

DARAH DANIELLE PONTES

**Avaliação da estrutura da comunidade fitoplanctônica do  
reservatório de Biritiba Mirim, Sistema Alto Tietê, SP**

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Ambientais, da Secretaria de Infraestrutura, Meio Ambiente e Logística do Estado de São Paulo como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Vasculares e Fungos em Análises Ambientais.

**SÃO PAULO**

**2022**

DARAH DANIELLE PONTES

**Avaliação da estrutura da comunidade fitoplanctônica do  
reservatório de Biritiba Mirim, Sistema Alto Tietê, SP**

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Ambientais, da Secretaria de Infraestrutura, Meio Ambiente e Logística do Estado de São Paulo como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Avasculares e Fungos em Análises Ambientais.

ORIENTADORA: DRA. ANDRÉA TUCCI

Ficha Catalográfica elaborada pelo **NÚCLEO DE BIBLIOTECAS E MAPOTECAS**

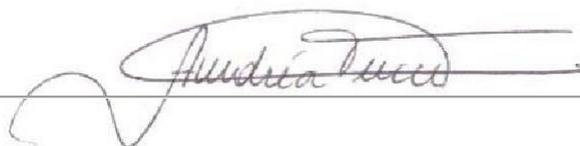
P813a Pontes, Darah Danielle  
Avaliação da estrutura da Comunidade Fitoplanctônica do Reservatório Biritiba Mirim, Sistema Alto Tietê, SP / Darah Danielle Pontes - - São Paulo, 2022.  
159p. ; il.

Dissertação (Mestrado) -- Instituto de Pesquisas Ambientais da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, 2022.  
Bibliografia.

1. Monitoramento ambiental. 2. Uso do solo. 3. Heterogeneidade ambiental.  
I. Título

CDU: 582.26

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Andréa Tucci (Presidente)



Profa. Dra. Ina de Souza Nogueira



Prof. Dr. João Alexandre Saviolo Osti

“Existem muitas hipóteses na ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, eles são a abertura para achar as que estão certas.”

- Carl Sagan

Dedico a minha família, amigos e professores que contribuíram de diversas maneiras, para a elaboração deste projeto, e sem os quais não seria possível sua realização.

Ainda, dedico a todos os estudantes, pesquisadores e cientistas que persistem em fazer ciência mesmo em épocas de mais dificuldade.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Dra. Andréa Tucci (“Prof.” ou “Prô”), por aceitar-me como aluna de Mestrado e acreditar no meu potencial para desenvolver minha pesquisa. Agradeço imensamente por toda a orientação, carinho, comprometimento, empenho e dedicação que foram fundamentais para a realização e correção desse trabalho. Obrigada pela amizade, por todos os momentos que passamos juntas, pelo grande apoio, pelos ensinamentos e por ser um “ombro amigo” acima de tudo. Foi a realização de um sonho poder trabalhar com essa incrível pesquisadora.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, pela oportunidade de aprendizado, por possibilitar a ampliação de conhecimentos e por permitir o uso das dependências do Instituto.

Aos pesquisadores, Dra. Edna Ferreira Rosini, Dr. Reinaldo Romero Vargas, Dr. Antonio Roberto Saad, Dra. Andréa Tucci, Dr. João Alexandre Saviolo Osti e Dra. Ana Paula Garcia Oliveira pela elaboração na execução do projeto maior no qual meu estudo está inserido. Obrigada pela atenção, cuidados e disponibilização dos dados de coleta e análises limnológicas. Em especial:

À Dra. Edna Ferreira Rosini, minha “mãe científica”, sobretudo por me orientar ainda na graduação e me introduzir ao maravilhoso mundo das algas, por compartilhar seus ensinamentos sobre taxonomia e ecologia de fitoplâncton. Ainda, agradeço por me encaminhar e encorajar a seguir com o mestrado no Instituto de Pesquisas Ambientais – IPA e por sempre estar de prontidão para ajudar, ensinar e conversar, principalmente durante a execução desse projeto. Sempre terei um carinho especial pela nossa amizade, minha eterna orientadora.

Aos pesquisadores, Dra. Carla Ferragut, Dr. Carlos Eduardo de Mattos Bicudo, Dr. João Alexandre Saviolo Osti, Dra. Maria do Carmo Carvalho, Dra. Ina de Souza Nogueira e Dra. Andréa Tucci pela valiosa contribuição durante o exame de qualificação e defesa de dissertação.

Aos professores das disciplinas cursadas durante o curso de mestrado: Dr. Anselmo Nogueira, Dr. Jaques Everton Zanon, Dr. Carlos Eduardo de Mattos Bicudo, Dr. Júlio Cezar Franco de Oliveira, Dra. Andréa Tucci, Dra. Carla Ferragut, Dra. Denise de Campos Bicudo, Dra. Inês Cordeiro, Dra. Marília Gaspar e Dra. Mutue Toyota Fujii.

Aos professores, Dra. Carla Ferragut e Dr. Eduardo Pereira Cabral Gomes por compartilhar ensinamentos e disponibilizar ajuda com os tópicos deste estudo.

Aos funcionários da antiga denominada “Seção de Ficologia”: Neide Pozo Rios de Souza (“Neidinha”), Valdilene Maria dos Santos (“Val”), Marina Francisca Santos (“Marininha”) e Ivomar Aparecido Medina (“Ivo”) pelo convívio harmonioso, disponibilidade em ajudar, pela prontidão de seus serviços, e sobretudo pelo carinho, companheirismo e amizade.

Aos meus queridos “irmãos científicos” Ms. Carolina de Leite Moraes (“Carol”), Ms. Renata Aparecida Costa (“Rê”), Luís Henrique Nunes de Souza, Wesley Dias Gomes, Dra. Marisa Vianna Mesquita e às queridas amigas, Rosa Carolina Aparecida Prado e Erica Angela de Oliveira (“Ériquinha”) por toda amizade e pela preciosa ajuda na realização deste trabalho. Obrigada pela paciência, conselhos e por me apoiarem até mesmo nos “piores momentos”.

À minha família, sou eternamente grata por tudo que vocês proporcionaram para mim, sei que não seria metade do ser humano que sou hoje sem vocês. Amo muito todos vocês. Em especial, agradeço:

À minha mãe, Marineis Izabel da Silva e “pai postiço”, Aguinaldo José de Sousa, por me apoiarem sempre durante minha caminhada na ciência, torcerem pelo meu sucesso e principalmente pela paciência, cujo sei que em alguns momentos pode ter faltado. Obrigada meus pais por sempre orarem por mim, independente da minha escolha religiosa, e serem sobretudo um exemplo em todos os sentidos a ser seguido. Sou eternamente grata por lutarem, trabalharem e dedicarem na educação minha e de minha irmã.

À minha “irmãzinha”, Deborah Beatriz Pontes (“Débrah”), pela ajuda com as fotos do capítulo taxonômico, pela companhia, pelas conversas e pelo amor. Agradeço por escutar minhas reclamações, broncas, choros e piadas durante nossos percursos diários até o trabalho, por zelar pela minha pessoa e por ficar do meu lado independente das circunstâncias.

Ao meu avô, José Maria da Silva “*in memorian*”, por sempre me incentivar a seguir com meus estudos e com minha profissão. Gostaria muito que o senhor pudesse ver o quão longe cheguei, que pudesse ver eu concluindo meu mestrado e muitas outras realizações futuras, mas sei que mesmo não mais presente entre sua família tem ciência de tudo e está nos acompanhando.

Ter a oportunidade de ingressar na pós-graduação e concluir este mestrado foi a realização de um sonho, no qual fico feliz em poder ter compartilhado com todos. Sei que minha caminhada durante o processo fora marcada por muitos momentos e obstáculos que consegui superar graças a família, amigos, professores e colegas. Palavras, gestos ou qualquer outra coisa é pouco para demonstrar a gratidão que sinto nesse momento.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente com este estudo, meus sinceros agradecimentos.

## APRESENTAÇÃO

Este estudo está inserido em um projeto interinstitucional intitulado “Resposta da comunidade fitoplanctônica à qualidade da água do reservatório de Biritiba Mirim/SP, Sistema Alto Tietê” financiado pela FAPESP (processo FAPESP 17/21641-5) e inscrito no IBt (processo SMA 9.976/2018), sob coordenação dos pesquisadores da Universidade Universus Univeritas – UnG (Universidade de Guarulhos).

O objetivo geral desse projeto é avaliar a alteração espacial (horizontal) e temporal (bimensal) da estrutura da comunidade fitoplanctônica, em função da possível heterogeneidade espacial e horizontal da qualidade da água do reservatório Biritiba Mirim. Ademais, pretende-se ainda, a partir da elaboração de mapas de uso e ocupação do solo, relacionar a qualidade da água aos diferentes usos e ocupação do entorno do reservatório Biritiba Mirim.

A parte que corresponde a esse estudo são as **análises da comunidade fitoplanctônica (quantitativa e qualitativa)**, bem como a **interpretação e correlação com os resultados dos parâmetros físicos e químicos e análises estatísticas**.

A presente dissertação será apresentada em capítulos. Os capítulos I e II são referentes às pesquisas desenvolvidas no núcleo de Ficologia do Instituto de Pesquisas Ambientais, São Paulo, Brasil. A dissertação encontra-se de acordo com as normas da revista Hoehnea (disponível em: <https://www.scielo.br/journal/hoehnea/about/#instructions>).

**Capítulo I** – Artigo que trata da avaliação da estrutura da comunidade fitoplanctônica com relação a distribuição espacial e temporal relacionada à qualidade da água.

**Capítulo II** – Artigo taxonômico que trata sobre a ocorrência das espécies no reservatório.

**Apêndice I** – Parte que consta informações acerca dos táxons inventariados.

## RESUMO GERAL

A dinâmica da comunidade fitoplanctônica é influenciada por uma série de fatores que de certa maneira acabam moldando sua composição. Alterações sazonais (como precipitação e temperatura) e mudanças espaciais (como uso do solo e descarga de nutrientes) são estressores que causam respostas rápidas por parte da comunidade, refletindo as condições ambientais locais e permitindo que funcionem como bioindicador de qualidade da água. Construído em 2001, o reservatório Biritiba Mirim apresenta em seu entorno, próximo ao corpo hídrico, áreas com vegetação nativa preservada e com atividade agrícola de pequeno e médio porte. Aqui acreditamos que esses diferentes tipos de cobertura do solo no entorno do reservatório podem causar respostas distintas na composição e dinâmica da comunidade para as estações amostradas. Realizamos quatro coletas trimestrais da comunidade fitoplanctônica e das amostras limnológicas, durante um ano, em dez estações distintas ao longo do reservatório, onde o uso e ocupação do solo foi o critério para definir as unidades amostrais. Utilizamos estatística multivariada, índices biológicos e de qualidade da água, biovolume e taxonomia tradicional para identificar padrões temporais e espaciais de variação nos parâmetros analisados a fim de entender qual filtro ambiental estaria influenciando a comunidade. Identificamos resultados significativos ao correlacionar os parâmetros analisados com o período hidrológico, entretanto não foi visto o mesmo resultado ao analisar os diferentes tipos de uso do solo. Assim, fatores relacionados com a sazonalidade, como tempo de residência da água, temperatura e precipitação foram os precursores das alterações encontradas nos fatores físicos, químicos e biológicos (fitoplâncton), indo ao contrário ao que hipotetizamos. Podemos atribuir os resultados encontrados com as diferentes interações promovidas pelas mudanças temporais e espaciais, no qual a duração, intensidade e frequência com que influenciam a composição fitoplanctônica e as propriedades limnológicas distinguem muito entre si. Em outras palavras, a influência da sazonalidade no ecossistema aquático é rápida e facilmente observada, em contrapartida a influência das atividades agrícolas são mais demoradas e dependem da combinação de vários outros fatores para que provoquem respostas das comunidades aquáticas.

**Palavras-Chaves:** Heterogeneidade espacial e temporal; Fitoplâncton, Monitoramento Ambiental; Reservatório Mesotrófico, Reservatório raso.

## **ABSTRACT**

The dynamics of the phytoplankton community is influenced by a series of factors that somehow end up shaping its composition. Seasonal changes (such as precipitation and temperature) and spatial changes (such as land use and nutrient discharge) are stressors that cause rapid responses by the community, reflecting local environmental conditions and allowing them to function as a bioindicator of water quality. Built in 2001, the Biritiba Mirim reservoir has in its surroundings, close to the water body, areas with preserved native vegetation and small and medium-sized agricultural activities. Here we believe that these different types of land cover around the reservoir can cause different responses in the composition and dynamics of the community for the stations sampled. We carried out four quarterly collections of the phytoplankton community and limnological samples, during one year, in ten different stations along the reservoir, where the use and occupation of the soil was the criterion to define the sampling units. We used multivariate statistics, biological and water quality indices, biovolume and traditional taxonomy to identify temporal and spatial patterns of variation in the parameters analyzed in order to understand which environmental filter would be influencing the community. We identified significant results when correlating the parameters analyzed with the hydrological period, however, the same result was not seen when analyzing the different types of land use. Thus, factors related to seasonality, such as water residence time, temperature and precipitation were the precursors of the changes found in physical, chemical and biological factors (phytoplankton), going the opposite of what we hypothesized. We can attribute the results found to the different interactions promoted by temporal and spatial changes, where the duration, intensity and frequency with which they influence the phytoplankton composition and limnological properties are very different from each other. In other words, the influence of seasonality on the aquatic ecosystem is quickly and easily observed, on the other hand, the influence of agricultural activities takes longer and depends on the combination of several other factors to provoke responses from aquatic communities.

**Keywords:** Environmental Monitoring; Mesotrophic Reservoir; Shallow Reservoir; Spatial and temporal heterogeneity; Phytoplankton.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> Reservatórios que compõem o Sistema Produtor Alto Tietê - SPAT. Fonte: Santos, Junior & Massari (2019). .....	31
<b>Figura 2.</b> Mapa de Localização do Reservatório Biritiba Mirim e sua Bacia contribuinte. (Fermoseli, 2020 - dados ainda não publicados). .....	34
<b>Figura 3.</b> Mapa de uso e ocupação da terra da sub-bacia do rio Biritiba-mirim contribuinte do reservatório Biritiba com a localização das estações amostradas no reservatório Biritiba para este estudo. Unidades de 1 a 5 em retângulos amarelos representam estações de amostragem com presença de horticultura/agricultura, e unidades de 1 a 5 em retângulos vermelhos representam estações de amostragem com presença de mata ciliar. (Fermoseli Júnior 2022 - dados não publicados). .....	36

---

### **CAPÍTULO I – Comunidade fitoplanctônica e sua correlação com fatores ambientais no reservatório de Biritiba Mirim.**

<b>Figura 1.</b> Mapa de uso e ocupação da terra da sub-bacia do rio Biritiba-mirim contribuinte do reservatório Biritiba com a localização das estações amostradas no reservatório Biritiba para este estudo. Unidades de 1 a 5 em retângulos amarelos representam estações de amostragem com presença de horticultura/agricultura, e unidades de 1 a 5 em retângulos vermelhos representam estações de amostragem com presença de mata ciliar. (Fermoseli Júnior 2022 - dados não publicados). .....	67
<b>Figura 2.</b> Classificação do Índice de Estado Trófico nas estações de amostragem do reservatório Biritiba Mirim, durante o período de estudo. ....	72
<b>Figura 3.</b> Variação do tempo de residência da água (dias) para os meses de coleta. ....	72
<b>Figura 4.</b> Ordenação biplot, pela PCA, das unidades amostrais e das catorze variáveis abióticas analisadas. As unidades amostrais foram identificadas de acordo com o uso e ocupação do solo no entorno do local de estudo, sendo Mata Ciliar (1MC a 5MC) e Zona de Agricultura (1ZA a 5ZA). Os números localizados na frente das unidades amostrais, de 1 a 5, correspondem à localização do ponto. ....	73
<b>Figura 5.</b> Frequência de ocorrência de táxons fitoplanctônicos no reservatório Biritiba Mirim, São Paulo. <b>a)</b> Diferença espacial, entre pontos com mata ciliar e pontos com zona de agricultura. <b>b-c)</b> Diferença temporal, entre as duas categorias de uso e ocupação, com base em táxons compartilhados. Em destaque: táxons com alta e baixa frequência de ocorrência. ....	74
<b>Figura 6.</b> Variação do Biovolume Total (mm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup> ) das classes fitoplanctônicas de cada estação de amostragens durante o período de estudo, onde, MC: Mata Ciliar e ZA: Zona de Agricultura. Os gráficos estão na mesma escala. ....	76
<b>Figura 7.</b> Gráfico de ordenação por nMDS, baseado no índice de dissimilaridade de Bray-Curtis, mostrando os táxons descritores nas 40 unidades amostrais no Reservatório Biritiba Mirim, no	

inverno e verão de 2019/2020. As estações de amostragem foram ilustradas por diferentes símbolos e cores. ....77

