); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901); idem, 24-IV-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428902); idem, 22-V-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428903); idem, 19-VI-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428904); idem, 17-VII-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428905).

Aulacoseirales

Aulacoseiraceae

Aulacoseira Thwaites, 1848.

Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen Bacillaria 2: 58, 1979.

Figura 18 e-f

Frustulas cilíndricas, unidas por um espinho de ligação longo e outro curto, formando cadeias filamentosas retilíneas, 22,7-47,7 µm compr., 7,2-11,4 µm diâm.; manto valvar contendo estrias paralelas ou levemente oblíquas em relação ao eixo longitudinal, 10-13 estrias em 10 µm; aréolas grosseira 10-13 aréolas por 10 µm.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 24-VIII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428882); idem, 27-VI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428892); idem, 18-VII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428893); idem, 22-VIII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428894).

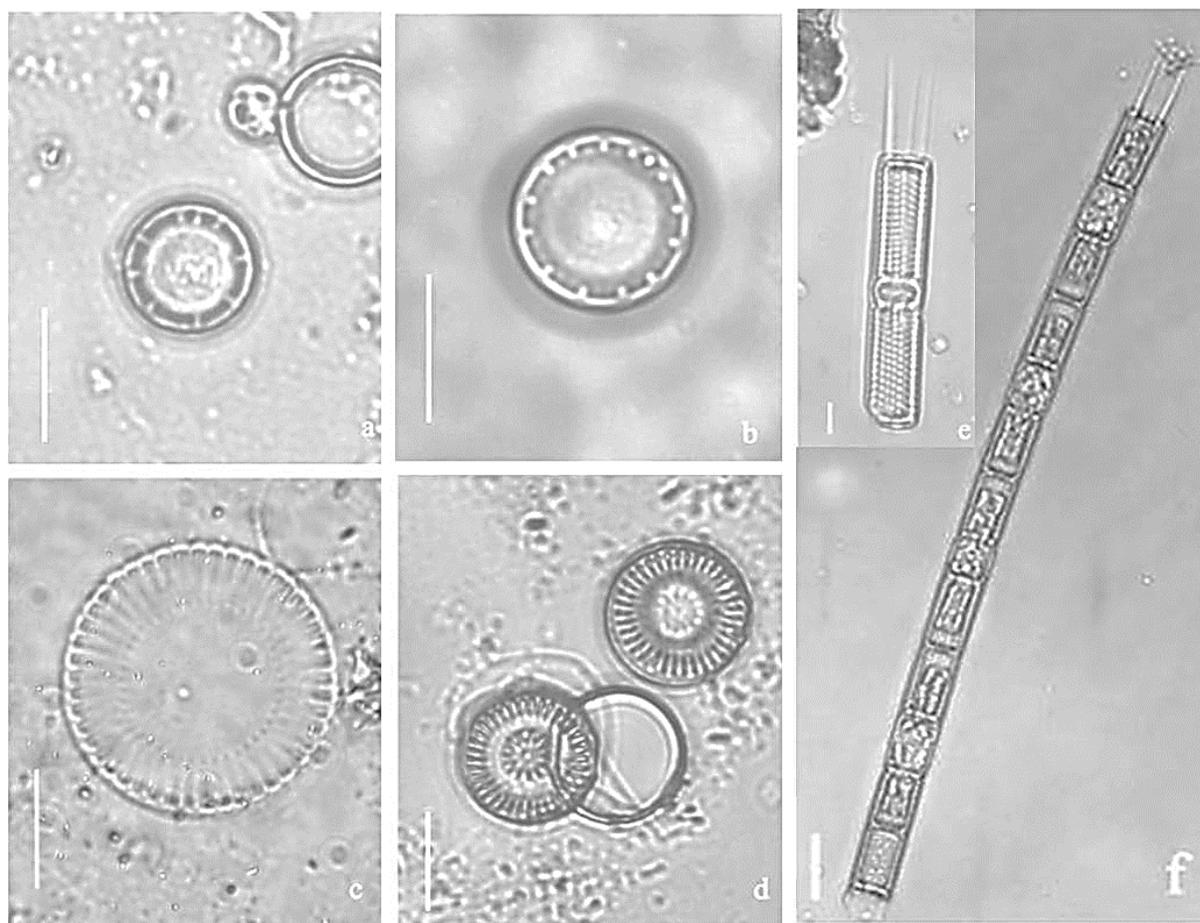


Figura 18. a-f. Espécies de Coscinodiscophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-b. *Cyclotella atomus*. c. *Cyclotella meneghniana*. d. *Dicostella stelligera*. e-f. *Aulacoseira granulata*. Barras de escala: 10 μm .

Fragilariophyceae**Fragilariales****Fragilariaceae**

Ulnaria (Kützing) Compere, 2001.

Ulnaria acus (Kützing) Aboal in Aboal, Alvarez Cobelas, Cambra & Ector p. 105, 2003.

Figuras 19 a-c

Valvas linear-lanceoladas 84,8-227,2 μm compr., 6,7-3,2 μm larg.; extremidades subcapitadas; área central retangular, mais comprida do que larga, presença de estrias fantasmas; 9-11 estrias em 10 μm .

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-II-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428888); idem, 22-VIII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428894).