**Figura 8.** Ordenação, segunda CCA, das unidades amostrais geradas a partir de onze espécies descritoras de sistema e nove variáveis abióticas. Variáveis abióticas: Temperatura (Temp.), Transparência da água (Secchi), Turbidez (Turb), Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (PT), Potencial Hidrogeniônico (pH), Profundidade (Prof.), Nitrato (NO<sub>3</sub>) e Clorofila *a* (Chl *a*). Espécies descritoras: *Aulacoseira granulata* (AulG), *Urosolenia eriensis* (UroE), *Radiococcus polycoccus* (RadP), *Cryptomonas brasiliensis* (CryB), *Cryptomonas curvata* (CryC), *Cryptomonas tetrapyrenoidosa* (CryT), *Dolichospermum planctonicum* (DolP), *Sphaerocavum brasiliense* (SphB), *Trachelomonas volvocinopsis* (TraV), *Peridinium* sp. (Peri), *Mougeotia* sp. (Moug). As unidades amostrais foram identificadas de acordo com o uso e ocupação do solo no entorno do local de pesquisa, sendo Mata Ciliar (1MC a 5MC) e Zona de Agricultura (1ZA a 5ZA). ....78

**Figura 9.** Gráficos boxplot dos índices biológicos e riqueza específica representando a variabilidade dos dados diante das distantes estações de amostragem com diferentes usos do solo no entorno do reservatório Biritiba Mirim, SP. **a)** Índice de Diversidade (H'). **b)** Índice de Dominância (D'). **c)** Índice de Equitabilidade (U'). **d)** Riqueza específica (R). ....80

**Figura 10.** Variação temporal e espacial dos índices biológicos, estimados com base na densidade, nas dez unidades amostrais, do Reservatório Biritiba Mirim durante dois períodos distintos. MC corresponde às unidades coletadas próximos a mata ciliar (1MC a 5MC) e ZA aqueles coletados próximos à zona de agricultura (1ZA a 5ZA). **a)** Índice de Dominância (D'') e Índice de Equitabilidade (U'). **b)** Índice de Diversidade (D') e Riqueza específica (R). ....81

---

## **CAPÍTULO II – Composição da Comunidade fitoplanctônica (exceto Bacillariophyta) do Reservatório Biritiba Mirim, Sistema Alto Tietê, São Paulo**

**Figura 1.** Localização geográfica das estações de amostragem para a coleta da comunidade fitoplanctônica no reservatório Biritiba Mirim, SP. (Adaptado de Fermoseli Júnior 2022 - dados não publicados). ....99

**Figura 2.** Contribuição dos táxons em função das classes durante o período de estudo no Reservatório Biritiba Mirim, São Paulo. ....103

**Figura 3.** Quantidade de gêneros registrados para cada classe taxonômica. ....103

**Figura 4.** Táxons de Cyanophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. **a.** *Aphanocapsa annulata*. **b.** *Aphanocapsa delicatissima*. **c.** *Aphanocapsa elachista*. **d.** *Aphanocapsa koordersii*. **e.** *Synechocystis aquatilis*. **f.** *Synechococcus nidulans* (foto com contraste de fase). **g.** *Aphanothece* sp. **h-j.** *Chroococcus dispersus*. Barra de escala: 10 µm, exceto para **a**, **c** e **d** (Barra de escala: 20 µm). ....109

<b>Figura 5.</b> Táxons de Cyanophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. <b>a-b.</b> <i>Chroococcus minutus</i> ; <b>b.</b> foto em contraste de fase. <b>c-d.</b> <i>Microcystis aeruginosa</i> ; <b>d.</b> colônia em divisão. <b>e.</b> <i>M. protocystis</i> . <b>f.</b> <i>Radiocystis fernandoi</i> . <b>g-h.</b> <i>Sphaerocavum brasiliense</i> ; <b>g.</b> detalhe células com diminutos aerótopos (estruturas esbranquiçadas no interior das células; <b>i.</b> setas indicando células em divisão binária. Barra de escala: 10 µm, exceto para <b>c, d e f</b> (Barra de escala: 20 µm). .....	110
<b>Figura 6.</b> Táxons de Cyanophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. <b>a-c.</b> <i>Dolichospermum planctonicum</i> (seta 1 e 3, indicam acineto; seta 2 indica heterocisto). Barra de escala: 10 µm, exceto para <b>c</b> (Barra de escala: 20 µm).....	111
<b>Figura 7.</b> Táxons de Chlorophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. <b>a.</b> <i>Chlamydomonas</i> sp. <b>b.</b> <i>Pandorina</i> sp. <b>c.</b> <i>Fusola viridis</i> . <b>d.</b> <i>Lacunastrum gracillimum</i> . <b>e.</b> <i>Monactinus simplex</i> . <b>f.</b> <i>Pediastrum tetras</i> var. <i>apiculatum</i> . <b>g.</b> <i>Tetraëdron quadrilobatum</i> . <b>h-i.</b> <i>Coenocystis planctonica</i> . <b>j-k.</b> <i>Radiococcus polycoccus</i> (fotos com contraste de fase). <b>l.</b> <i>Ankistrodesmus bernardii</i> . <b>m.</b> <i>A. densus</i> . <b>n.</b> <i>A. spiralis</i> . Barra de escala: 10 µm. ....	120
<b>Figura 8.</b> Táxons de Chlorophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. <b>a.</b> <i>Monoraphidium arcuatum</i> . <b>b.</b> <i>M. contortum</i> . <b>c.</b> <i>M. indicum</i> . <b>d.</b> <i>M. minutum</i> . <b>e.</b> <i>M. nanum</i> . <b>f.</b> <i>Selenastrum bibraianum</i> . <b>g.</b> <i>Coelastrum microporum</i> . <b>h.</b> <i>Desmodesmus communis</i> . <b>i.</b> <i>D. denticulatus</i> . <b>j-k.</b> <i>Hariotina reticulata</i> ; <b>k.</b> fios de mucilagem em evidência. Barra de escala: 10 µm, exceto para <b>f</b> (Barra de escala: 20 µm). ....	121
<b>Figura 9.</b> Táxons de Chlorophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. <b>a.</b> <i>Chlorella vulgaris</i> (foto com contraste de fase) . <b>b.</b> <i>Hindakia</i> cf. <i>tetrachotoma</i> (foto com contraste de fase). <b>c.</b> <i>Oocystis</i> cf. <i>lacustres</i> . <b>d.</b> <i>Botryococcus braunii</i> . <b>e.</b> <i>B. terribilis</i> (setas indicam fios de mucilagem). <b>f.</b> <i>Botryococcus</i> sp. <b>g.</b> <i>Crucigenia quadrata</i> . <b>h-i.</b> Lemmermannia tetrapedia. Barra de escala: 10 µm, exceto para <b>d e e</b> (Barra de escala: 20 µm). ....	125
<b>Figura 10.</b> Táxons de Zygnematophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. <b>a-b.</b> <i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i> . <b>c.</b> <i>Cosmarium contractum</i> . <b>d.</b> <i>Cosmarium denticulatum</i> var. <i>oval</i> . <b>e-f.</b> <i>Staurastrum crenulatum</i> . <b>g-h.</b> <i>Staurastrum</i> cf. <i>limneticum</i> <b>i-j.</b> <i>Staurastrum leptocladum</i> var. <i>smithii</i> . Barra de escala: 10 µm, exceto para <b>h</b> (Barra de escala: 20 µm).....	130
<b>Figura 11.</b> Táxons de Zygnematophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. <b>a.</b> <i>Staurodesmus</i> cf. <i>convergens</i> . <b>b-c.</b> <i>Staurodesmus triangularis</i> ; <b>c.</b> divisão celular. <b>d.</b> <i>Mougeotia</i> sp. (foto com contraste de fase). Barra de escala: 10 µm, exceto para <b>c e d</b> (Barra de escala: 20 µm).131	
<b>Figura 12.</b> Táxons de Euglenophyceae identificados no reservatório Biritiba Mirim, SP. <b>a-b.</b> <i>Euglena</i> sp; <b>b.</b> foto com contraste de fase. <b>c.</b> <i>Phacus</i> sp. <b>d.</b> <i>Trachelomonas armata</i> var. <i>steinii</i> . <b>e-f.</b> <i>T. cupula</i> . <b>g.</b> <i>T. hispida</i> . <b>h.</b> <i>T. intermedia</i> . <b>i.</b> <i>T. oblonga</i> var. <i>pulcherrima</i> . <b>j.</b> <i>T. volvocinopsis</i> . Barra de escala: 10 µm, exceto para <b>a, c, d e j</b> (Barra de escala: 20 µm). ....	135

<b>Figura 13.</b> Táxons de Cryptophyceae identificados no reservatório Biritiba Mirim, SP. <b>a.</b> <i>Cryptomonas brasiliensis</i> . <b>b-d.</b> <i>C. curvata</i> ; <b>d.</b> foto com contraste de fase. <b>e-g.</b> <i>C. marssonii</i> . <b>h-i.</b> <i>C. obovata</i> . <b>j-k.</b> <i>Plagioselmis lacustres</i> . Barra de escala: 10 µm.....	138
<b>Figura 14.</b> Táxons de Dinophyceae identificados no reservatório Biritiba Mirim, SP. <b>a-c.</b> <i>Ceratium furcoides</i> . <b>d.</b> <i>Peridinium</i> sp.1. <b>e-f.</b> <i>Peridinium</i> sp.2. Barra de escala: 10 µm, exceto para <b>e-f</b> (Barra de escala: 20 µm).....	140
<b>Figura 15.</b> Táxons de Xanthophyceae identificados no reservatório Biritiba Mirim, SP. <b>a.</b> <i>Isthmochloron lobulatum</i> . <b>b.</b> <i>Tetradriella</i> sp. <b>c.</b> <i>Tetraplektron torsum</i> . <b>d.</b> <i>Centritractus belonophorus</i> . Barra de escala: 10 µm, exceto para <b>b</b> (Barra de escala: 20 µm).....	142
<b>Figura 16.</b> Táxons de Chrysophyceae identificados no reservatório Biritiba Mirim, SP. <b>a-b.</b> <i>Dinobryon bavaricum</i> . <b>c-d.</b> <i>D.</i> cf. <i>vanhoeffenii</i> . <b>e-f.</b> <i>Dinobryon</i> sp. <b>g.</b> <i>Mallomonas</i> sp. Barra de escala: 10 µm, exceto para <b>a, b, e, f e g</b> (Barra de escala: 20 µm). .....	145

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características hidrológicas do reservatório Biritiba Mirim. ....	32
<b>Tabela 2.</b> Códigos, localização geográfica, característica do entorno e profundidade (Mínima, Média e Máxima) das dez estações de amostragem coletadas no reservatório Biritiba Mirim (SP). ....	35
<b>Tabela 3.</b> Variáveis físicas, químicas e clorofila, suas metodologias e suas respectivas bibliografias. ....	38
<b>Tabela 4.</b> Classificação do Índice de Estado Trófico (IET) segundo CETESB. Adaptado de CETESB (2008). ....	39
<b>Tabela 5.</b> Lista dos Números de acervo das amostras fitoplanctônicas provenientes do reservatório Biritiba Mirim nos quatros meses de coleta incorporadas à coleção líquida do Herbário (SP) do Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA) com suas respectivas estações de coleta e datas da amostragem. ....	41
<b>Tabela 6.</b> Formas geométricas e siglas utilizadas no cálculo do biovolume da comunidade fitoplanctônica. ....	43

---

### **CAPÍTULO I – Comunidade fitoplanctônica e sua correlação com fatores ambientais no reservatório de Biritiba Mirim**

<b>Tabela 1.</b> Códigos das estações de amostragem, localização geográfica e características do entorno das 10 estações de amostragem coletadas no reservatório Biritiba Mirim. ....	68
<b>Tabela 2.</b> Valores médios, mínimos e máximos das variáveis físicas, químicas e biológicas analisadas nas unidades amostrais, durante o período de pesquisa. Abreviações: Mata Ciliar (MC), Agricultura (ZA), Média (Méd.), Mínimo (Min.), Máximo (Máx.), Profundidade (Prof.), Transparência da Água (Secchi), Temperatura (Temp.), Turbidez (Turb.), Condutividade Elétrica (Cond.), Oxigênio Dissolvido (OD), Nitrogênio Total (NT), Nitrito (NO <sub>2</sub> ), Nitrato (NO <sub>3</sub> ), Amônio (NH <sub>4</sub> ), Fósforo Total (PT), Ortofosfato solúvel (PO <sub>4</sub> ) e Clorofila <i>a</i> (Chl <i>a</i> ). ....	71
<b>Tabela 3.</b> Táxons descritores, classe taxonômica a qual pertence e porcentagem de contribuição ao biovolume total. ....	75
<b>Tabela 4.</b> Correlação Espécie-Ambiente (Correlação de Pearson) para cada eixo, variável ambiental e táxon descritor. ....	79

---

### **CAPÍTULO II – Composição da Comunidade fitoplanctônica (exceto Bacillariophyta) do Reservatório Biritiba Mirim, Sistema Alto Tietê, São Paulo**

<b>Tabela 1.</b> Número de registro do herbário no Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA), data da amostragem, estação e coordenadas geográficas das amostras coletadas no Reservatório Biritiba Mirim. ....	101
---	-----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

APHA - Standard Methods for Examination of Water and Wastewater

CCA – Análise de Correspondência Canônica

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

FABHAT - Fundação Agência Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FEHIDRO - Fundo Estadual de Recursos Hídricos

FUSP - Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo

HPLC – Cromatografia Líquida de Alto Desempenho

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBt - Instituto de Botânica

IET - Índice de Estado Trófico

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

IPA - Instituto de Pesquisas Ambientais

MC - Mata Ciliar

*N* - Número

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - Amônio

nMDS – Escalonamento Multidimensional Não Métrica

NO<sub>2</sub><sup>-</sup> - Nitrito

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - Nitrato

PCA – Análise de Componentes Principais

PERMANOVA – Análise de Variância Multivariada Permutacional

pH - Potencial Hidrogeniônico

PMBM - Prefeitura Municipal de Biritiba Mirim

PNSB – Plano Nacional de Segurança de Barragens

PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> - Fosfato

RMSP - Região Metropolitana de São Paulo

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SIGRH - Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo

SP - São Paulo

SPAT - Sistema Produtor Alto Tietê

UGRHI - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

UNG - Universidade de Guarulhos

ZA - Zona de Agricultura

Comp. – Comprimento

Larg. – Largura

S.N. – Sem numeração

R c/l = Razão comprimento/largura

F - Frequência

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>20</b>
<b>2. ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>25</b>
<b>3. HIPÓTESES .....</b>	<b>29</b>
<b>4. OBJETIVO .....</b>	<b>29</b>
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
5.1. ÁREA DE ESTUDO .....	30
5.2. AMOSTRAGEM .....	35
5.2.1. Autocorrelação Espacial.....	36
5.3. VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS .....	37
5.4. VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS ABIÓTICAS E BIÓTICAS .....	37
5.4.1. Índice de Estado Trófico (IET) .....	38
5.4.2. Razão Molar N:P .....	39
5.4.3. Tempo de Residência .....	39
5.5. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA .....	39
5.5.1. Análise qualitativa .....	40
5.5.2. Análise quantitativa .....	42
5.5.3. Biovolume .....	42
5.5.4. Índices Biológicos.....	43
5.5.5. Espécies descritoras de comunidade.....	44
5.6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO .....	44
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>46</b>
<b>CAPÍTULO I - Comunidade fitoplanctônica e suas correlações com fatores ambientais no Reservatório Biritiba Mirim, São Paulo, SP.....</b>	<b>63</b>
RESUMO .....	64
ABSTRACT .....	64
INTRODUÇÃO .....	65
MATERIAL E MÉTODOS.....	66
RESULTADOS .....	70
DISCUSSÃO .....	81
CONCLUSÃO .....	85
LITERATURA CITADA.....	85
<b>CAPÍTULO II – Composição da Comunidade fitoplanctônica (exceto Bacillariophyta) do Reservatório Biritiba Mirim, Sistema Alto Tietê, São Paulo.....</b>	<b>96</b>
RESUMO .....	97
ABSTRACT .....	97
INTRODUÇÃO ... ..	98
MATERIAIS E MÉTODOS .....	99
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	102
CONCLUSÃO .....	146
LITERATURA CITADA.....	147
<b>6. CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>153</b>
<b>APÊNDICE A – Táxons inventariados, seu biovolume e hábito. ....</b>	<b>156</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, diante da abundância de recursos hídricos disponíveis em todo o território nacional, a importância dos reservatórios e represas estão relacionados aos seus múltiplos usos, principalmente, à produção de hidroeletricidade, irrigação e abastecimento de água (ANA 2021).

Os reservatórios vêm sendo construídos pelo homem há milhares de anos, facilitando o desenvolvimento de atividades essenciais, que como consequência permitiram a desenvolvimento de cidades e civilizações (ANA 2020).

Embora as represas e reservatórios representem serventia para a população, há uma série de impactos negativos que o represamento das águas pode trazer ao ambiente, assim estudos que relatam impactos positivos e negativos foram desenvolvidos por diversos autores (e.g., Tundisi 1981, Junk & Mello 1990, Tundisi & Calijuri 1990, Straškraba *et al.*, 1993, Henry 1995,1999, Barbosa *et al.* 1999, Tundisi *et al.* 2002, Padisák *et al.* 2000, Straškraba & Tundisi 2000a, Tundisi & Matsumura-Tundisi 2003, dentre outros).

Reservatórios são conhecidos como sistemas híbridos, devido às características similares a lagos e rios, com relações bem complexas e padrões variáveis devido aos fatores que influenciam sua dinâmica (Kimmel *et al.* 1990). Ao longo de sua extensão é possível encontrar gradientes verticais e horizontais, chamados de zonas, que possuem diferenças na sua composição física, química e biológica (Thornton *et al.* 1990, Pagioro *et al.* 2005, Baumgartner *et al.* 2018).

A dinâmica dos reservatórios é regida pelo equilíbrio nas propriedades e composição da água. Mudanças drásticas, pulsos ou estressores afetam quaisquer variáveis perturbando a estabilidade do ecossistema e sua biodiversidade (Tundisi 1999, Angelini *et al.* 2005, Tundisi 2006).

Atividades humanas são consideradas como um dos principais fatores relacionados a degradação da qualidade de água nos reservatórios, segundo Wetzel (2001a, b), sendo a agricultura e a expansão urbana, aqueles que mais corroboram com essa situação (Carpenter *et al.* 1998, Pinto-Coelho *et al.* 2006, Zhang *et al.* 2020a).

O uso e ocupação do solo representam outra pressão de origem antrópica, que promovem mudanças nos ciclos hidrológicos, ciclos biogeoquímicos e na biodiversidade de ambientes aquáticos (Tundisi & Matsumura-Tundisi 2008). Essas mudanças variam de acordo com o tempo e espaço dependendo das necessidades (e.g., econômicas, políticas, sociais) de uma certa região (Bhattacharyya & Sanyal 2019).

A demanda no setor de agricultura vem crescendo anualmente em todo o mundo, sobretudo em função ao aumento populacional e a maior procura por alimento (Saathe & Fachinello 2018, IBGE 2019, Governo Federal 2020). Práticas de engenharia agrícola, agronomia e agropecuária, causam impactos à biota aquática afetando a qualidade da água em unidades de abastecimento e os ciclos

hidrobiogeoquímicos (Qiu *et al.* 2019, Veiga *et al.* 2019, Bailão *et al.* 2020). Ainda, essas práticas representam a modificação de 75% da superfície da Terra, com as atividades agrícolas ocupando mais de um terço da superfície terrestre (Aznar-Sánchez *et al.* 2019).

A presença de atividades agrícolas na bacia contribuinte promove o aumento da carga difusa de nutrientes, matéria orgânica e contaminantes que são carregados pelas sub-bacias desaguardo no reservatório, em diversas regiões, modificando o funcionamento dos gradientes e as condições ambientais (Carneiro & Bini 2020, Alves *et al.* 2021).

Processos erosivos são os principais responsáveis pelo transporte de sedimentos e nutrientes que, conseqüentemente, contribuem para o processo de assoreamento dos recursos hídricos e estas modificações exercem influência nas características da água, afetando uma série de processos (Silva *et al.* 2016). A interação entre o processo erosivo e eventos climáticos, como vento e precipitação, facilita a entrada de substâncias e materiais particulados no corpo hídrico. Aumento da turbidez, diminuição do volume de água, acúmulo de metais pesados e substâncias tóxicas, diminuição nas taxas de oxigênio dissolvido, sombreamento da luz, mudança no fluxo e velocidade da água, além da eutrofização, são alguns dos diversos problemas que a sedimentação e lixiviação podem trazer ao ambiente e suas comunidades aquáticas (Tundisi & Matsumura-Tundisi 2008, Li *et al.* 2011, Baker & Miller 2013 Yira *et al.* 2016).

Em contrapartida, remanescentes florestais e mata ciliares são componentes importantes para a manutenção e estabilidade dos sistemas aquáticos devido às inúmeras contribuições ambientais (Rhodes *et al.* 2016), especialmente à capacidade de amortecimento, agindo como filtro para a água proveniente de áreas adjacentes que escoam para dentro do corpo hídrico. Nesse processo de “filtração” são retidos sedimentos, substâncias tóxicas e nutrientes que em excesso podem acarretar no desequilíbrio do ecossistema aquático (Marques & Souza 2005). Basicamente, esses sedimentos e particulados são retidos nos sistemas de raízes das árvores ajudando na estabilização das margens, minimizam os processos de erosão e diminuem as cargas de sedimentos e nutrientes para a jusante de reservatórios (Rhodes *et al.* 2016).

As matas ciliares conseguem reter cerca de 89% de nitrogênio e 80% de fósforo provenientes do escoamento superficial de áreas externas, onde esses valores podem variar por diversos motivos, incluindo em função ao tipo de regime que o local apresenta no entorno (Davide *et al.* 2000).

Frequentemente, as matas ciliares são empregadas em processos de restauração bem como de melhoramento da qualidade e quantidade de água, uma vez que estas protegem-na reduzindo a poluição de fontes difusas (Rhodes *et al.* 2016). Além disso, são extremamente essenciais para a biodiversidade já que mediam a troca nutrientes e energia entre o ecossistema aquático e terrestre (Biggs *et al.* 2019).

Potencialmente, esses remanescentes florestais podem reduzir a quantidade de luz, o que pode limitar a produção primária, bem como modificar os ciclos do nitrogênio, fósforo e enxofre. Diante do potencial e da importância das matas ciliares para o ambiente aquático estas tornaram-se importantes nos programas de manejo (Kreiling *et al.* 2021).

Desse modo, mudanças na cobertura florestal próximo às áreas de bacias durante períodos relativamente curtos e a expansão de terras agrícolas aumentam o escoamento superficial e as cargas de sedimentos nas bacias hidrográficas (Bhattacharyya & Sanyal 2019).

Os processos que estruturam as comunidades para organismos fitoplanctônicos variam espacial e temporalmente devido a mudanças em fatores físicos e químicos, causando assim diferenças temporais na composição das espécies diante da heterogeneidade ambiental (Souza *et al.* 2022). Entretanto, a variabilidade encontrada nas propriedades físicas e químicas da água corresponde uma provável incerteza acerca da comunidade fitoplanctônica (Calijuri *et al.* 1999).

A comunidade fitoplanctônica é composta por microorganismos protistas e cianobactérias fotossintetizantes que assim, como em outros ambientes aquáticos, dentro de reservatórios desempenham importantes funções. O grupo é responsável por quase 50% da produção primária líquida global, regulação do clima e de ciclos biogeoquímicos além de serem a base da cadeia trófica exercendo papel essencial na produtividade primária da biota aquática (Field *et al.* 1998, Fernandes *et al.* 2011, Rousseaux & Gregg 2014). Qualquer mudança que altere os processos físicos e químicos em ecossistemas aquáticos tem o potencial de afetar o fitoplâncton (Salmaso & Tolotti 2020), mínimos impactos na comunidade podem resultar em uma série de alterações nos níveis tróficos acima.

Os diferentes componentes da comunidade fitoplanctônica possuem características ecológicas distintas, bem como preferências e tolerância às condições ambientais específicas (Kutlu *et al.* 2020). A estrutura e composição do fitoplâncton está intimamente relacionada com a heterogeneidade espacial e temporal ao longo dos gradientes da represa (Collins *et al.* 2018).

A heterogeneidade espacial e temporal tende a preceder mudanças de estados nos ecossistemas, sendo proposto como um indicador precoce de mudanças de regime e prevendo a estabilidade das funções e serviços ecossistêmicos (Collins *et al.* 2018).

Em reservatórios, a heterogeneidade espacial do fitoplâncton pode ser promovida ou reduzida sobretudo pelos eventos de fluxo de água (Yang *et al.* 2018), assim como outros fatores. Exemplificando, um alto aporte de nutrientes provenientes de rios e bacias impactados somado às condições hidrológicas produzem gradientes que podem se estender para além do reservatório (Rangel *et al.* 2016).

As variações nas diferentes propriedades limnológicas, como por exemplo concentração de nutrientes, turbidez, transparência da água, podem ser relacionados com a formação de outros

gradientes biológicos (Carneiro & Bini 2020), ou seja, as condições ambientais somadas a uma sequência de eventos vão direcionar a dominância de certos grupos fitoplanctônicos, juntamente com a capacidade e estratégias adaptativa de cada espécie (Reynolds 1999).

Por outro lado, a variação temporal comumente é usada para monitorar padrões, tendências, dinâmicas de populações e comunidades (Forsblom *et al.* 2019). Essas mudanças nas comunidades variam diante padrões sazonais, mudanças climáticas anuais, ciclos biológicos, predação, características fisiológicas e funcionais das espécies, processos internos e sobretudo devido a atividades antrópicas (Patrick *et al.* 2021). Frequentemente, fatores temporais estão relacionados com a dispersão da comunidade fitoplanctônica (Zhang *et al.* 2018). Eventos climáticos, como por exemplo o aquecimento global e a evaporação, modificam os ciclos da água fazendo com que ocorram mais precipitação, e este evento, por conseguinte, causa alterações significativas nos ambientes aquáticos e no balanço nos níveis de nutrientes (Dutta & Choudhury 2021), dessa forma afetando a comunidade fitoplanctônica.

Assim, ambos os processos espaciais e temporais dentro de ambientes aquáticos estão ligados intimamente com a estrutura da comunidade fitoplanctônica e sua diversidade beta (Zhang *et al.* 2018). Logo, parâmetros dependentes da taxa de descarga a jusante (espacial) passam por mudanças mais lentas e oscilam diante da extensão do reservatório, e aqueles relacionados com o tempo são mudanças mais rápidas, questão de horas ou dias, estão fortemente relacionados com a importância fisiológica. Essas variações refletem e interrompem com frequência o desenvolvimento das populações, resultando em uma maior diversidade de espécies estrategistas *r*, no qual permite que o desenvolvimento e a sucessão sejam “reiniciados” constantemente (Wetzel 2001c).

Diante do exposto, o fitoplâncton pode ser considerado um ótimo biomonitor e bioindicador de ambientes, como já documentado por vários estudos como por exemplo: El-Kassas & Gharib 2016, Bazhenova & Krentz 2018, Nikulina 2019, Kamboj *et al.* 2022.

A qualidade da água está relacionada principalmente com a eutrofização, que é a resposta biológica ao enriquecimento de nutrientes no corpo hídrico, afetando e limitando seus diversos usos (Rietzler *et al.* 2016). Esse aumento de nutrientes pode promover florações fitoplanctônicas, sendo em alguns casos de espécies nocivas (Bužančić *et al.* 2016, Lim & Lee 2017), que tendem produzir toxinas e aleloquímicos sob essas condições, concedendo vantagem sobre as demais espécies fitoplanctônicas (Van Meerssche & Pinckney 2018).

De acordo com dados da Water Research Commission (WRC), os lagos na Europa (53%), Ásia (54%), América do Norte (46%) e África (28%) apresentam e enfrentam problemas ligados a eutrofização (Lin *et al.* 2021).

O aumento significativo da biomassa total e crescimento do fitoplâncton podem trazer consequências à saúde humana e economia (Van Meerssche & Pinckney 2018). O problema pode ser

impulsionado pelas atividades antrópicas, como intensificação agrícola, que aumenta exponencialmente para atender as necessidades da população (Ayele & Atlabachew 2021), tornando-se uma importante questão ambiental em diversos lugares pelo mundo (Lin *et al.* 2021).

Há certas dificuldades ao gerenciar a poluição proveniente de fontes não pontuais pois as fontes de fósforo e nitrogênio são difusas, e seu armazenamento a longo prazo pode resultar em defasagens de tempo entre a restauração e a melhoria da qualidade da água (Kreiling *et al.* 2021). Abordagens a fim de minimizar, prever ou solucionar problemas devem ser devidamente estudadas para evitar piora no cenário (Straškraba & Tundisi 2000b).

O estudo acerca da composição da comunidade fitoplanctônica bem como os fatores que causam sua variabilidade em reservatórios de abastecimento de água, ambientes sujeitos a intensa variações nas propriedades limnológicas, é de suma importância e está intimamente ligada com a qualidade da água e saúde.

Assim como mencionado em literatura, o uso e ocupação do solo no entorno desses ambientes têm a capacidade de ditar a qualidade da água e a dinâmica das comunidades aquáticas, sendo destaque de alguns estudos realizados no Brasil e no exterior. No entanto, poucos são aqueles que focam especificamente nas práticas agrícolas, sua influência no ecossistema aquático e seu possível impacto na estrutura e composição do fitoplâncton.

## 2. ESTADO DA ARTE

O Brasil é um país que possui boa parte da reserva de água potável do mundo, cerca de 12% (ANA 2009), entretanto, do mesmo modo, nos últimos anos vem enfrentando alguns problemas em relação à qualidade e disponibilidade de água, sobretudo em função do desperdício e da demanda.

Segundo o Relatório de Segurança de Barragens da ANA (2020), o Brasil possui cerca de 19.388 reservatórios de diferentes usos. Dentre as 5.285 estruturas cadastradas no Plano Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), 21% (1.131) é destinado ao abastecimento humano (ANA 2020). Já a região metropolitana de São Paulo conta com oito sistemas de abastecimento de água que ajudam a sanar suas demandas (ANA 2010).

A qualidade da água nesses ambientes depende de alguns fatores, dentre eles, o uso e ocupação do solo no entorno do reservatório ou bacia (Taniwaki *et al.* 2013). De maneira geral, essas mudanças no uso da terra diante de processos antrópicos (como industrialização e agricultura, por exemplo) podem alterar as características hidrológicas de um determinado local (Camara *et al.* 2019) bem como alterar radicalmente a concentração e disponibilidade de nutrientes que por sua vez trazem consequências para o crescimento e estrutura dos produtores primários (Bratt *et al.* 2019).