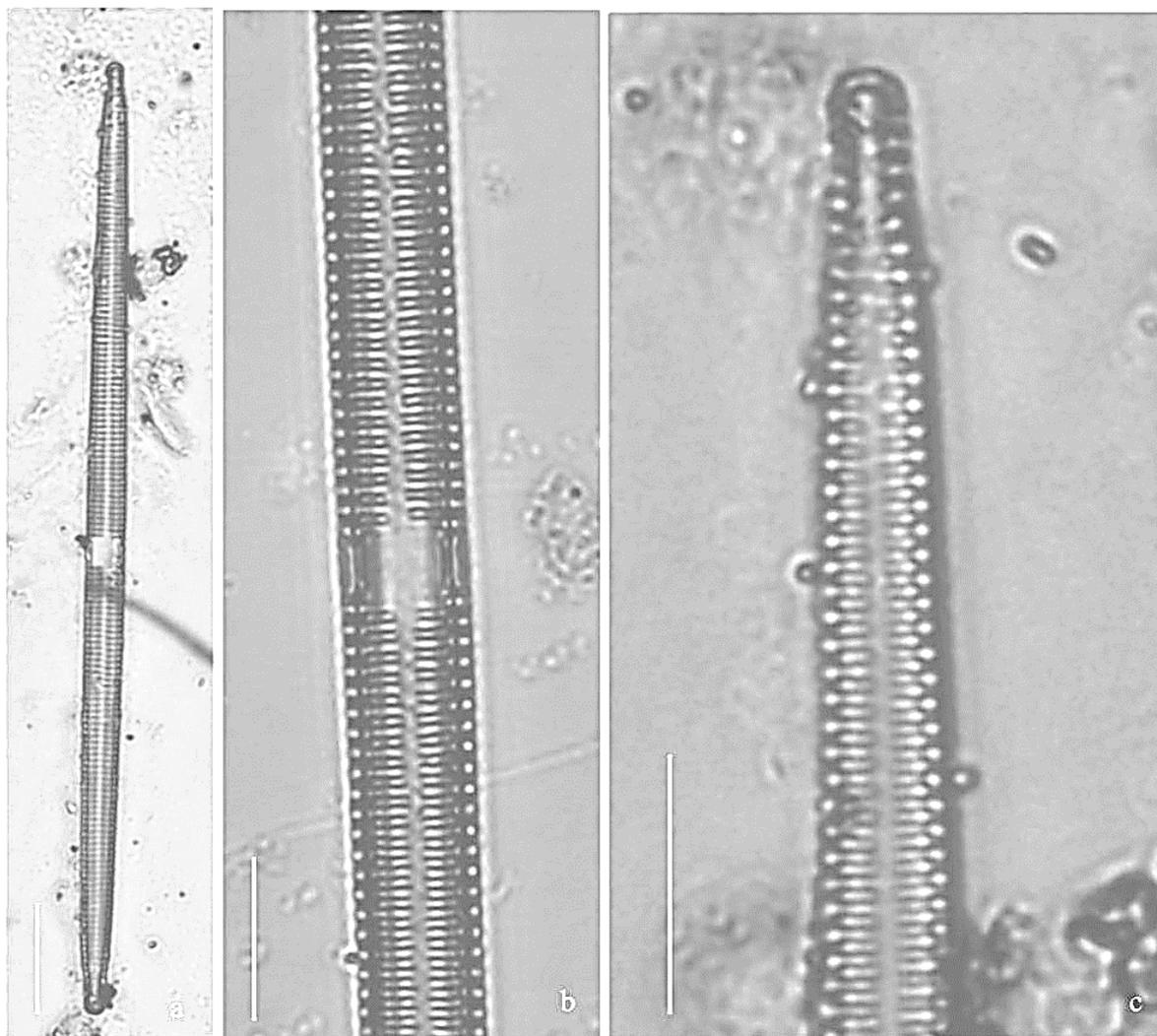


Figura 19. a-c. Espécies de Fragilariophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-c. *Ulnaria acus*. Barras de escala: 10 μm .

Bacillariophyceae

Cymbellales

Cymbellaceae

Cymbella Agardh, 1830.

Cymbella turgidula Grunow, Atlas Diatomaceen-Kunde, pl.9, fig.23-26, 1875.

Figura 20 a-b

Valvas assimétricas, dorsiventrais, lanceoladas, margem dorsal fortemente convexa, margem ventral levemente convexa, 36,9- 38,6 μm comp., 10,9 11,7 μm larg.; extremidades arredondadas; área axial estreita levemente curva, levemente alargada na região central; rafe levemente lateral, filiforme; estrias unisseriadas, pontuadas, radiadas em direção a extremidade; 10-11 estrias em 10 μm .

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887); idem, 20-II-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428900).

Eunotiales

Eunotiaceae

Eunotia Ehrenberg, 1837.

Eunotia minor (Kützing) Grunow In: Van Heurck, Synopsis des Diatomées de Belgique Atlas, pl. 33, fig. 20-21, 1881.

Figura 20 c-d

Valvas com margem dorsal convexa, margem ventral levemente côncava 19,2-63,1 μm comp., 4,5-5-8 μm larg.; extremidades rostrado-arredondadas, levemente fletidas para a margem ventral, destacadas do corpo valvar, mais estreitas que a largura mediana da valva; nódulos terminais nas extremidades; estrias paralelas em direção às extremidades; 13- 15 estrias em 10 μm .

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 24-VIII-2011, E.F. Rosini s.n. (SP428882); idem, 26-X-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428884); idem, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887); idem, 21-III-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428889); idem, 23-V-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428891); idem, 18-VII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428893); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 21-XI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428897); idem, 23-I-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428899); idem, 20-II-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428900); idem, 24-IV-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428902).

Gomphonemataceae

Gomphonema Ehrenberg, 1832.

Gomphonema pseudoaugur Lange-Bertalot Arch. Hydrobiol. v. 56, n.2, p. 213-214, fig. 11-16, 79, 80, 1979.

Figuras 20 e

Valvas claviformes, mais alargadas próximas à região mediana ou na metade superior; extremidade apical sub-rostrada a rostrada, extremidade basal arredondada; área axial linear; área central delimitada por uma estria curta; estigma presente na base da estria central alongada; rafe levemente ondulada; estrias paralelas a radiadas, 8-9 estrias em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 22-V-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428903); idem, 19-VI-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428904).

Gomphonema gracile Ehrenberg Infus., p. 27, pl. 8, fig. 3, 1838.

Figuras 20 f-g

Valvas levemente heteropolares, lanceoladas 54,5-73,1 µm comp., 9,8-14,0 µm larg.; ápices estreitamente atenuados arredondados; área central limitada pelo encurtamento de uma estria mediana; rafe filiforme; estrias paralelas a levemente radiadas; 8-10 estrias em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 26-X-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428884).

Gomphonema laticollum Reichardt, in Lange-Bertalot. Studies on Diatoms. pl. 5, fig. 1-14. 2001

Figura 20 h

Valvas claviformes 39,0-43,7 µm compr., 11,5-12,6 µm larg.; extremidade apical e basal arredondada; área axial linear; área central limitada pelo encurtamento de estrias; estigma presente na base da estria mediana alongada; rafe filiforme; estrias convergentes a radiadas, 10-11 estrias em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 25-I-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428887); idem, 20-III-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428901).

Naviculales

Amphipleuraceae

Amphipleura Kützing, 1844.

Amphipleura lindheimeri Grunow Verh. Zôo. Bot. Ges. Wein, v.12, p.469, pl.13, fig.11 a-b, 1862.

Figura 21 a-b

Valvas rômbico-lanceoladas; ápices arredondados 180,0-196,5 μm comp., 19,1-23,2 μm larg.; estrias incospícuas.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 22-V-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428903); idem, 19-VI-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428904).

Pinnulariaceae

Pinnularia Ehrenberg, 1843.

Pinnularia acrosphaeria Smith British, Diat., v. 1, p. 58, pl. 19, fig. 183, 1853.

Figuras 21 c-e

Valvas lineares, intumescidas na região mediana 93,9 μm comp., 13,6 μm larg.; extremidades arredondadas; área axial linear, com granulações; área central levemente mais expandida para um dos lados da valva; rafe complexa; estrias paralelas a radiadas em direção às extremidades, 12-15 estrias em 10 μm .

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 22-V-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428903); idem, 19-VI-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428904).

Surirellales

Surirellaceae

Surirella Turpin,

Surirella linearis Smith var. *constricta* Grunow, Verh. Ges. Wien, v. 12, p. 455, 1862.

Figuras 22 a

Valvas isopolares, linear-lanceoladas, constrictas na região mediana 92,9-115,3 μm comp., 12,7-13,4 μm larg.; extremidades atenuado-arredondadas; externo linear não alcançando as

extremidades; projeções aliformes paralelas a radiadas em direção às extremidades, 2 – 3 projeções aliformes em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 28-IX-2011, E.F.Rosini s.n. (SP428883); idem, 27-VI-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428892); idem, 22-VIII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428894); idem, 24-X-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428896); idem, 24-IV-2013, E.F.Rosini s.n. (SP428902).

Surirella guatimalensis Ehrenberg, Mikrogeol., pl. 33, fig. 7, 1854.

Figura 22 b

Valvas heteropolares, ovadas 150,0-160,0 µm comp., 55,4-69,5 µm larg.; extremidades arredondadas; esterno linear, estreito; projeções aliformes paralelas a radiadas próximas às extremidades, 3 projeções aliformes em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Reservatório de Ilha Solteira, Parque Aquícola Ponte Pensa, 18-VII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428893); idem, 22-VIII-2012, E.F.Rosini s.n. (SP428894).

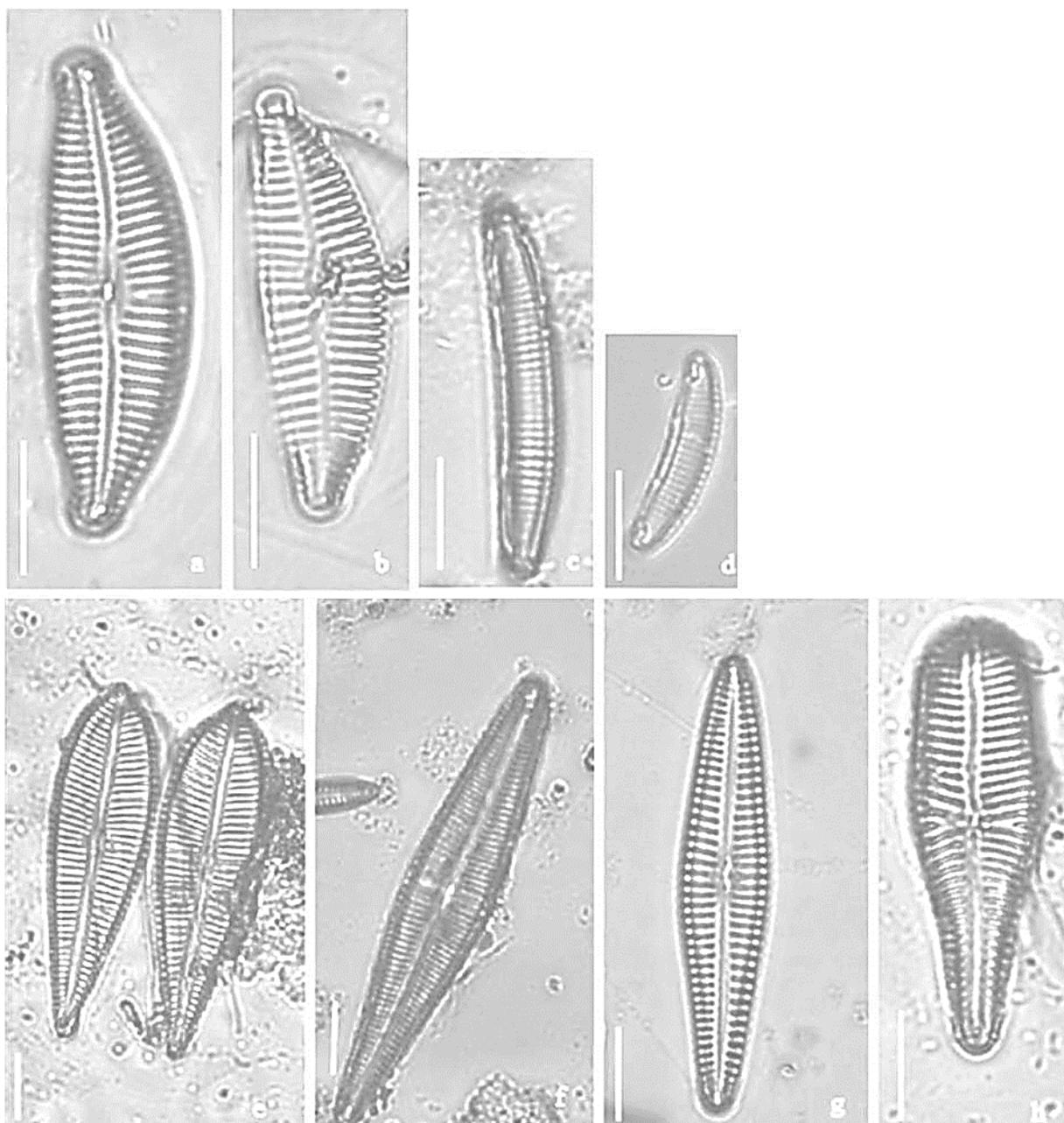


Figura 20. a-h. Espécies de Bacillariophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a-b. *Cymbella turgidula*. c-d. *Eunotia minor*. e. *Gomphonema augur*. f-g. *G. gracile*. h. *G. laticollum*. Barras de escala: 10 μ m.