Li *et al.* (2008) encontrou correlações significativas entre o uso da terra e indicadores de qualidade da água, onde foi observado que os trechos do rio analisados em áreas com vegetação têm níveis mais baixos de nutrientes em comparação com áreas próximas ao uso do solo degradado. Estudos mais recentes realizados no Brasil, como: Queiroz *et al.* (2010), Menezes *et al.* (2016), Araujo *et al.* (2018), Guimarães (2018), Chaves *et al.* (2019), Veiga *et al.* (2019), Bailão *et al.* (2020), dentre outras literaturas, também indicam relações significativas diretas na deterioração da qualidade da água.

De acordo com Hobbie *et al.* (2017) as atividades agrícolas são responsáveis pelo escoamento de altas quantidades de N e P, com alta proporção de N para P, do que em comparação com efluentes domésticos. Em escala global, as quantidades de nutrientes que entraram nos ecossistemas aquáticos, por conta das práticas agrícolas convencionais, aumentaram alarmantemente, uma vez que a concentração de N reativo dobrou e a disponibilidade de P aumentou quatro vezes (Bratt *et al.* 2019).

Além da entrada de nutrientes, essas atividades são responsáveis pela introdução de material orgânico, metais pesados e sedimentos que são lixiviados, por meio principalmente das chuvas, para dentro do meio aquático (Mello *et al.* 2017).

Camara *et al.* (2019), encontraram evidências de que há uma relação significativa entre o uso de terra agrícola e a qualidade da água, onde as atividades agrícolas têm a capacidade de alterar fisicamente e quimicamente os parâmetros da água.

Em contrapartida, matas ciliares e zonas ripárias desempenham importantes funções na transferência de substâncias e nos ciclos biogeoquímicos para a zona aquática (Ou *et al.* 2016) protegendo contra processos erosivos, retenção de poluentes e escoamento excessivo de nutrientes (Schilling & Jacobson 2014, Tanaka *et al.* 2016). Ou seja, são reconhecidas por atuarem como filtros naturais para sedimentos e nutrientes entre o ecossistema terrestre e aquático (Singh *et al.* 2021).

Mello *et al.* (2017) observaram, por meio da análise de seis sub bacias, que o tipo de cobertura florestal ou agrícola desempenha papel significativo na determinação da qualidade da água superficial. Os autores observaram que sub-bacias cobertas por áreas agrícolas e residenciais apresentaram níveis mais elevados de sedimentos e cargas de nutrientes, e por sua vez, menor qualidade de água, do que sub-bacias cobertas por floresta e pastagem.

Corroborando, Veiga *et al.* (2019) afirmam que essas atividades associadas com a falta de vegetação aumentam o escoamento superficial, intensificando o processo de deterioração da qualidade da água.

O aumento das taxas de co-limitação de nutrientes, sedimentos e matéria orgânica proporciona o ambiente perfeito para o desenvolvimento de grupos fitoplanctônicos oportunistas. Esse supercrescimento pode causar problemas generalizados como a floração de algas tóxicas em reservatórios de água, como registrado em diversos países (Svirčev *et al.* 2019), inclusive no Brasil (e.g.: Carmo 2014, Machado *et al.* 2016, Menescal 2018), ameaçando a saúde daqueles que fazem seu uso (como humanos e animais) (Otten & Paerl 2015).

Assim, os tipos de uso de solo podem influenciar diretamente a diversidade de espécies fitoplanctônicas e sua produtividade (Zhang *et al.* 2020b).

Diante disso, o fitoplâncton pode ser considerado um excelente bioindicador de qualidade de água (Agale *et al.* 2013, Parmar *et al.* 2016), visto que são os primeiros a responderem quantitativamente e qualitativamente a quaisquer alterações que ocorram no ecossistema aquático, pois são sensíveis às mudanças que ocorrem na composição da física, química e biológica da água (Reynolds 1984, Parakkandi *et al.* 2021). Essa propriedade do fitoplâncton pode ser utilizada na avaliação do estado trófico, poluição orgânica e saúde dos diferentes ambientes aquáticos (Parakkandi *et al.* 2021).

Trabalhos sobre a avaliação da estrutura da comunidade fitoplanctônica em reservatórios já foram realizados em diversos lugares do mundo, exemplificando: **Bulgária** (Dochin *et al.* 2017), **China** (Ren *et al.* 2016, Lei *et al.* 2018), **Costa do Marfim** (Paulette *et al.* 2011), **Estados Unidos** (Williamson *et al.* 2021), **Etiópia** (Gebrehiwot *et al.* 2020), **Índia** (Parakkandi *et al.* 2021), **Istambul** (Albay & Akçaalan 2003), **Rússia** (Kostruykova *et al.* 2019), **Turquia** (Sevindik 2010), dentre diversos outros.

No Brasil foram realizadas muitas pesquisas acerca da variabilidade espacial e temporal do fitoplâncton, com diferentes abordagens, em reservatórios para os estados do **Ceará** (Barroso *et al.* 2018), **Goiás** (Rodrigues *et al.* 2018), **Pará** (Deus *et al.* 2013, Santos *et al.* 2020), **Paraná** (Borges *et al.* 2008, Bortolini *et al.* 2019), **Pernambuco** (Dantas *et al.* 2008) e **São Paulo** (Ramirez & Bicudo 2002, Santos, 2003, Lopes *et al.* 2005, Fonseca & Bicudo 2008, Machado *et al.* 2015, Rosini *et al.* 2016, Santana *et al.* 2017b, Loaiza-Restano *et al.* 2020) sendo algumas citações de registros recentes.

Além disso, os trabalhos de Rosal (2014), Santana (2016), Santana *et al.* (2017a,b), Cruz *et al.* (2018), Vicentin (2019), Oliveira *et al.* (2020), Amorim & Moura (2022), Diniz *et al.* (2022) podem ser citados como estudos sob a estrutura da comunidade fitoplanctônica em reservatórios mesotróficos.

Em escala global, sob uma perspectiva envolvendo a estrutura do fitoplâncton, a qualidade da água e a influência do uso do solo diante de práticas agrícolas, alguns trabalhos procuraram entender ou avaliar essa relação (e.g.: Katsiapi *et al.* 2012, Doubek *et al.* 2015, Hayes *et al.* 2015, Bratt *et al.* 2019, Zhang *et al.* 2020a, b, Patoine *et al.* 2021, Sánchez *et al.* 2021).

Baseado na técnica de Classificação de Uso do Solo/Cobertura do Solo (LULC), Sánchez *et al.* (2021) avaliaram qual fator estaria moldando a estrutura da comunidade fitoplanctônica na Bacia do Rio Salado, na Argentina. Eles observaram que o LULC teve maior influência sob a comunidade do que as variáveis limnológicas bem como afetou a composição de espécies para cada local amostrado. Adicionalmente, os autores acreditam que diante mesmo não tendo mensurado todas as variáveis ambientais que influenciam o fitoplâncton estas foram detectadas indiretamente quando aplicado a metodologia do LULC na análise.

Hayes *et al.* (2015) estudaram 42 reservatórios com diferentes usos do solo durante longos períodos de seca e chuva. No estudo, foi relatado que o fitoplâncton em ambientes com paisagem agrícola mudou sua composição, acompanhando a oscilação entre P e N limitante, nos dois cenários, diferentemente de áreas com cobertura florestal, sugerindo que as secas podem aumentar a incidência de limitação de P em ambientes afetados pela agricultura.

Alguns estudos a nível nacional já foram realizados avaliando os efeitos das atividades agrícolas sob a comunidade fitoplanctônica (Cicerelli & Galo 2015, Baú 2018, Alves *et al.* 2020). Entretanto, a literatura abordando acerca do tema é extremamente escassa, onde não foram encontrados trabalhos sobre a avaliação da comunidade fitoplanctônica em reservatórios mesotróficos com mata ciliar preservada e uso do solo agrícola em seu entorno.

O Brasil é um país essencialmente agrícola, o entendimento de como essas atividades influenciam as comunidades aquáticas, sobretudo o fitoplâncton, é de suma importância para o gerenciamento da qualidade da água nesses ambientes.

Assim, diante da importância dos reservatórios para o ser humano, da influência do uso do solo no entorno do reservatório sob a composição física, química e biológica da água, dos impactos que a atividade agrícola pode trazer ao meio, da plasticidade da estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica, e da escassez de literatura abordando esses temas o presente estudo justifica-se.

Além disso, este estudo apresenta como aspecto inovador, a utilização da abordagem comparativa da qualidade da água e da composição do fitoplâncton em regiões com mata ciliar e regiões com atividade agrícola, cujo não há registro de literatura a nível nacional.

### **3. HIPÓTESES**

Tendo em vista que o entorno do reservatório Biritiba Mirim é caracterizado por áreas que possuem o uso e ocupação do solo por práticas agrícolas e por áreas onde há a preservação da vegetação nativa, nossa hipótese é de que existe alterações na distribuição e composição da comunidade fitoplanctônica promovidas por atividades de uso e ocupação do solo em relação à mata ciliar.

### **4. OBJETIVO**

O objetivo deste estudo foi avaliar a alteração espacial (horizontal) e temporal da estrutura da comunidade fitoplanctônica e da qualidade da água no reservatório, bem como determinar as espécies descritoras e relacioná-las com a qualidade da água.

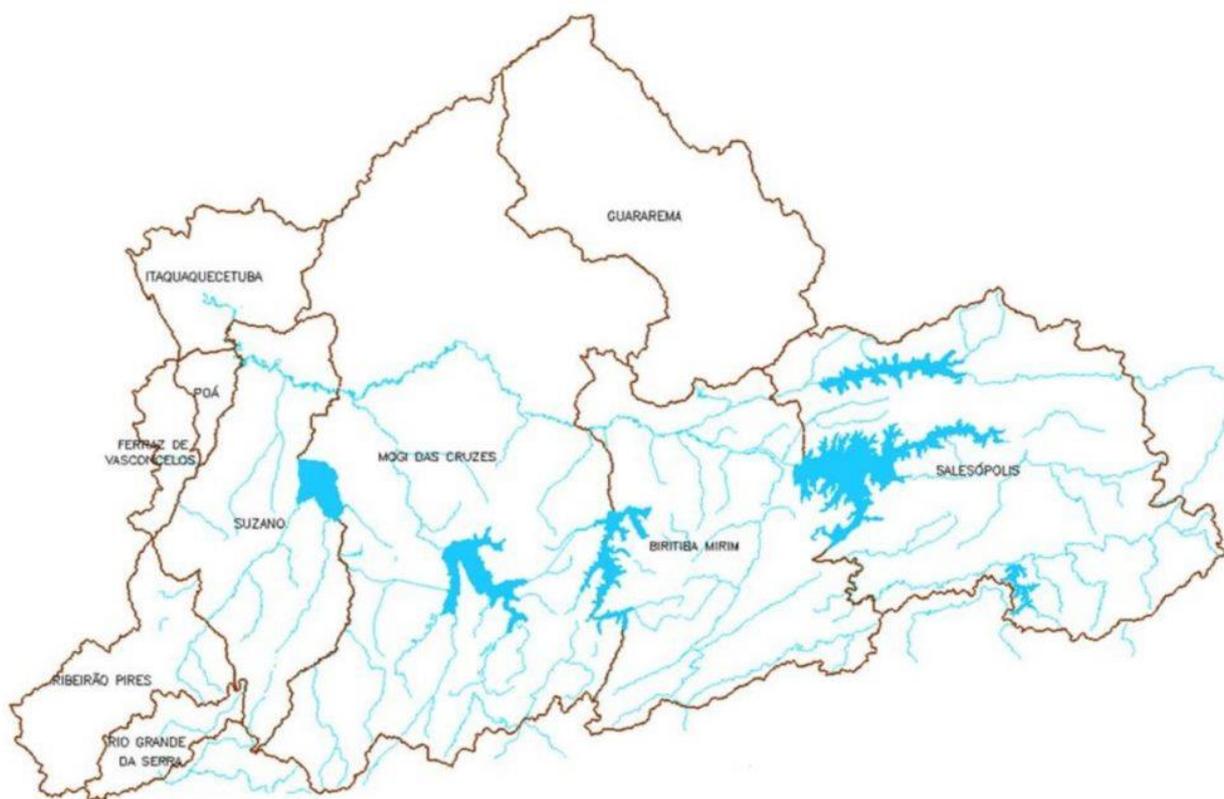
## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1. ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, gerenciada pela Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI 6), possui um fator econômico e social importante por estar localizada num dos maiores polos econômicos, financeiros e comerciais do país, onde além de fornecer recursos hídrico aos polos industriais, a bacia atenderá, até 2025, cerca de 25 milhões de habitantes, provenientes dos 34 municípios que recebem suas águas (SIGRH 2004, FUSP & FEHIDRO 2009, FABHAT 2016). Atualmente, está compreende 130 km de extensão, da sua nascente em Salesópolis até sua barragem na Usina Hidrelétrica de Rasgão, e conta com seis sub-bacias que o integram, sendo elas: Tietê-Cabeceiras, Cotia-Guarapiranga, Penha-Pinheiros, Pinheiros- Pirapora, Juqueri-Cantareira e Billings (CETESB 2004, FUSP 2008, FUSP & FEHIDRO 2009).

A sub-bacia Tietê-Cabeceiras possui 1859,24 km<sup>2</sup> de área de drenagem, abrangendo em torno de dez municípios, dentre eles parte da grande São Paulo. Ademais, nesse está inserido o Sistema Produtor Alto Tietê (SPAT) (FUSP & FEHIDRO 2009, COMITÊ ALTO TIÊTE 2019), responsável por 15% do abastecimento de água do leste da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) portanto, atendendo em torno de 4,5 milhões de habitantes (DAEE 2006).

O SPAT foi criado no final da década de 60, com o principal objetivo de ampliar o aproveitamento dos recursos hídricos, como abastecimento público e lazer, e também com o intuito de auxiliar no controle de inundações e enchentes. Este compreende um sistema em cascata no qual os reservatórios estão interligados por meio de complexos hidráulicos de túneis e canais, encontrando-se sob administração da DAEE e operação da SABESP. Cinco reservatórios compõem o SPAT: a represa Paraitinga, Ponte Nova, Biritiba Mirim, Jundiá e a represa Taiaçupeba (DAEE 2006, SABESP 2009) (Figura 1).



**Figura 1.** Reservatórios que compõe o Sistema Produtor Alto Tietê - SPAT. Fonte: Santos *et al.* (2019).

A Bacia Hidrográfica de Biritiba Mirim, onde se encontra o local de pesquisa, apresenta presença de agricultura intensiva (com grande foco em horticultura e atividade granjeira), silvicultura, pastagens, além da formação de fragmentos florestais nativos. Esta, encontra-se situada sobre solos ricos em ferro e alumínio e possui área total de 75,49 Km<sup>2</sup> (Cavalcanti 2002).

Construído em 2001, sendo o terceiro a ser concluído do SPAT, o **reservatório Biritiba Mirim** (figura 2), está localizado entre os municípios de Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim, ao leste da RMSP (23°36'12.144"S, 46°5'13.653"O), retendo em sua estrutura as águas do Rio Biritiba-Mirim (DAEE 2006, IPT 2014). O reservatório fornece água para cerca de 3,5 milhões de habitantes e está localizado em uma área conhecida como cinturão verde da RMSP, tendo sua economia baseada no setor hortifrutigranjeiro (Trindade 2016). Mais características hidrológicas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características hidrológicas do reservatório Biritiba Mirim.