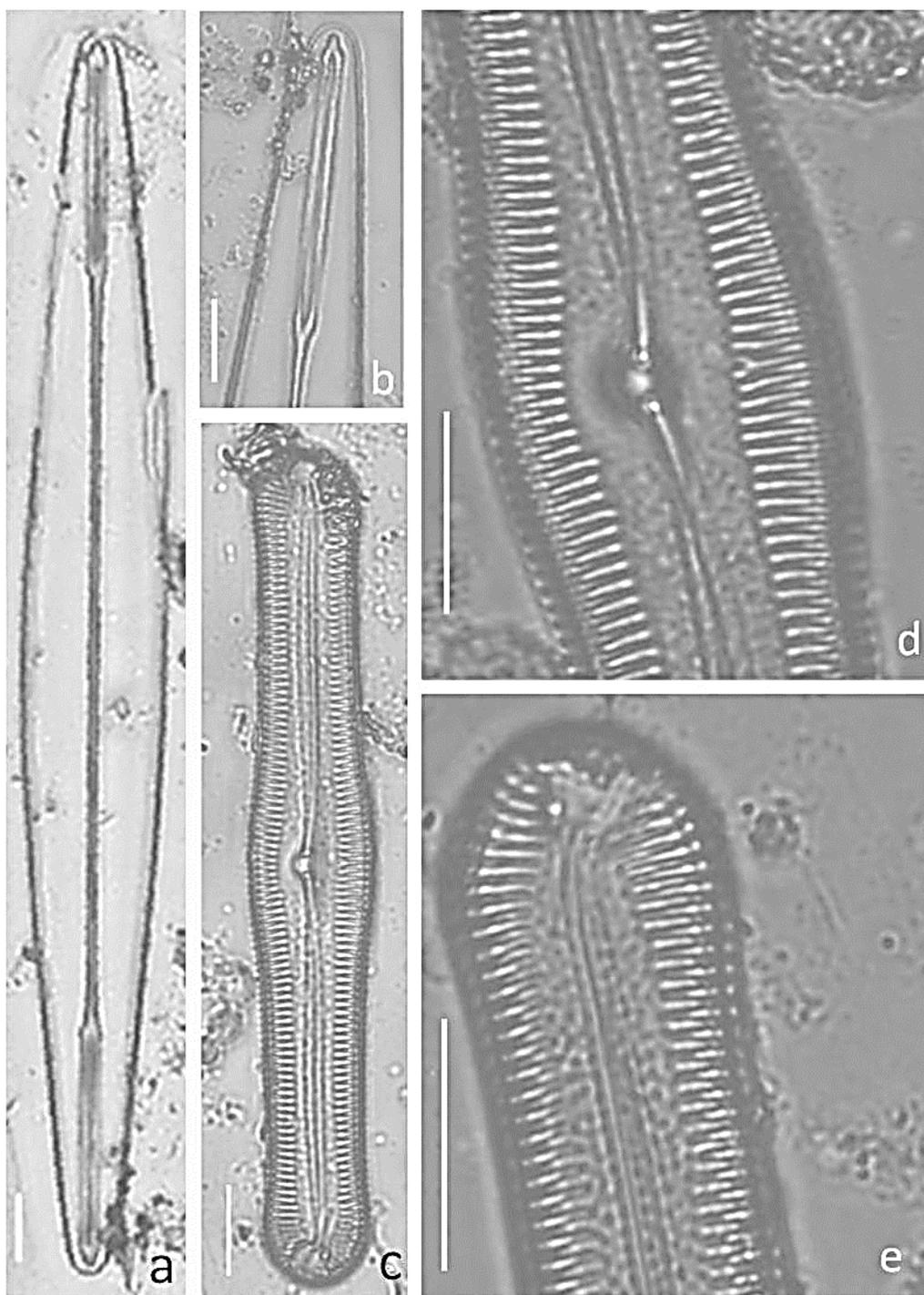


Figura 21. a-e. Espécies de Bacillariophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a.b. *Amphipleura lindheimeri* c-e. *Pinnularia acrosphaeria*. Barras de escala: 10 μm .

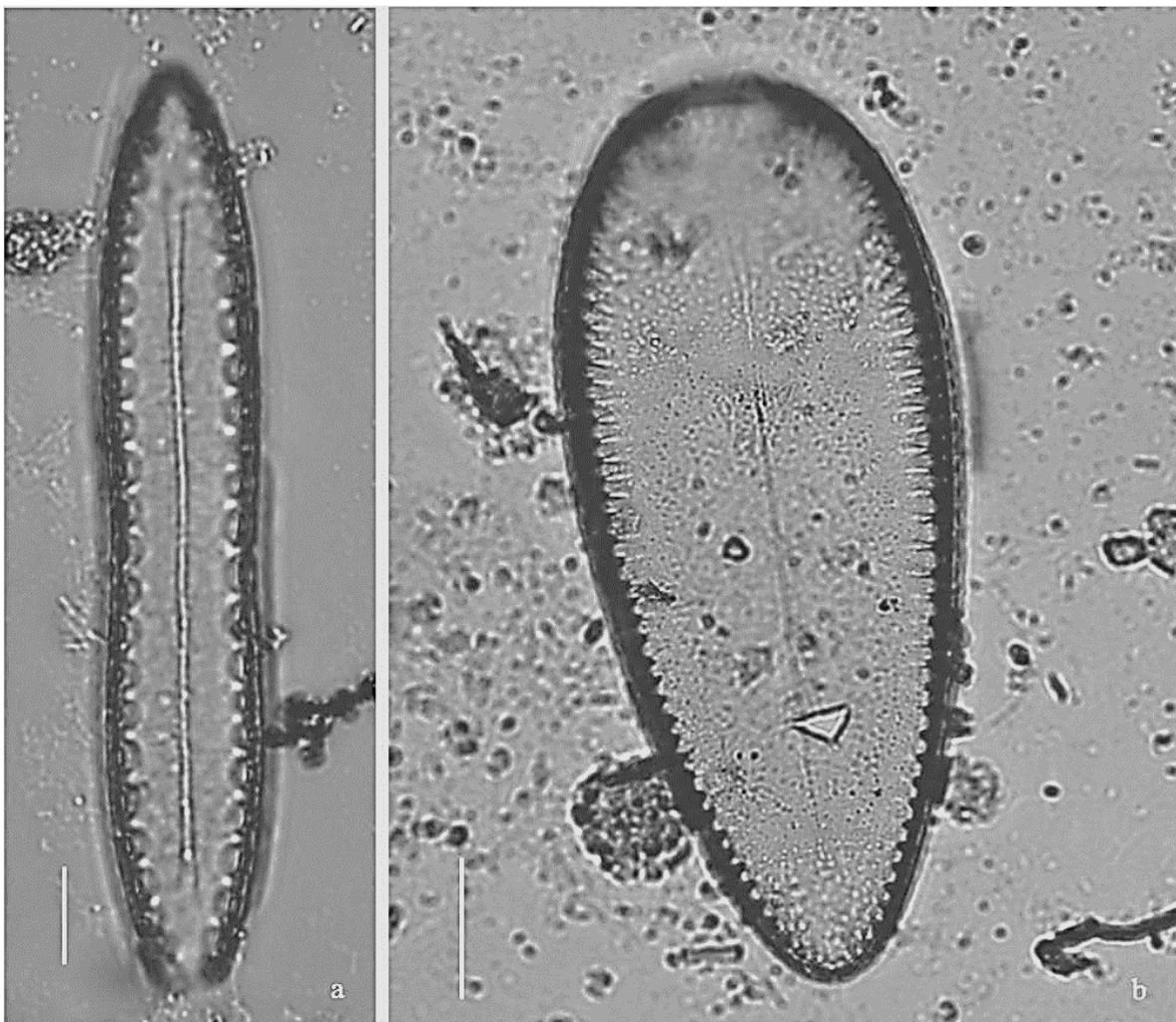


Figura 22. a-b. Espécies de Bacillariophyceae da área da piscicultura Geneseas, no parque aquícola Ponte Pensa, reservatório de Ilha Solteira. a. *Surirella linearis*. b. *Surirella guatemalensis*. Barras de escala: 10 μm .

Todos os táxons identificados são primeira citação para o reservatório de Ilha Solteira. Isto se deve a ausência de trabalhos taxonômicos e ecológicos para a flora fitoplanctônica deste ambiente.

Considerações finais

A partir do estudo taxonômico, foi possível constatar elevada riqueza de táxons nas amostras estudadas; Chlorophyceae foi a classe que apresentou maior riqueza específica (81 táxons), seguida por Cyanobacteria (40 táxons), Bacillariophyceae (26 táxons), Zygnemaphyceae (23 táxons), Cryptophyceae (22 táxons), Chlamydoephyceae (10 táxons), Prasinophyceae (8 táxons), Coscinodiscophyceae (5 táxons), Euglenophyceae e Dinophyceae (4 táxons cada), Fragilariophyceae e Crysophyceae (3 táxons cada), Xantophyceae (2 táxons).

Dentre os táxons identificados destacam-se:

- *Dolichospemum circinalis* e *Microcystis aeruginosa* (cianobactérias) pela importância ecológica, uma vez que são espécies capazes de desenvolverem florações tóxicas, amplamente citadas na literatura.
- *Ceratium furcoides* (dinoflagelado), que vem sendo considerado espécie invasora, com registros de ocorrência em vários reservatórios em São Paulo, Minas Gerais e outros estados, que, ao se estabelecer no reservatório, pode se transformar em um risco ecológico, com eventos de florações associadas à mortandade de peixes.
- *Anathece sp.* e *Anabaenopsis cf. elenkini* pela necessidade de estudos complementares para identificação definitiva.
- *Coelastrum sp.* (clorofíceo): provável espécie nova, se diferencia das demais espécies de *Coelastrum* pela presença de processos mucilaginosos ramificados, característica ainda não descrita para nenhuma espécie do gênero.

O Estado de São Paulo é o mais bem estudado em relação à comunidade fitoplanctônica, no entanto, para o reservatório de Ilha Solteira, que tem sido amplamente utilizado para a atividade de piscicultura em tanques-rede, atividade esta potencialmente causadora de impacto ambiental, não foi encontrado registro de estudo taxonômico da comunidade fitoplanctônica. Nesse sentido, ressalta-se a importância da continuidade do estudo taxonômico neste sistema, uma vez que a taxonomia é a base para estudos ecológicos e as estratégias para a conservação e conhecimento da biodiversidade são baseadas principalmente em composição florística e na riqueza de espécies. Além disso, o estudo taxonômico nesse ambiente pode revelar novas ocorrências para o Estado de São Paulo, bem como, novos táxons para a ciência.