<b>Características</b>	<b>Dados</b>
Área	11,40 Km <sup>2</sup>
Formato	Subdendrítico
Área de Drenagem	75 Km <sup>2</sup>
Área de Inundação	9,244 Km <sup>2</sup>
Volume Útil	34,7601 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Volume Acumulado	60,2 milhões de m <sup>3</sup>
Volume Operacional	34 milhões de m <sup>3</sup>
Nível Máximo Normal	757,54 m
Nível Maximorum	758,70 m
Nível Mínimo	752,50 m
Vazão Regularizada	1,75 m <sup>3</sup> /s
Vazão Máxima Vertida para a Jusante	30,5 m <sup>3</sup> /s
Cota da Crista	760 m
Comprimento	535 m
Largura	10 m
Altura Máxima	26 m
Volume de Escavação	714.299,05 m <sup>3</sup>
Volume de Aterro	835.485,33 m <sup>3</sup>
Rip Rap	11.847,10 m <sup>3</sup>
Volume de Concreto	1.934,99 m <sup>3</sup>

Fonte: DAEE (2006) e Trindade (2016).

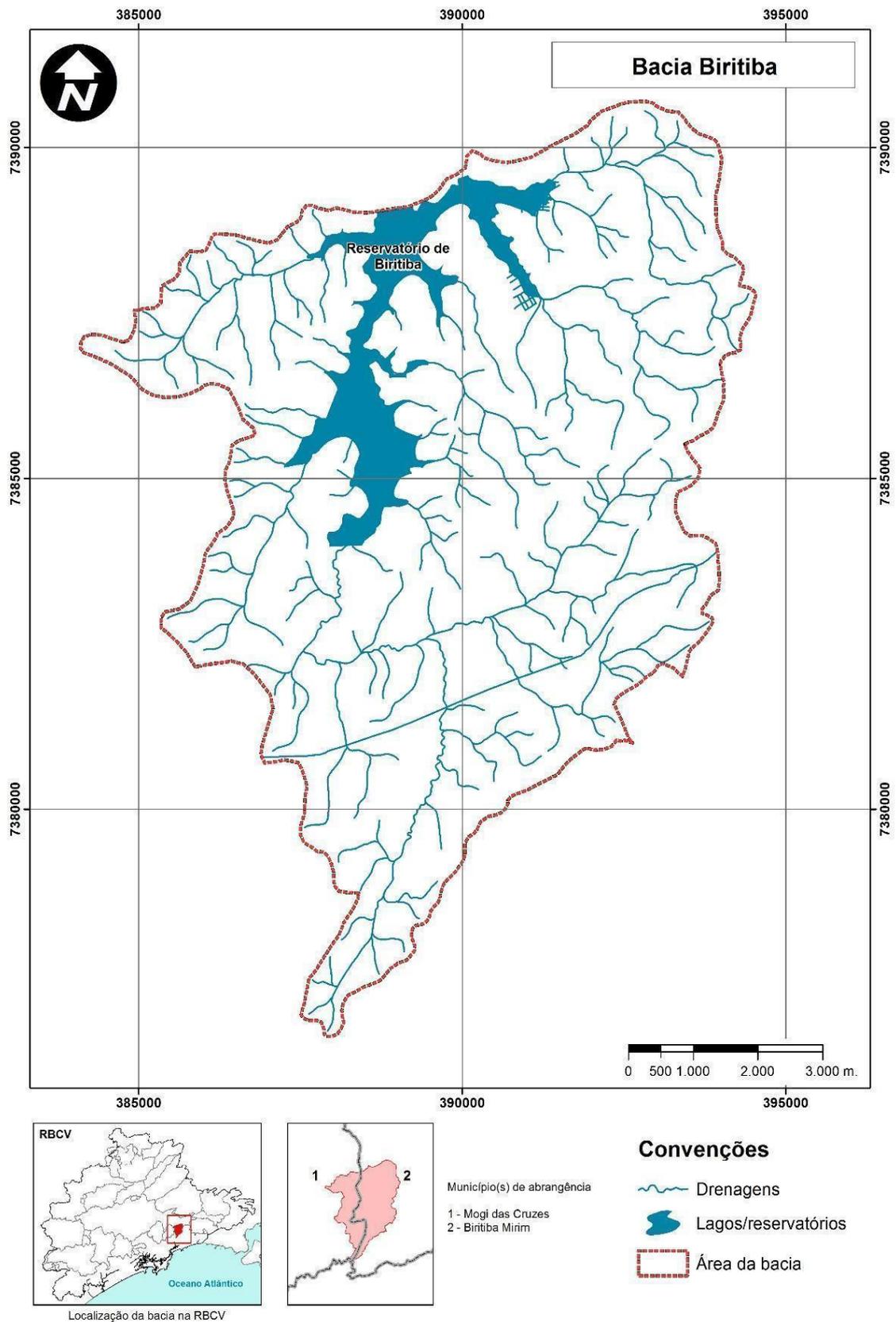
Segundo a DAEE (2006), Sendacz *et al.* (2006) e Trindade (2016) o reservatório Biritiba recebe águas proveniente dos Reservatórios Ponte Nova e Paraitinga, onde estas são bombeadas, por intermédio de túneis, até a estação elevatória de Biritiba que ao chegar à represa são direcionadas, por meio de complexos canal-túnel-canal, até a represa de Jundiá – na qual vai destinar a água para a represa seguinte do sistema até chegar ao destino final, represa Taiapuêba.

O uso e ocupação do solo no entorno do reservatório são essencialmente compostas por atividade agropecuária com foco em plantações, criações de animais (como granjas e pesqueiros) e agroindústrias de pequeno porte. Entretanto, ainda sim em certos pontos é possível identificar a presença de mata ciliar remanescentes, sendo de cobertura florestal nativa de médio e grande porte, e áreas de reflorestamento (Trindade 2016).

Além disso, Trindade (2016) atribuiu que 17,8% do uso do solo é destinado a pastagens, 18,7% a cultura agrícola, 0,61% a indústrias e 8,4% para chácaras. Em relação aos fragmentos florestais correspondem cerca de 45,9% e áreas de reflorestamento à 2,7%. Assim, o uso e ocupação do solo proveniente de vegetação corresponde 48,6% contra 45,5% de áreas ocupadas com atividade agrícola.

O reservatório possui dois pontos de monitoramento de qualidade da água (CETESB e SABESP) e já foi alvo de outros trabalhos realizados anteriormente. Sartori (2015), Sorrini (2015) e

Trindade (2016) realizaram estudos com foco na análise de sedimento, Cavalcanti (2002) trabalhou com fluxos subterrâneos, Urakawa (2011) analisou metais e defensivos agrícolas D'Avila (2011) trabalhou com comunidade de mosquitos (Diptera: Culicidae) e Sendacz *et al.* (2006) avaliou as taxas de fósforo e nitrogênio dos reservatórios que compõem o SPAT. Ambos esses estudos buscavam relacionar os resultados com a qualidade da água do reservatório.



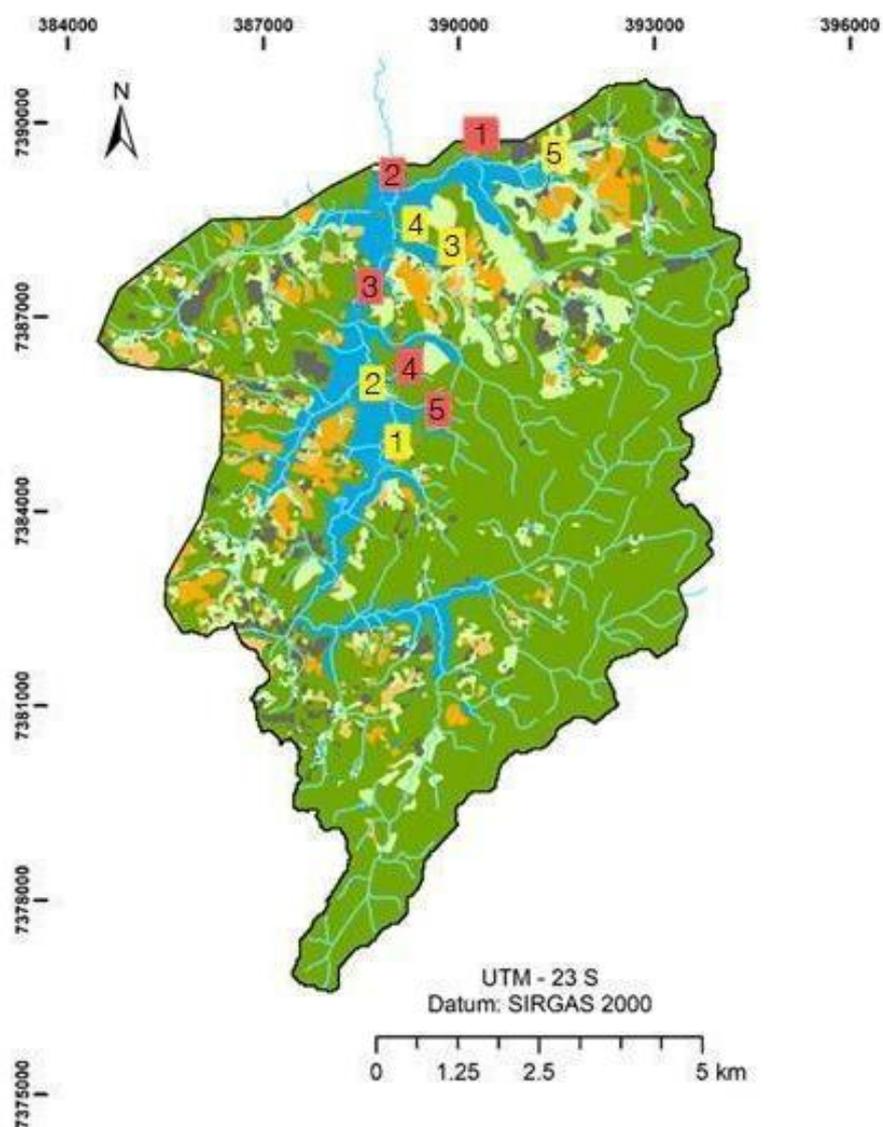
**Figura 2.** Mapa de Localização do Reservatório Biritiba Mirim e sua Bacia contribuinte (Fermoseli, 2020 - dados ainda não publicados).

## 5.2. AMOSTRAGEM

A amostragem constitui-se de quatro coletas realizadas trimestralmente ao longo de um ano, com início em agosto/2019 e término em maio/2020, a fim de abranger diferentes estações do ano, em 10 ponto de coletas por toda a extensão do reservatório, totalizando 40 amostras ( $n=40$ ). As estações de amostragem foram definidas com base no uso e ocupação do solo no entorno do reservatório, sendo 5 pontos de coleta próximos a locais com atividade agrícola e 5 pontos de coleta próximos a mata ciliar, totalizando 10 pontos de coleta (Tabela 2, Figura 3).

**Tabela 2.** Códigos, localização geográfica, característica do entorno e profundidade (Mínima, Média e Máxima) das dez estações de amostragem coletadas no reservatório Biritiba Mirim (SP).

Estações de Amostragem	Código das Estações	Coordenadas Geográficas	Característica do Entorno	Profundidade Mínima (m)	Profundidade Média (m)	Profundidade Máxima (m)
1	1MC	23°36.15'26.02"W, 46°5.40'29.12"S	Presença de mata ciliar	5,0	5,9	6,5
2	2MC	23°37.91'23.04"W, 46°5.13'41.65"S	Presença de mata ciliar	5,5	6,0	6,5
3	1ZA	23°38.23'11.22"W, 46°5.35'40.05"S	Presença de agricultura	2,5	3,6	4,5
4	2ZA	23°39.01'32.37"W, 46°5.39'55.87"S	Presença de agricultura	3,5	3,9	4,0
5	3MC	23°38.34'25.12"W, 46°5.42'04.09"S	Presença de mata ciliar	3,0	3,8	4,5
6	4MC	23°38.67'03.03"W, 46°5.69'20.18"S	Presença de mata ciliar	4,5	4,9	5,5
7	3ZA	23°36.01'51.52"W, 46°5.01'16.90"S	Presença de agricultura	4,0	4,5	5,5
8	4ZA	23°37.13'02.39"W, 46°4.79'56.12"S	Presença de agricultura	2,5	3,5	4
9	5ZA	23°36.12'17.73"W, 46°04.42'0.16"S	Presença de agricultura	2,0	2,3	3
10	5MC	23°36.03'6.42"W, 46°04.85'42.17"S	Presença de mata ciliar	6,0	6,3	6,5



**Figura 3.** Mapa de uso e ocupação da terra da sub-bacia do rio Biritiba-mirim contribuinte do reservatório Biritiba com a localização das estações amostradas no reservatório Biritiba para este estudo. Unidades de 1 a 5 em retângulos amarelos representam estações de amostragem com presença de horticultura/agricultura, e unidades de 1 a 5 em retângulos vermelhos representam estações de amostragem com presença de mata ciliar (Fermoseli Júnior 2022 - dados não publicados).

### 5.2.1. Autocorrelação Espacial

Com o intuito de verificar a existência de dependência espacial entre as estações de amostragem e os parâmetros limnológicos, foi aplicado o Índice de Moran Global (I) (Equação 1), que verifica autocorrelação espacial entre todos os polígonos de uma determinada área de estudo

(Moran 1950). A autocorrelação espacial refere-se à correlação entre observações com proximidade espacial medida em locais distintos (Costa 2014).

$$I = \frac{n}{\sum \sum w_{ij}} \frac{\sum \sum w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum (y_j - \bar{y})^2} \quad (1)$$

Onde:

$y_i$  = valor da variável  $y$  na região  $i$ ;

$y_j$  = valor da variável  $y$  na região  $j$ ;

$\bar{y}$  = média de  $y$ ;

$w_{ij}$  = elemento  $ij$  da matriz de proximidade espacial;

$n$  = número de observações.

O Índice de Moran Global foi realizado no software ArcGIS 10.1 (ESRI 2001).

### 5.3. VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS

A temperatura do ar e a precipitação pluviométrica foram obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a partir de dados coletados a partir da estação meteorológica Mirante de Santana (INMET 2017).

O município de Biritiba Mirim apresenta clima subtropical temperado onde o índice pluviométrico gira em torno de 1300 mm, com temperatura média anual de 18°C, sendo o mês mais frio julho (com médias de 15°C) e fevereiro o mês mais quente (com médias de 23°C) (PMBM 2000, Urakawa 2011). O período de chuva ocorre de outubro a março e o período de seca de abril a setembro (INMET 2017).

### 5.4. VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS ABIÓTICAS E BIÓTICAS

Para a análise das variáveis químicas e biológicas, as amostras de água foram coletadas na subsuperfície da coluna d'água, com o auxílio de um balde de aço inox, onde foram armazenadas em recipientes específicos e mantidas em caixas térmicas de transporte contendo gelo para conservar a temperatura e as propriedades, posteriormente, essas foram enviadas para análise ao Laboratório de Qualidade de Água do Instituto de Pesca. Os métodos de coleta, preservação, conservação e armazenamento das amostras estão de acordo com APHA (2012).

Para a análise dos parâmetros físicos foi utilizado uma sonda multiparâmetros de medida direta da marca Horiba modelo U22 para mensurar a temperatura da água, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, turbidez e pH, já para a estimativa da transparência da água foi utilizado o método do disco de Secchi.

Quanto ao perfil de temperatura foi obtido a cada 0,5 m ao longo da coluna d'água utilizando a sonda multiparâmetros de medida direta da marca Horiba modelo U22. As coletas seguiram os modelos e as recomendações de ANA/CETESB (2012), cuja as metodologias para cada variável estão disponíveis na tabela 3.