Literatura citada

- Alves, F.R.R., Gama Junior, W.A. & Nogueira, I.S.** 2014. Planktonic Radilococcaceae Fott ex Komárek of the Tigres Lake system, Britânia, Goiás State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 37: 519-530.
- An, S.S., Friedel, T. & Hegewald E.** 1999. Phylogenetic relationships of Scenedesmus and Scenedesmus-like coccoid green algae as inferred from ITS-2 rDNA sequence comparisons. *Plantbiology* 1: 418-428.
- Ballot, A., Dadheech, P.K., Haande, S. & Krienitz, L.** 2008. Morphological and Phylogenetic Analysis of *Anabaenopsis abijatae* and *Anabaenopsis elenkinii* (Nostocales, Cyanobacteria) from Tropical Inland Water Bodies. *Microbial Ecology* 55: 608-618.
- Bartozek, E.C.R., Bueno, N.C. & Rodrigues, L.C.** 2014. Influence of fish farming in net cages on phytoplankton structure: a case study in a subtropical Brazilian reservoir. *Brazilian Journal of Biology* 70: 145-155.
- Becker, V., Huszar, V.L.M. & Crossetti, L.O.** 2009. Responses of phytoplankton functional groups to the mixing regime in a deep subtropical reservoir. *Hydrobiologia* 628: 137-151.
- Bicudo, C.E.M. & Sormus, L.** 1982. Desmidióflora Paulista 2: gênero *Micrasterias* C. Agardh ex Ralfs. *Bibliotheca Phycologica* 57: 1-230.
- Bicudo, D.C., Ferragut, C., Crossetti, L.O. & Bicudo, C.E.M.** 2005. Efeito do Represamento sobre a Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica do Reservatório de Rosana, Baixo Rio Paranapanema, Estado de São Paulo. *In: M.G. Nogueira, R. Henry & A. Jorcin (eds), Ecologia de Reservatórios: Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata.* Rima, São Carlos, pp. 349-377.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M.** 2006. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. 2 ed. Rima, São Carlos.

- Bouvy, M., Falcão, D., Marinho, M., Pagano, M. & Moura, A.** 2000. Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. *Aquatic Microbial Ecology* 23: 13-27.
- Brasil, J. & Huszar, V. L.** 2011. The role of the functional traits on the phytoplankton ecology in inlandwaters. *Oecologia Australis* 15: 799-834.
- Buchheim, M., Buchheim, J., Carlston, T., Braband, A., Hepperle, D., Krienitz, L. Hegewald, E. & Wolf, M.** 2005. Phylogeny of the Hydrodictyaceae (Chlorophyceae): Inferences From rDNA Data. *Journal Phycology* 41: 1039-1054.
- Calijuri, M.C. & Santos, A.C.A.** 1996. Short term changes in the Barra Bonita reservoir (São Paulo, Brazil): emphasis on the phytoplankton communities. *Hydrobiologia* 330: 163-175.
- Carvalho, M.C.** 2003. Comunidade fitoplanctônica como instrumento de biomonitoramento de reservatórios no Estado de São Paulo. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Castro, A.A.J., Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C.** 1991. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. *Algas 2: Cryptophyceae*. *Hoehnea* 18: 87-106.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.** 2013. Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo. São Paulo.
- Comas, A.G.** 1996. Las Chlorococcales dulciacuicolas de Cuba. *In: L.K. Hamburg & S. Giessen* (Eds.). *Bibliotheca Phycologica*. Stuttgart, Gustav Fisher Verlag.
- Cunha, D.G.F., Grull, D., Damato, M., Blum, J.R.C., Lutti, J.E.I., Eiger, S. & Mancuso, P.C.S.** 2011. Trophic state evolution in a subtropical reservoir over 34 years in response to different management procedures. *Water Science & Technology* 64: 2338-2344.
- Delazari-Barroso, A., Sant'Anna, C.L. & Senna, P.A.C.** 2007. Phytoplankton from Duas Bocas Reservoir (except diatoms). *Hoehnea* 34: 211-229.
- Dellamano-Oliveira, M.J., Vieira, A.H., Rocha, O., Colombo, V. & Sant'Anna, C.L.** 2008. Phytoplankton taxonomic composition and temporal changes in a tropical reservoir. *Archiv für Hydrobiologie* 171: 27-38.
- Falco, P.B. & Calijuri, M.C.** 2002. Longitudinal phytoplanktonic community distribution in a tropical reservoir (Americana, São Paulo, Brasil). *Acta Limnologica Brasiliensia* 14: 27-37.
- Faustino, S.M.M.** 2006. O genero *Staurastrum* (Zygnemaphyceae) no estado de Sao Paulo: levantamento florístico. Tese de Doutorado. Universidade de Sao Paulo, Ribeirao Preto.
- Ferragut, C, Lopes, M.R.M., Bicudo, D.C., Bicudo, C.E.M. & Vercellino, I.S.** 2005. Ficoflórula perifítica e planctônica (exceto Bacillariophyceae) de um reservatório oligotrófico raso (Lago do IAG, São Paulo). *Hoehnea* 32: 137-184.

- Figueredo, C.C & Giani, A.** 2001. Seasonal variation in the diversity and species richness of phytoplankton in a tropical eutrophic reservoir. *Hydrobiologia* 445: 165-174.
- Gemelgo, M.C.P., Mucci, J.L.N. & Navas-Pereira, D.** 2009. Population dynamics: seasonal variation of phytoplankton functional groups in Brazilian reservoirs (Billings and Guarapiranga, São Paulo). *Brazilian Journal of Biology* 69: 1001-1013.
- Giani, A. Figueredo, C.C. & Eterovick, P.C.** 1999. Algas planctônicas do reservatório da Pampulha (MG): Euglenophyta, Chrysophyta, Pyrrophyta, Cyanobacteria. *Revista brasileira de Botânica* 22: 107-116.
- Hegewald, E.** 1997. Taxonomy and phylogeny of *Scenedesmus*. *Algae (Korean Journal of Phycology)*12: 235-246.
- Hegewald, E.** 2000. New combinations in the genus *Desmodesmus* (Chlorophyceae, Scenedesmaceae). *Algological Studies* 96: 1-18.
- Henry, R. & Ferreira, R.A.R.** 2014. Variações de curto prazo na estrutura da comunidade fitoplanctônica na zona lacustre da represa de Jurumirim. *In: Represa de Jurumirim: ecologia, modelagem, e aspectos sociais.* R. Henry. Holos, Ribeirão Preto, pp. 113-125.
- Hoek, C. van, Mann, D.G. & Jahns, H.M.** 1995. *Algae. An introduction to phycology.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Hoffmann, L., Komárek, J. & Kastovský, J.** 2005. System of cyanoprokaryotes (cyanobacteria) –state in 2004. *Algological Studies* 117: 95-115.
- Hüber-Pestalozzi, G.** 1955. Das phytoplankton des Süßwassers: systematik und biologie: Euglenaceen. *E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung*, 16(4): 605p.
- Huber-Pestalozzi, G.** 1961. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Volvocales. *In: Das Phytoplankton des Süßwassers. Teil 5.* (A. Thienemann, ed.). E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Huszar, V.L.M., Silva, L.H.S., Marinho, M.M., Domingos, P. & Sant'Anna, C.L.** 2000. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *In: C.S. Reynolds, M. Dokulil & J. Padisak (eds.). The Trophic Spectrum Revisited: The Influence of Trophic State on the Assembly of Phytoplankton Communities* Kluwer. Academic Publishers, Dordrecht, pp.67-77.
- Komárek, J. & Fott, B.** 1983. Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung: Chlorococcales. *In: Huber Pestalozzi, G., Heynig, H. & Mollenhauer, D.(eds) des Süßwassersflora Band (1).* Gustav Fischer, Jena, 1044 p.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K.** 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes. *Nostocales* 4. *Algological Studies* 56: 247-345.

- Komárek, J. & Anagnostidis, K.** 1999. Cyanoprokaryota. 1. Teil Chroococcales. *In*: H. Ettl, G. Gärtner, H. Heying & D. Möllenhauer (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa 19. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, pp. 1-548.
- Komarék J.** 2005. Phenotypic diversity of the heterocytous cyanoprokaryotic genus *Anabaenopsis*. *Czech Phycology Olomouc* 5:1-35.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K.** 2005. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales. *In*: B. Büdel, L. Krienitz, G. Gärtner & M. Schagerl (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa 19. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, München, pp. 1-759.
- Komárek, J., Kaštovský J. & Jezberová, J.** 2011. Phylogenetic and taxonomic delimitation of the cyanobacterial genus *Aphanothece* and description of *Anathece* gen. nov. *European Journal of Phycology* 46: 315-326.
- Komárkova-Legnerová, J. & Cronberg, G.** 1994. Planktic blue-green algae from lakes in South Scania, Sweden. Part I. Chroococcales. *Algological Studies* 72: 13-51.
- Kostikov, I., Darienko, T., Lukesova, A. & Hoffmann, L.** (2002). Revision of the classification system of Radiococcaceae Fott ex Komárek (except the subfamily Dictyochlorelloideae) (Chlorophyta). *Algological Studies* 104: 23-58.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H.** 1988. Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. *In*: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa 2, parte 2. G. Fischer, Stuttgart & Jena, pp. 1-596.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H.** 1991. Bacillariophyceae: Centralles, Fragilariaceae, Eunotiaceae. *In*: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa 2, parte 3. G. Fischer, Stuttgart & Jena, pp. 1-576.
- Lange-Bertalot, H. & Metzeltin D.** 1996. Indicators of Oligotrophy. *Iconographia Diatomologica* 2.
- Lima, D.** 2004. Análise da composição, abundância e distribuição da comunidade fitoplanctônica em reservatórios do sistema em cascata do médio e baixo rio tietê (SP). Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Lins, R.P.M.** 2011. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica em um reservatório eutrófico do trópico semiárido brasileiro. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- Margalef, R.** 1983. *Limnologia*. Editora Omega, Barcelona.
- Menezes, M.** 1994. Fitoflagelados pigmentados de quatro corpos d'água da região sul do município do Rio de Janeiro, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Molica, R.J.R., Oliveira, E. J. A., Carvalho, P.V.V.C., Costa, A. N.S.F., Cunha, M. C. C., Melo, G.L & Azevedo, S.M.F.O.** 2005. Occurrence of saxitoxin sandanana toxin-a(s)-like anticholinesterase in a Brazilian drinking waters supply. *Harmful Algae* 4: 743-753.
- Nogueira, I.S.** 1991. Chlorococcales *sensu lato* (Chlorophyceae) do município do Rio de Janeiro e arredores, Brasil: inventario e considerações taxonômicas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Nogueira, I.S.** 1999. Estrutura e dinamica da comunidade fitoplanctonica da Represa Samambaia, Goias, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de Sao Paulo. Sao Paulo.
- Picelli-Vicentim, M.M., Treuersch, M. & Domingues L.L.** 2001. Fitoplâncton da represa do Passaúna, Estado do Paraná, Brasil. *Hoehnea*: 28: 53-76.
- Popovský, J. & Pfiester, L.A.** 1990. Dinophyceae (Dinoflagellida). *In*: H. Ettl, J. Gerloff & H. Heynig (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 6. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, pp. 1-272.
- Prescott, G.W., Croasdale, H.T. & Vinyard, W.C.** 1977. A Synopsis of North American. Part II. Desmidiaceae: Placodermae, Section 2. University of Nebraska Press, Lincoln.
- Prescott, G.W., Croasdale, H.T., Vinyard, W.C. & Bicudo, C.E.M.** 1981. A Synopsis of North American. Part II. Desmidiaceae: Placodermae, Section 3. University of Nebraska Press, Lincoln.
- Prescott, G.W., Bicudo, C.E.M. & Vinyard, W.C.** 1982. A Synopsis of North American Desmids. Part II. Desmidiaceae: Placodermae, Section 4. University of Nebraska Press, Lincoln.
- Rangel, L.M., Silva, L.H.S., Rosa, P., Roland, F. & Huszar, V.L.** 2012. Phytoplankton biomass is mainly controlled by hydrology and phosphorus concentrations in tropical Hydroelectric reservoirs. *Hydrobiologia* 693: 13-28.
- Reynolds, C.S.** 1988. Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. *In*: C.D. Sandgren (ed.). Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton. Cambridge University Press, New York, pp. 388-433.
- Rodrigues, L.L., Sant'Anna, C.L. & Tucci, A.** 2010. Chlorophyceae das represas Billings (Braço Taquacetuba) e Guarapiranga, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 33: 247-264.
- Rosini, E.F., Sant'Anna, C.L. & Tucci, A.** 2013. Cyanobacteria de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo, Brasil. *Rodriguésia* 64: 399-417.
- Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G.** 1990. The diatoms – Biology and Morphology of the Genera. Cambridge University Press. Cambridge.