**Tabela 3.** Variáveis físicas, químicas e clorofila, suas metodologias e suas respectivas bibliografias.

Variáveis	Metodologia	Bibliografia
Transparência da água (m)	Disco de Secchi	Medida Direta
Temperatura da água (°C)	Sonda Multiparâmetros Horiba – Modelo U22	Medida Direta
Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	Sonda Multiparâmetros Horiba – Modelo U22	Medida Direta
Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Sonda Multiparâmetros Horiba – Modelo U22	Medida Direta
Turbidez (NTU)	Sonda Multiparâmetros Horiba – Modelo U22	Medida Direta
pH	Sonda Multiparâmetros Horiba – Modelo U22	Medida Direta
Nitrito ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Espectrofotométrico	Mackereth <i>et al.</i> (1978)
Nitrato ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Espectrofotométrico	Mackereth <i>et al.</i> (1978)
Íon amônio ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Espectrofotométrico	Mackereth <i>et al.</i> (1978)
Nitrogênio Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Espectrofotométrico	Valderrama (1981)
Fósforo Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Espectrofotométrico	Valderrama (1981)
Ortofosfato ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Espectrofotométrico	Strickland & Parsons (1960)
Clorofila a ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Espectrofotométrico	Nush (1980)

#### 5.4.1. Índice de Estado Trófico (IET)

O cálculo do Índice de Estado Trófico (IET) foi obtido por meio dos resultados das análises das propriedades limnológicas, seguindo a metodologia de Lamparelli (2004) modificada para reservatórios, que leva em conta valores a transparência da água, concentrações de fósforo total, clorofila a e a ponderação (Equações 2,3 e 4, respectivamente). Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para reservatórios estão descritos na tabela 4.

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((0,92 - 0,34 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) \quad (2)$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - (1,77 - 0,42 \times (\ln \text{PT}) / \ln 2)) \quad (3)$$

$$\text{IET} = [\text{IET(PT)} + \text{IET(CL)}] / 2 \quad (4)$$

Onde:

**PT** = concentração de fósforo total medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ;

**CL** = concentração de clorofila a medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ;

**Ln** = logaritmo natural.

**Tabela 4.** Classificação do Índice de Estado Trófico (IET) segundo CETESB. Adaptado de CETESB (2008).

<b>IET</b>	
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação
<b>Ultraoligotrófico</b>	IET ≤ 47
<b>Oligotrófico</b>	47 < IET ≤ 52
<b>Mesotrófico</b>	52 < IET ≤ 59
<b>Entrófico</b>	59 < IET ≤ 63
<b>Supereutrófico</b>	63 < IET ≤ 67
<b>Hipereutrófico</b>	IET > 67

#### 5.4.2. Razão Molar N:P

A razão molar N:P (16:1) foi calculada por meio dos valores de NT e PT a fim de verificar o nutriente limitante no ambiente analisado, posteriormente os resultados foram comparados com a razão de Redfield (Redfield 1958, Redfield *et al.* 1963) no qual expressa que se a razão do sistema for inferior a 16:1, este é considerado limitado por N, entretanto, caso acima de 16:1 é limitado por P (Bothwell 1985, Vidal *et al.* 2003).

#### 5.4.3. Tempo de Residência

O Tempo de Residência da água foi calculado para o período de estudo. Para tal foi utilizado dados hidrológicos obtidos pela SABESP (2022) em suas estações de monitoramento. Os valores de nível, volume, vazão e chuva do reservatório Biritiba Mirim são atualizados diariamente e estão disponíveis para consulta on-line no Portal dos Mananciais (ver SABESP 2022).

O cálculo é realizado por meio da razão entre o volume de água armazenada no reservatório e sua vazão de saída (Rueda *et al.* 2006) nos meses de amostragem, a partir da equação 6.

$$T = \frac{V}{Q} \tag{6}$$

Onde:

$T$  = Tempo de Residência (dias);

$V$  = Volume do reservatório (m<sup>3</sup>);

$Q$  = Descarga ou vazão (m<sup>3</sup>/s);

Fator de correção para dias =  $T/86.400$

### 5.5. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

As análises qualitativas e quantitativas da comunidade fitoplanctônica foram realizadas dentro do laboratório de microscopia, no núcleo de Ficologia, do Instituto de Botânica de São Paulo (IBt).

As amostras para a análise qualitativa da comunidade fitoplanctônica foram coletadas aplicando o método de arrasto horizontal na subsuperfície da coluna d'água, filtradas utilizando uma rede de plâncton com abertura de malha de 20 µm, e posteriormente preservadas em frascos de vidro contendo formol 4-5%, para futura análise em laboratório.

#### 5.5.1. Análise qualitativa

A identificação dos táxons foi baseada em bibliografia especializada para cada grupo de algas e cianobactérias, sempre que possível, até o nível infragenérico e infraespecíficos, onde foi observado características morfológicas, morfométricas e populacionais de cada espécime. O esforço amostral foi de 5 lâminas por amostra, a fim de analisar populações de 20 a 25 indivíduos de cada táxon por amostra. Além disso, os indivíduos isolados eram apenas identificados caso suas características diacríticas estivessem presentes e de acordo com a descrição encontrada em literatura.

O exame morfométrico foi realizado utilizando um microscópio fotônico modelo Zeiss Axioplan 2 com câmara clara, retículo micrometrado e câmara fotográfica acoplada, com assistência do software Axiovision 4.6. Os indivíduos foram analisados no aumento de 400x e 1000x, e quando necessário, para auxiliar na identificação dos espécimes, foi utilizado a epifluorescência com filtro verde para diferenciar a cianobactérias de bacterioplâncton, iodo para evidenciar grãos de amido e tinta nanquim e contraste de fase para evidenciar bainhas mucilaginosas.

Os sistemas de classificação utilizados foram: Round *et al.* (1990) para as Bacillariophyceae, Fragilariophyceae e Coscinodiscophyceae; Krienitz & Bock (2012) para as Chlorophyceae; Komárek *et al.* (2014) para Cyanobacteria; Van den Hoek *et al.* (1995) para as demais classes. A sequência das classes de algas e cianobactérias apresentadas no *capítulo II* segue a mesma ordem apresentada por Bicudo & Menezes (2017). Para a verificação de nomes e categorias taxonômicas foi também utilizado o site AlgaeBase (<http://www.algaebase.org>)

Após a análise taxonômica dos espécimes, as amostras foram depositadas no acervo do Herbário Científico do Estado “Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo” do Instituto de Botânica de São Paulo (tabela 5).

**Tabela 5.** Lista dos Números de acervo das amostras fitoplanctônicas provenientes do reservatório Biritiba Mirim nos quatros meses de coleta incorporadas à coleção líquida do Herbário (SP) do Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA) com suas respectivas estações de coleta e datas da amostragem.

<u>Número de SP</u>	<u>Estação</u>	<u>Data da Amostragem</u>
514.027	1MC	
514.028	2MC	
514.029	3MC	
514.030	4MC	
514.031	5MC	
514.032	1ZA	15/08/2019
514.033	2ZA	
514.034	3ZA	
514.035	4ZA	
514.036	5ZA	
514.037	1MC	
514.038	2MC	
514.039	3MC	
514.040	4MC	
514.041	5MC	
514.042	1ZA	07/11/2019
514.043	2ZA	
514.044	3ZA	
514.045	4ZA	
514.046	5ZA	
514.047	1MC	
514.048	2MC	
514.049	3MC	
514.050	4MC	
514.051	5MC	
514.052	1ZA	13/02/2020
514.053	2ZA	
514.054	3ZA	
514.055	4ZA	
514.056	5ZA	
514.057	1MC	
514.058	2MC	
514.059	3MC	
514.060	4MC	
514.061	5MC	
514.062	1ZA	14/05/2020
514.063	2ZA	
514.064	3ZA	
514.065	4ZA	
514.066	5ZA	

### 5.5.2. Análise quantitativa

As amostras para a análise quantitativa da comunidade fitoplanctônica foram coletadas com uma garrafa coletora na subsuperfície da coluna d'água e armazenadas em frascos de vidros, após conservadas dentro de caixas térmicas contendo gelo até a chegada ao laboratório, onde o material foi fixado com Lugol Acético 1% na proporção 1:100.

A contagem dos indivíduos de cada amostra foi realizada no microscópio invertido Zeiss Axiovert 25, seguindo a metodologia de Utermöhl (1958), no aumento de 400x e com as cubetas de sedimentação de 5 mL e 25 mL, onde o tempo de sedimentação das amostras foi de três horas para cada centímetro de altura da câmara (Lund *et al.* 1958).

Adicionalmente, a determinação do número mínimo de campos contado foi estipulada utilizando o gráfico de estabilização de espécies e pela contagem de 100 indivíduos do táxon mais comum ou 400 indivíduos ao todo, isso dependendo da amostra. Para todas as amostras todo cenóbio, colônia, célula ou filamento foi considerado como indivíduo, assim os resultados foram apresentados em densidade ( $\text{org.mL}^{-1}$ ) e calculados de acordo com a fórmula (equação 7) descrita em Weber (1973):

$$\text{Organismos.mL}^{-1} = (n/sc).(1/h).(F) \quad (7)$$

Onde:

**n** = número de indivíduos efetivamente contados;

**s** = área do campo em  $\text{mm}^2$  (no aumento de 40x);

**c** = número de campos contados;

**h** = altura da câmara de sedimentação em mm;

**F** = fator de correção para mililitro ( $10^3 \text{ mm}^3/1 \text{ mL}$ ).

### 5.5.3. Biovolume

O biovolume dos táxons foi obtido junto a literatura especializada (Apêndice A), e para aqueles que não tinham essa informação disponível foi realizado o cálculo, baseado nas dimensões obtidas durante o exame morfométrico.

A determinação do volume de cada espécie foi baseada na correspondência da forma geométrica, ou o conjunto de duas ou mais formas, que mais se aproxima da morfologia do indivíduo de acordo com os trabalhos de Hillebrand *et al.* (1999), Sun & Liu (2003), Vadrucci *et al.* (2007) e Fonseca *et al.* (2014). Vale ressaltar que procurou-se estimar o volume médio conforme as dimensões médias de 20 indivíduos de cada táxon, depois multiplicando-o pelo número médio de células. Assim, uma vez calculado o volume este foi multiplicado pelo valor da densidade para obter o valor do biovolume, este expresso em  $\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$

As formas geométricas e suas siglas utilizadas encontram-se disponíveis na tabela 6.

**Tabela 6.** Formas geométricas e siglas utilizadas no cálculo do biovolume da comunidade fitoplanctônica.

<b>Forma Geométrica</b>	<b>Legenda</b>
Cilindro	Cil
Esfera	Esf
Esferoide	Esfo
Monoraphidioide	Mono
Prisma triangular	Priret
2 Cilindros + 1 prima	2Cil+1pr
Cilindro + 2 cones (H=1,2h)	cil + 2cone
Cone + semi-esfera	Cone+0,5esf
Cone	Cone
Prisma retangular + 8 cones	Priret+8con
Prisma eliptio + 4 cones	Prielt+4cone
2 Cones	2cone
2 Cones truncados	2contrd
Pirâmide	Pird

#### 5.5.4. Índices Biológicos

Foram utilizados índices biológicos para auxiliar na avaliação das condições ambientais do reservatório Biritiba Mirim bem como mensurar a dinâmica da comunidade fitoplanctônica ao longo do tempo e espaço. Os índices analisados foram:

- **Riqueza específica (R):** Foi determinado considerando o número total de táxons encontrados por amostra.
- **Índice de dominância (D’):** estimado por meio da fórmula proposta por Simpson (1949), utilizando a fórmula 8:

$$DS' = \frac{ni(ni-1)}{n(n-1)} \quad (8)$$

Onde:

$ni$  = número total de indivíduos de cada táxon na amostra;

$n$  = número total de indivíduos na amostra.

- **Índice de diversidade (H’) (bits.ind-1 / bits.µm<sup>3</sup>):** estimado pelo índice de Shannon & Weaver (1963), utilizando a fórmula 9:

$$H' = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (9)$$

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 Equitabilidade (J)**: estimado pela fórmula proposta por Pielou (1966), utilizando a fórmula 10:

$$J' = \frac{H'}{H'_{MAX.}} \quad (10)$$

Onde:

$H_{MAX.} = \ln(S)$  [S= número de espécies amostradas; Ln = logaritmo neperiano]

#### 5.5.5. Espécies descritoras de comunidade

As espécies denominadas descritoras foram aquelas cuja densidade total relativa apresentou valores acima de 1%, e de maneira conjunta, somavam mais de 80% da densidade total da amostra.

### 5.6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

As análises conjuntas dos dados obtidos foram realizadas em diferentes softwares, onde o foi adotado um nível de significância de  $p < 0,05$ . Para as análises multivariadas foi utilizado o software PC-ORD versão 6 (McCune & Mefford 1997), onde foram consideradas correlações significativas aquelas que apresentaram  $r > 0,5$ , com os eixos 1 e 2 da ordenação.

A fim de determinar a variabilidade dos dados ambientais em relação ao período de estudo foi utilizado a Análise dos Componentes Principais (PCA) (Goodall 1954 *apud* Valentin, 2000). A análise de correspondência canônica (CCA) foi empregada para correlacionar a variabilidade dos dados ambientais com os dados bióticos da comunidade fitoplanctônica (Digby & Kempton 1987, Ter-Braak 1986). A significância estatística entre as matrizes foi verificada utilizando um teste de permutação de Monte Carlo, realizando 999 permutações. A escolha da base biótica para a CCA baseou-se nas espécies descritoras, onde foi empregado PCA para a seleção de dados previamente, que mais contribuíram para o biovolume durante o período de estudo.

Foi utilizada matriz de covariância para ambas as análises, onde os dados foram transformados pela amplitude de variação “ranging”  $([(x-x_{min}) / (x_{max}-x_{min})])$  tanto para os dados bióticos quanto abióticos.

Para identificar a existência de padrões distintos na composição de espécies descritoras entre as estações de amostragem estudadas e período de coleta foi aplicado a análise de escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS), onde o valor de stress adotado foi  $S < 0,20$  (Clarke & Warwick 1994). Para a ordenação foram utilizados dados de abundância e aplicado o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis.

A análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) com 999 permutações, baseada no índice de dissimilaridade de Bray-Curtis, foi feita com o intuito de detectar mínimas diferenças estatísticas significativas entre os índices biológicos, espécies descritoras em relação ao uso do solo e período de pesquisa.

A PERMANOVA e a nMDS foram realizadas no software PAST versão 4.08 pacote para Windows (Hammer *et al.* 2001).

## LITERATURA CITADA

- Agale, M.C., Patil, J.V., Patel, N.G.** 2013 Study of seasonal variations of Phytoplankton and their correlation with physicochemical parameters of Budaki Medium Irrigation Tank, Shirpur. Dist.Dhule (M.S.) India. *European Journal of Zoological Research*, 2(3): 8–16.
- Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA) & Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).** 2012. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB, Brasília: ANA.
- Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA).** 2009. Fatos e tendências – água. No rumo da mudança. Brasília: ANA.
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).** 2010. Atlas Brasil: Abastecimento urbano de água: resultados por estado. Brasília: ANA.
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).** 2020. Relatório de Segurança de Barragens – 2019. Brasília: ANA.
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).** 2021. Relatório de Segurança de Barragens – 2019. Brasília: ANA.
- Albay, M. & Akcaalan, R.** 2003. Factors influencing the phytoplankton steady state assemblages in a drinking-water reservoir (Ömerli reservoir, Istanbul). *Hydrobiologia*, 502:85-95.
- Alves, J., Matthiensen & A., Petrucio, M.M.** 2020. Parâmetros tróficos da qualidade da água e estrutura da comunidade fitoplanctônica no reservatório da UHE Itá. *Embrapa*: 281-297.
- Alves, J., Silva, L.P., Schuster, K.F., Matthiensen, A., Petrucio, M.M.** 2021. Environmental conditions are more effective than nutrient availability and spatial processes on explaining microphytoplankton functional structure in a subtropical hypereutrophic reservoir. *Austral Ecology*, 1-15.
- American Public Health Association (APHA).** 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 nd ed., Washington, American Public Health Association Pub., 1935 p.
- Amorim, C.A. & Moura, A.N.** 2022. Habitat templates of phytoplankton functional groups in tropical reservoirs as a tool to understand environmental changes. *Hydrobiologia*, 849: 1095-1113.
- Angellini, R., Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Costa, R.S., Litini, J.D.** 2005. Análise Ecológica de Reservatórios. *In*: L. Rodrigues, S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & L.C Gomes (eds). *Biocenoses em Reservatórios. Padrões Espaciais e Temporais*. RiMa, São Carlos, pp. 311-321.

- Araujo, P.L., Hamburger, D.S., Jesus, T.A., Benassi, R.F., Cicco, V.** 2018. Relação entre a qualidade da água e uso do solo na microbacia do reservatório Billings, na Região Metropolitana de São Paulo, SP. REGA, 15(2): e2.
- Ayele, H. S. & Atlabachew, M.** 2021. Review of characterization, factors, impacts, and solutions of Lake eutrophication: lesson for lake Tana, Ethiopia. Environmental Science and Pollution Research, 28(12): 14233-14252.
- Aznar-Sánchez, J.A., Piquer-Rodríguez, M., Velasco-Muñoz, J.F. & Manzano-Agugliaro, F.** 2019. Worldwide research trends on sustainable land use in agriculture. Land Use Policy, 87: e104069.
- Bailão, E.F.L.C., Santos, L.A.C., Almeida, S.S., D'Abadia, P.L., Morais, R.J., Matos, T.N.M., Caramori, S.S., Araújo, C.S.T., Neto, C.M.S., Almeida, L.M.** 2020. Effect of land-use pattern on the physicochemical and genotoxic properties of water in a low-order stream in Central Brazil. Revista Ambiente e Água, 15(3): 2486.
- Baker, T.J. & Miller, S.N.** 2013. Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to assess land use impact on water resources in an East African watershed. Journal of Hydrology, 486: 100-111.
- Barbosa, F.A.R., Padisák, J., Espíndola, E.L.G., Borics, G., Rocha, O.** 1999. The Cascading Reservoir Continuum Concept (CRCC) and its application to the river Tietê-Basin, São Paulo State, Brazil. *In*: J.G. Tundisi & M. Straškraba (eds). Theoretical reservoir ecology and its applications. International Institute of Ecology. Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers. São Carlos, pp. 425-437.
- Barroso, H.S., Santos, J.A., Marins, R.V., Lacerda, L.D.** 2018. Assessing temporal and spatial variability of phytoplankton composition in a large reservoir in the Brazilian northeastern region under intense drought conditions. Journal of Limnology, 77(1): 130-146.
- Baú, A.C.** 2018. Variação espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica em uma seção do Reservatório de Passo Real, RS, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 49 pp.
- Baumgartner, M.T., Baumgartner, G., Gomes, L.C.** 2018. Spatial and temporal variations in fish assemblage: testing the zonation concept in small reservoirs. Brazilian Journal of Biology, 78(3): 487-500.
- Bazhenova, O.P. & Krentz, O.O.** 2018. Phytoplankton as an Indicator of Ecological State of the Saltain-Tenis Lake System (Omsk Region). Contemporary Problems of Ecology, 11: 168-178.

- Bhattacharyya, S. & Sanyal, J.** 2019. Impact of different types of meteorological data inputs on predicted hydrological and erosive responses to projected land use changes. *Journal of Earth system Science*, 128: e60.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M.** 2017. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. 3 ed. Rima, São Carlos.
- Biggs, T. W., Santiago, T. M. O., Sills, E., Caviglia-Harris, J.** 2019. The Brazilian Forest Code and riparian preservation areas: spatiotemporal analysis and implications for hydrological ecosystem services. *Regional Environmental Change*, 19(8): 2381-2394.
- Borges, P.A.F., Train, S., Rodrigues, L.C.** 2008. Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical Brazilian reservoirs. *Hydrobiologia*, 607: 63-74.
- Bortolini, J.C., Silva, P.R.L., Baumgartner, G., Bueno, N.C.** 2019. Response to environmental, spatial, and temporal mechanisms of the phytoplankton metacommunity: comparing ecological approaches in subtropical reservoirs. *Hydrobiologia*, 830: 45-61.
- Bothwell, Max L.** 1985. Phosphorus limitation of lotic periphyton growth rates: An intersite comparison using continuous-flow troughs (Thompson River system, British Columbia). *Limnology and Oceanography*, 30 (3): 527-542.
- Bratt, A. R., Finlay, J. C., Welter, J. R., Vculek, B. A., Van Allen, R. E.** 2019. Co-limitation by N and P Characterizes Phytoplankton Communities Across Nutrient Availability and Land Use. *Ecosystems*, 23(6): 1121-1137.
- Bužančić, M., Gladan, Z.N., Marasović, I., Kušpilić, G., Grbec, B.** 2016. Eutrophication influence on phytoplankton community composition in three bays on the eastern Adriatic coast. *Oceanologia*, 58: 302–316.
- Calijuri, M.C., Deberdt, G.L.B., Minoti, R.T.** 1999. A Produtividade Primária pelo Fitoplâncton na Represa de Salto Grande. *In: R, Henry (ed). Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais. FUNDIBIO: FAPESP, Botucatu*, pp. 48-109.
- Camara, M., Jamil, N. R., Abdullah, A. F. B.** 2019. Impact of land uses on water quality in Malaysia: A review. *Ecological Processes*, 8: 1-10.
- Carmo, E.J.S.** 2014. Cianobactérias planctônicas do reservatório do ribeirão João Leite (Goiás) durante a fase de enchimento: florística e floração. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Carneiro, F.M. & Bini, L.M.** 2020. Revisiting the concept of longitudinal gradients in reservoirs. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 32: e8.
- Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.F., Howarth, R.W., Sharpley, A.N, Smith, V.H.** 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8: 559-568.

- Cavalcanti, M.A.M.P.** 2002. A modelagem matemática associada ao Sistema de Informação Geográfica como instrumento de previsão no estudo do impacto hidrogeológico de reservatórios. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Chaves, L.C.G., Lopes, F.B., Maia, A.R.S., Meireles, A.C.M., Andrade, E.M.** 2019. Water quality and anthropogenic impact in the watersheds of service reservoirs in the Brazilian semi-arid region. *Revista Ciência Agronômica*, 50 (2): 223-233.
- Cicerelli, R. & Galo, M.L.B.T.** 2015. Sensoriamento remoto multifonte aplicado na detecção do fitoplâncton em águas interiores. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(3): 259-265.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M.** 1994. Similarity-based testing for community pattern: the 2-way layout with no replication. *Marine Biology*, 118: 167-176.
- Collins, S. L., Avolio, M. L., Gries, C., Hallett, L. M., Koerner, S. E., La Pierre, K. J., Rypel, A.L., Sokol, E.R., Fey, S.B., Flynn, D.F.B., Jones, S.K., Ladwig, L.M., Ripplinger, J., Jones, M.B.** 2018. Temporal heterogeneity increases with spatial heterogeneity in ecological communities. *Ecology*, 99(4): 858-865.
- Comitê Alto Tietê.** 2019. A Bacia. Caracterização geral. Disponível em: <https://comiteat.sp.gov.br/a-bacia/caracterizacao-geral/> (acesso em 15-V-2020).
- Companhia Ambiental do Estado De São Paulo (CETESB).** 2004. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2003. São Paulo.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).** 2008. Aprêndice D - índices de Qualidade das Águas. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-qualidade-das-%C3%81guas.pdf>. (acesso em 24-XI-2021)
- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).** 2009. DOSSIÊ Sistema Alto Tietê. São Paulo.
- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SAPESP).** 2022. Portal dos Mananciais SABESP. Dados Sistemas produtores. Disponível em: <https://mananciais.sabesp.com.br/HistoricoSistemas?SistemaId=1> (acesso em 26-IV-2022).
- Costa, F.M.** 2014. Distribuição e estrutura de dependência espacial em dados de área. Tese de doutorado, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Cruz, P.S., Silva, R.D.S., Oliveira, D. A., Viana, L.G., Silva, D.L., Barbosa, J.E.L.** 2018. Dinâmica do fitoplâncton e evolução trófica de reservatório no Semiárido brasileiro. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 13 (40): 495-500.

- D'ávila, F.A.** 2011. Estudo do impacto da construção de duas barragens na dinâmica populacional de mosquitos (Diptera: Culicidae) na Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Dantas, E.W., Moura, A.N., Bittercourt-Oliveira, M.C., Neto, J.D.T.A., Cavalcanti, A.D.C.** 2008. Temporal variation of the phytoplankton community at short sampling intervals in the Mundaú reservoir, Northeastern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 22(4): 970-982.
- Davide, A.C., Ferreira, R.A., Faria, J.M.R., Botelho, S.A.** 2000. Restauração de matas ciliares. *Informe Agropecuário*, 21(207): 55-74.
- Departamento de Águas e Energia Elétrica do Governo de São Paulo (DAEE).** 2006. Sistema produtor Alto Tietê. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/site/sistema-produtor-alto-tiete/> (acesso em 15-V-2020).
- Deus, R., Brito, D., Kenov, I.A., Lima, M., Costa, V., Medeiros, A., Neves, R., Alves, C.N.** 2013. Three-dimensional model for analysis of spatial and temporal patterns of phytoplankton in Tucuruí reservoir, Pará, Brazil. *Ecological Modelling*, 253:28-43.
- Digby, P.G.N. & Kempton, R.A.** 1987. Population and community biology series: Multivariate Analysis of ecology communities. Chapman Hall, London.
- Diniz, A.S, Filho, S.L.N., Gama, W.A., Moura, A.N.** 2022. Temporal and vertical variation of phytoplankton and zooplankton in two tropical reservoirs with different trophic states. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 94(2): e20200624.
- Dochin, K., Ivanova, A., Iliev, I.** 2017. The phytoplankton of Koprinka Reservoir (Central Bulgaria): species composition and dynamics. *Journal of BioScience and Biotechnology*, 6(1): 73-82.
- Doubek, J.P., Carey, C.C., Cardinale, B.J.** 2015. Anthropogenic land use is associated with N-fixing cyanobacterial dominance in lakes across the continental United States. *Aquatic Science*, 77(4): 681-694.
- Dutta, S. & Choudhury, A. K.** 2021. An assessment of the temporal alterations in the trophic status and habitat heterogeneity of the anthropogenically influenced Bhagirathi–Hooghly estuary in reference to phytoplankton community and environmental variables. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(35): 48681–48705.
- El-Kassas, H.Y. & Gharib, S.M.** 2016. Phytoplankton abundance and structure as indicator of water quality in the drainage system of the Burullus Lagoon, southern Mediterranean coast, Egypt. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188: 530.
- ESRI.** 2001. Using ArcGIS Geostatistical Analyst. Redlands, CA: ESRI Press.
- Fernandes, L.F., Gutseit, K.C., Wojciechowski, J., Lagos, P.E.D., Xavier, C.F., Wosiack, A.C.** 2011. Ecologia do fitoplâncton no reservatório Rio Verde. *In*: C.L.N. Cunha, C. Carneiro, E.F. Gobbi & C.V Andreoli (eds). *Eutrofização em Reservatórios: Gestão Preventiva*. Estudo

- Interdisciplinar na Bacia do Rio Verde. Editora da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, pp. 286-306.
- Field, C. B., M. J. Behrenfeld, J. T. Randerson, P. Falkowski.** 1998. Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science*, 281: 237-242.
- Fonseca, B.M. & Bicudo, C.E.M.** 2008. Phytoplankton seasonal variation in a shallow stratified eutrophic reservoir (Garcas Pond, Brazil). *Hydrobiologia*, 600:267-282.
- 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 estados tróficos. *Hoehnea*, 41(1): 9-30.
- Forsblom, L., Lehtinen, S., Lindén, A.** 2019. Spatio-temporal population dynamics of six phytoplankton taxa. *Hydrobiologia*, 828: 301-314.
- Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (FABHAT).** 2016. Plano de bacia hidrográfica do Alto Tietê – UGRHI 06. Relatório I. São Paulo.
- Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo (FUSP) & Fundo Estadual De Recursos Hídricos (FEHIDRO).** 2009. Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Sumário Executivo. São Paulo.
- Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo (FUSP).** 2008. Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Diagnóstico analítico da bacia. Relatório Final. São Paulo.
- Gebrehiwot, M., Kifle, D., Triest, L.** 2020. Partitioning the influence of hydrodynamics-induced physical variables and nutrients on phytoplankton assemblages in a shallow tropical reservoir (Koka, Ethiopia). *Limnology*, 21: 269-274.
- Goodall, D. W.** 1954. Objective methods for the classification of vegetation. III. An essay on the use of factor analysis. *Australian Journal of Botany*, 2: 304-324.
- Governo Federal do Brasil.** 2020. Energia Limpa. Fontes de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira> (acesso em 21-IV-2021).
- Guimarães, T.M.H.** 2018. Interferência do uso e ocupação do solo na qualidade da água em bacia hidrográfica com disponibilidade hídrica crítica. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., P. D. Ryan.** 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): p9.
- Hayes, N.M., Vanni, M.J., Horgan, M.J., Renwick, W.H.W.H.** 2015. Climate and land use interactively affect lake phytoplankton nutrient limitation status. *Ecology* 96: 392-402.

- Henry, R.** 1995. The thermal structure of some lakes and reservoirs in Brazil. *In*: J.G. Tundisi, C.E.M. Bicudo & T. Matsumura-Tundisi (eds). *Limnology in Brazil*. Brazilian Academy of Sciences: Brazilian Limnological Society, Rio de Janeiro, pp. 351-363.
- Henry, R.** 1999. *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais*. FAPESP, FUNDIBIO, Botucatu: p800.
- 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.
- Hobbie, S.E., Finlay, J.C., Benjamin, D., Nidzgorski, D.A., Millet, D.B., Lawrence, A.** 2017. Contrasting nitrogen and phosphorus budgets in urban watersheds and implications for managing urban water pollution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114: 4177-4182.
- Inag, I.P.** 2011. Manual para a avaliação da qualidade biológica da água. Guia de utilização da tabela de valores-guia normalizados de biovolumes e determinação do biovolume através de procedimentos laboratoriais. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. Instituto da Água, I.P.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.** 2014. Séries Históricas e Estatísticas. Consumo nacional de agrotóxicos e afins por área plantada. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=IU18&t=uso-agrotoxicos-1-consumo-nacional-agrotoxicos> (acesso em 16-V-2021).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.** 2019. Censo Agropecuário. Investimento em tecnologia aumenta produtividade da safra agrícola em 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/26076-investimento-em-tecnologia-e-pesquisa-aumenta-produtividade-da-safra> (acesso em 16-V-2021).
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.** 2021. Relatórios de comercialização de agrotóxicos. Disponível em: [http://www.ibama.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=594&Itemid=5](http://www.ibama.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=594&Itemid=5) (acesso em 16-V-2021).
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).** 2014. Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental (PDPA) dos mananciais do Subcomitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê Cabeceiras (SCBH-ATC) e assessoria para elaboração das respectivas Leis Específicas. Relatório Final. Volume 2 – Parte A. São Paulo.
- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).** 2017. BDMEP – Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/inicio> (acesso em 05-VII-2020).