- Sant'Anna, C.L., Xavier, M.B. & Sormus, L.** 1986. Estudo qualitativo do fitoplâncton da represa de Serraria, Estado São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia* 48: 83-102.
- Sant'Anna, C.L., Azevedo, M.T.P. & Sormus, L.** 1989. Fitoplâncton do Lago das Garças, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil: Estudo Taxonômico e Aspectos Ecológicos. *Hoehnea* 16: 89-131.
- Sant'Anna, C.L., Azevedo, M.T.P., Senna, P.A.C., Komárek, J. & Komárková, J.** 2004. Planktic Cyanobacteria from São Paulo State, Brazil: Chroococcales. *Revista Brasileira de Botânica* 27: 213-227.
- Sant'Anna, C.L., Melcher, S.S., Carvalho, M.C., Gemelgo, M.P. & Azevedo, M.T.P.** 2007. Planktic Cyanobacteria from upper Tiete basin reservoirs, SP, Brazil. *Revista Brasileira Botânica* 30: 1-15.
- Sant'Anna, C.L., Tucci, A., Azevedo, M.T.P., Melcher, S.S., Werner, V.R., Malone, C.F.S., Rossini, E.F., Jacinavicius, F.R., Hentschke, G.S., Osti, J.A.S., Santos, K.R.S., Gama Junior, W.A., Rosal, C., Adame, G.** 2012. Atlas de Cianobactérias e Microalgas de águas continentais Brasileiras. Instituto de Botânica de São Paulo. (Publicação On-Line). Disponível em: http://botanica.sp.gov.br/files/2013/09/virtuais_3atlas.pdf (acesso em maio de 2014).
- Senna, P.A.C. & Magrin, A.G.E.** 1999. A importância da “boa” identificação dos organismos fitoplanctônicos para os estudos ecológicos. *In: M.L.M. Pompêo (ed.) Perspectiva da Limnologia no Brasil.* Gráfica e Editora União, São Luís, pp. 131-146.
- Silva, C.A., Train, S. & Rodrigues, L.C.** 2005. Phytoplankton assemblages in a Brazilian subtropical cascading reservoir system. *Hydrobiologia* 537: 99-109.
- Simonsen, R.** 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean expedition of R/V “Meteor”, 1964-1965. *Meteor. Forschungsergebnisse Reihe D-Biologie* 19: 1-66.
- Starmach, K.** 1983. Euglenophyta. *In: K. Starmach. Flora Slodkowodna Polski.* 3. Warszawa, Polska Academia Nauk.
- Tell, G. & Confort, V.** 1986. Euglenophyta pigmentadas de la Argentina. *Bibliotheca Phycologica* 75.
- Tucci, A., Sant'Anna, C.L. Gentil, R.C. & Azevedo, M.T.P.** 2006. Fitoplâncton do Lago das Garças, São Paulo, Brasil: um reservatório urbano eutrófico. *Hoehnea* 33: 147-175.
- Tundisi, J.G. Matsumura-Tundisi, T. & Abe, D.S.** 2008. The ecological dynamics of Barra Bonita (Tietê River, SP, Brazil reservoir: implications for its biodiversity. *Brazilian Journal Biology* 1079: 1098-2008.

- Wacklin, P., Hoffmann, L. & Komáreck, J.** 2009. Nomenclatural validation of the genetically revised cyanobacterial genus *Dolichospermum* (Ralfs ex Bornet et Flahault) comb. Nova. *Fottea* 9: 59-64.
- Xavier, M.B.** 1996. Fitoplâncton do Rio Grande, represa Billings, São Paulo, Brasil: Estudo taxonômico (1985-1986). *Iheringia* 47: 103-122.

Conclusão Geral

- As atividades relacionadas ao sistema de tilapicultura em tanques-rede do empreendimento Geneseas Aquacultura, localizado no parque aquícola Ponte Pensa, no reservatório de Ilha Solteira, em Santa Fé do Sul, SP, provocou alterações temporais nas variáveis físicas e químicas da água e na estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica, como previsto na hipótese deste trabalho sem, no entanto, comprometer as condições e padrões de qualidade da água conforme resolução CONAMA 357/2005, bem como sem reduzir a riqueza de espécies ao longo do tempo.
- Alterações pontuais nas concentrações de oxigênio dissolvido e nas concentrações de fósforo total foram detectadas na estação 2, local de criação dos peixes, onde registrou-se valores inferiores 4 mg L^{-1} para o oxigênio dissolvido e superiores a $50 \text{ } \mu\text{m L}^{-1}$ para o fósforo total, fora do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005.
- Após um ano da instalação dos tanques-rede (janeiro a julho de 2013) foi registrado aumento acentuado na concentração do íon amônio, provavelmente, devido ao aumento das fezes e excretas dos peixes e do resto de ração não ingerida, cujo fornecimento aumentou significativamente neste mesmo período.
- O aumento das concentrações do íon amônio (forma preferencialmente assimilável pelo fitoplâncton), ao final do período de estudo (maio, junho e julho de 2013), provavelmente promoveu a alteração da estrutura da comunidade fitoplanctônica, com os maiores biovolumes de *Microcystis aeruginosa* e *Dolichospermum circinalis* documentados.
- As semelhanças físicas, químicas e biológicas entre as três estações de amostragem podem ser explicadas pelas características morfométricas e hidrodinâmicas da área do Parque aquícola Ponte Pensa, tais como: profundidade média (10,4 m), vazão ($172 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), tempo de residência curto (21,6 dias) e a distância entre os pontos (aproximadamente 650 m).
- Em relação ao conhecimento taxonômico do fitoplâncton, registrou-se elevada riqueza de táxons nas amostras; Chlorophyceae e Cyanobacteria foram as classes que apresentaram maior riqueza específica. Todas as espécies registradas constituem primeira citação para o ambiente. Apesar de todo conhecimento taxonômico sobre algas e cianobactérias no Estado de São Paulo, duas espécies, *Coelastrum* sp. e *Anathece* sp., provavelmente, representam novos táxons para a ciência.