- Junk, J. W. & Mello, J.A.S.N.** 1990. Impactos ecológicos das represas hídrelétricas na bacia amazônica brasileira. *Estudos avançados*, 4: 126-143.
- Kamboj, V., Kamboj, N., Sharma, A.K., Bisht, A.** 2022. Phytoplankton communities as bio-indicators of water quality in a mining-affected area of the river Ganga, Haridwar, India. *Energy, Ecology and Environment*, 7: 425-438.
- Katsiapi, M., Mazaris, A.D., Charalampous, E., Moustaka-Gounim, M.** 2012. Watershed land use types as drivers of freshwater phytoplankton structure. *Hydrobiologia*, 698: 121-131.
- Kimmel, B.L., Lind, O.T, Paulson, J.L.** 1990. Reservoir ecosystems: conclusions and speculations. *In: K.W. Thornton, B.L. Kimmel & F.E. Payne (eds.). Reservoir limnology: ecological perspectives.* John Wiley & Sons, New York, pp. 133-194.
- Komárek, J.; Kaštovský, J.; Mareš, J.; Johansen, J. R.** 2014. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia*, 86:295-335.
- Kostryukova, A.M., Mashkova, I.V., Trofimenko, V.V., Vasilieva, E.I.** 2019. Taxonomic structure of phytoplankton in Shershnevskoe Reservoir (Chelyabinsk, Russia), an artificial lake. *Earth and Environmental Science*, 351: 1-7.
- Kreiling, R. M., Bartsch, L. A., Perner, P. M., Hlavacek, E. J., Christensen, V. G.** 2021. Riparian Forest Cover Modulates Phosphorus Storage and Nitrogen Cycling in Agricultural Stream Sediments. *Environmental Management*, 68(2): 279-293.
- Krienitz, L. & Bock, C.** 2012. Present state of the systematics of planktonic coccoid green algae of inland waters. *Hydrobiologia*, 698: 295-326.
- Kutlu, B., Aydin, R., Danabas, D., Serdar, O.** 2020. Temporal and seasonal variations in phytoplankton community structure in Uzuncayir Dam Lake (Tunceli, Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2): 150.
- Lamparelli, M.C.** 2004. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Lei, L., Li, Q., Chen, J., Wang, J., Jioa, S., Chen, F.** 2018. Temporal and spatial distribution of phytoplankton functional groups and role of environment factors in a deep subtropical reservoir. *Journal of Oceanology and Limnology*, 36: 761-771.
- Li, Q., Cai, T., Yu, M., Lu, G., Xie, W., Bai, X.** 2011. Investigation into the impacts of land-use change on runoff generation characteristics in the upper Huaihe River Basin, China. *Journal of Hydraulic Engineering*, 18(11): 1464-1470.
- Li, S., Gu, S., Liu, W., Han, H., Zhang, Q.** 2008. Water quality in relation to land use and land cover in the upper Han River Basin, China. *CATENA*, 75(2), 216-222.

- Lim, J.H. & Lee, C.W.** 2017. Effects of eutrophication on diatom abundance, biovolume and diversity in tropical coastal waters. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189: 432-442.
- Lin, S.S., Shen, S.L., Zhou, A., Lyu, H.M.** 2021. Assessment and management of lake eutrophication: A case study in Lake Erhai, China. *Science of The Total Environment*, 751: e141618.
- Loaiza-Restano, A.M., Marquardt, G.C., Ferragut, C., Bicudo, C.E.M.** 2020. Spatial and temporal variation of the phytoplankton structure in cascading oligotrophic reservoirs of southeast Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 32: 1-13.
- Lopes, M.R.M., Bicudo, C.E.M., Ferragut, C.** 2005. Short term spatial and temporal variation of phytoplankton in a shallow tropical oligotrophic reservoir, southeast Brazil. *Hydrobiologia* 542: 235-277.
- 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(2): 143-170.
- Machado, K.B., Borges, P.P., Carneiro, F.M., Santana, J.F., Vieira, L.C.G., Huszar, V.L.M., Nabout, J.C.** 2015. Using lower taxonomic resolution and ecological approaches as a surrogate for plankton species. *Hydrobiologia*, 743: 255-267.
- Machado, L.S., Santos, L.G., Doval J.C.L., Pompêo, M.L.M., Moschini-Carlos, V.** 2016. Fatores ambientais relacionados à ocorrência de cianobactérias potencialmente tóxicas no reservatório de Guarapiranga, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, 11(4): 810-818.
- Mackereth, F.I.F., Heron, J., Talling, J.F.** 1978. *Water analysis: some revised methods for limnologist*. London: Freshwater Biological Association, 121p.
- Marques, R. & Souza, L.C.** 2005. Maras ciliares e áreas de recarga hídrica. *In: C.V. Andreoli & C. Caneiro (eds). Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimentos Eutrofizados*. Editora Gráfica Capital Ltda, Curitiba, pp.161-188.
- MCCUNE, B. & MEFFORD, J.J.** 1997. *PC-ord. Multivariate analysis of ecological data, version 3.0*. Oregon MjM Software Design, 47p.
- Mello, K., Randhir, T. O., Valente, R. A., Vettorazzi, C. A.** 2017. Riparian restoration for protecting water quality in tropical agricultural watersheds. *Ecological Engineering*, 108: 514–524.
- Menescal, M.T.A.P.** 2018. *Cianobactérias e cianotoxinas em uma floração no reservatório Joanes I*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- Menezes, J.P.C., Bittencourt, R.P., Farias, M.S., Bello, I.P., Fia, R., Oliveira, L.F.C.** 2016. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 21(3): 519-534.

- Moraes, R.F.** 2019. A Expansão da Utilização de Agrotóxicos no Brasil. *In*: R.F. Moraes. (ed) Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, pp. 18-34.
- Moran, P.A.P.** 1950. Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika* 37:17-23.
- Nikulina, V.N.** 2019. Phytoplankton as na Indicator of Ecological State of the Neva River Estuary for 2011–2015. *Contemporary Problems of Ecology*, 12: 275-279.
- Nush, E.A.** 1980. Comparasion of differtent methods for chlorophyll and phaeopigments determination. *Hydrobiologic* (14): 14-36.
- Oliveira, S.A., Ferragut, C., Bicudo, C.E.M.** 2020. Relationship between phytoplankton structure and environmental variables in tropical reservoirs with different trophic states. *Acta Botanica Brasilica*, 34(1): 83-93.
- Otten, T.G. & Paerl, H.W.** 2015. Health Effects of Toxic Cyanobacteria in U.S. Drinking and Recreational Waters: Our Current Understanding and Proposed Direction. *Current Environmental Health Reports*, 2: 75-84.
- Ou, Y., Wang, X., Wang, L., Rousseau, A.N.** 2016. Landscape influences on water quality in a riparian buffer zone of drinking water source area, Northern China. *Environmental Earth Sciences*, 75 (114): 1-13.
- Padisák, J., Barbosa, F.A.R., Bórbely, G., Borics, G., Chorus, I., Espíndola, E.L.G., Heinze, R., Rocha, O., Törökné, A.K., Vasas, G.** 2000. Phytoplankton composition, biodiversity and a pilot survey of toxic cyanoprokariotes in a large cascading reservoir system (Tietê basin, Brazil). *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 27: 2734-2742.
- Pagioro, T.A., Thomaz, S.M., Roberto, M.C.** 2005. Caracterização Limnológica Abiótica dos Reservatórios. *In*: L. Rodrigues, S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & L.C. Gomes. (eds) *Biocenoses em Reservatórios. Padrões Espaciais e Temporais*. RiMa, São Carlos, pp. 17-37.
- Parakkandi, J., Saha, A., Sarkar, U. K., Das, B. K., Puthiyottil, M., Muhammadali, S. A., Ramteke, M., Johnson, C., Kumari, S.** 2021. Spatial and temporal dynamics of phytoplankton in association with habitat parameters in a tropical reservoir, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(10): 827.
- Parmar, T.K., Rawtani, R., Agrawal, Y.K.** 2016. Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in Life Science*, 9(2): 110-118.
- Patoine, A., Karmakar, M., Kurek, J.** Differential Impacts of Climate and Land-use on Twentieth-century Phytoplankton Composition among and within Two Temperate Coastal Estuaries of Atlantic Canada. *Estuaries and Coasts*. 45(5): 1371-1392.

- Patrick, C., McCluney, K.E., Ruhi, A., Gregory, A., Sabo, J., Thorp, J.H.** 2021. Multi-scale biodiversity drives temporal variability in macrosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 19(1): 47-56.
- Paulette, A.M., Allassane, O., Germain, G.** 2011. Seasonal variation in the diversity and abundance of phytoplankton in a small African tropical reservoir. *African Journal of Microbiology Research*, 5(18): 2616-2626.
- Pielou, E. C.** 1966. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 10(2): 370-383.
- Pinto-Coelho, R.M., Azevedo, L.M.A., Rizzi, P.E.V., Bezerra-Neto, J.F., Rolla, M.E.** 2006. Origens e Efeitos do Aporte Externo de Nutrientes em um reservatório Tropical de Grande Porte: Reservatório de São Simão (MG/GO). *In: M.G. Nogueira, R. Henry & A. Jorcin (eds). Ecologia de reservatórios (2ed). RiMa, São Carlos, pp. 127-164.*
- Prefeitura Municipal de Biritiba Mirim (PMBM).** 2000. A Cidade. Disponível em: <https://www.biritibamirim.sp.gov.br/site/acidade.php> (acesso em março de 2021).
- Qiu, J., Shen, Z., Chen, L., Hou, X.** 2019. Quantifying effects of conservation practices on non-point source pollution in the Miyun Reservoir Watershed, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(9): 582.
- Queiroz, M.M.F., Lost, C., Gomes, S.D., Vilas Boas, M.A.** 2010. Influência do uso do solo na qualidade de água de uma microbacia hidrográfica rural. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 5(4): 200-210.
- Ramírez R., J.J. & Bicudo, C.E.M.** 2002. Variation of climatic and physical co-determinants of phytoplankton community in four nictemeral sampling days in a shallow tropical reservoir, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 62: 1-14.
- Rangel, L. M., Soares, M. C. S., Paiva, R., Silva, L. H. S.** 2016. Morphology-based functional groups as effective indicators of phytoplankton dynamics in a tropical cyanobacteria-dominated transitional river–reservoir system. *Ecological Indicators*, 64: 217-227.
- Redfield, A.** 1958. The Biological Control of Chemical Factors in the Environment. *American Scientist*, 46(3): 205-221.
- Redfield, A.C., Ketchum, B.H., Richards, F.A.** 1963. The influence of organisms on the composition of sea-water, *In: M.N. Hill (ed.) The composition of seawater: Comparative and descriptive oceanography. The sea: ideas and observations on progress in the study of the seas, Interscience Pub, New York (2ed.), pp. 26-77.*
- Ren, Xiangyu, Yang, K., Che, Y., Wang, M., Zhou, L., Chen, L.** 2016. Spatial and temporal assessment of the initial pattern of phytoplankton population in a newly built coastal reservoir. *Frontiers of Earth Science*, 10: 546-559.

- Reynolds, C.S.** 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge.
- Reynolds, C.S.** 1999. Phytoplankton Assemblages in Reservoirs. *In:* J.G. Tundisi & M. Straškraba (eds). Theoretical Reservoir Ecology and its applications. Brazilian Academy of Sciences, International Institute Ecology, Backhuys Publishers, São Carlos, pp. 439-456.
- Rhodes, T. K., Aguilar, F. X., Jose, S., Gold, M.** 2016. Factors influencing the adoption of riparian forest buffers in the Tuttle Creek Reservoir watershed of Kansas, USA. *Agroforestry Systems*, 92(3): 739-757.
- Rietzler, A. C., Botta, C. R., Ribeiro, M. M., Rocha, O., Fonseca, A. L.** 2016. Accelerated eutrophication and toxicity in tropical reservoir water and sediments: an ecotoxicological approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(14): 13292-13311.
- Rodrigues, L.C., Pivato, B.M., Vieira, L.C.G., Bovo-Scomparin, V.M., Bortolini, J.C., Pineda, A., Train, S.** 2018. Use of phytoplankton functional groups as a model of spatial and temporal patterns in reservoirs: a case study in a reservoir of central Brazil. *Hydrobiologia*, 805, 147-161.
- Rosal, C.** 2014. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica de quatro reservatórios com diferentes graus de trofia, Bacia do Alto Tietê, SP, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Rosini, E.F., Tucci, A., Carmo, C.F., Rojas, N.E.T., Barros, H.P., Mallasen, M.** 2016. Changes in phytoplankton spatial and temporal dynamics in a Brazilian tropical oligotrophic reservoir after net cage installation. *Brazilian Journal of Botany*, 39: 569-581.
- Round, F.E., Crawford, R.M., Mann, D.G.** 1990. The diatoms – Biology and Morphology of the Genera. Cambridge University Press. Cambridge.
- Rousseaux, C.S. & Gregg, W.W.** 2014. Interannual variation in phytoplankton primary production at a global scale. *Remote Sensing*, 6: 1-19.
- Rueda, F., Moreno-Ostos, E., Armengol, J.** 2006. The residence time of river water in reservoirs. *Ecological Modelling*, 191(2): 260-274.
- Saath, K. C.O. & Fachinello, A.L.** 2018. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 56(2): 195-212.
- Salmaso, N. & Tolotti, M.** 2020. Phytoplankton and anthropogenic changes in pelagic environments. *Hydrobiologia*, 848: 251-284.
- Sánchez, M. L., Schiaffino, M. R., Graziano, M., Huber, P., Lagomarsino, L., Minotti, P., Zagarese, H., Izaguirre, I.** 2021. Effect of land use on the phytoplankton community of Pampean shallow lakes of the Salado River basin (Buenos Aires Province, Argentina). *Aquatic Ecology*, 55: 417-435.

- Santana, L. M., Nabout, J. C., Ferragut, C.** 2017a. Taxonomic and functional classifications of phytoplankton in tropical reservoirs with different trophic states. *Brazilian Journal of Botany*, 41(1): 91-102.
- Santana, L.M.** 2016. Avaliação espacial e sazonal da estrutura das comunidades fitoplanctônica e fitoperifítica em reservatórios de diferentes estados tróficos (sub-bacia do alto rio Tietê, São Paulo). Tese, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Santana, L.M., Weithoff, G., Ferragut, C.** 2017b. Seasonal and spatial functional shifts in phytoplankton communities of five tropical reservoirs. *Aquatic Ecology*, 51(4), 531-543.
- Santos, A.C.A.** 2003. Heterogeneidade espacial e variabilidade temporal de dois reservatórios com diferentes graus de trofia, no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Santos, R.H.M., Junior, O. G. & Massari, A.S.** 2019. Qualidade da água e o uso de agroquímicos no cinturão verde do Alto Tietê/SP. *Tecnipar Ambiental*. Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/qualidade-agua-agroquimicos-cinturao-verde-sp/>> (acesso em 19-V-2022).
- Santos, P.R.B., Sousa, J.S.C., Sousa, K.N.S., Melo, S., Pereira, A.C.** 2020. Variabilidade espacial-temporal da comunidade fitoplanctônica no reservatório da usina hidrelétrica de Curuá-Una. *Brazilian Journal of Development*, 6(7): 42632-42649.
- Sartori, A.C.** 2015. Qualidade física e química da água e sedimentos de fundo da porção SW do reservatório de Biritiba-Mirim (SP) e sua implicação ambiental. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Schilling, K.E. & Jacobson, P.** 2014. Effectiveness of natural riparian buffers to reduce subsurface nutrient losses to incised streams. *Catena*, 114: 140-148.
- Sendacz, S. Júnior, A.J.M., Mercante, C.T., Menezes, L.C.B., Moraes, J.F.** 2006. Sistemas em Cascata: Concentrações e Cargas de Nutrientes no Sistema Produtor Alto Tietê, São Paulo. *In: M.G. Nogueira, R. Henry & A. Jorcin (eds). Ecologia de reservatórios (2ed). RiMa, São Carlos, pp. 417-434.*
- Sevindik, T. O.** 2010. Phytoplankton Composition of Çaygören Reservoir, Balıkesir-Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(3): 295-304.
- Shannon, C.E. & Weaver, W.** 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Silva, D.C.C., Sales, J.C.A., Filho, J.L.A., Lourenço, R.W.** 2016. Caracterização morfométrica e suas implicações no acúmulo de sedimentos em reservatórios: o caso da represa Hedberg, Iperó/SP. *Revista RA'EGA*, 36: 225-245.
- Simpson, E.H.** 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: p688.

- Singh, R., Tiwari, A. K., Singh, G. S.** 2021. Managing riparian zones for river health improvement: an integrated approach. *Landscape and Ecological Engineering*, 17(2): 195-223.
- Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado De São Paulo (SIGRH).** 2004. UGRHI 6. Descrição Geral. Disponível em: [http://www.sigrh.sp.gov.br /public/uploads/documents/6962/ugrhi\\_06\\_10.pdf](http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/6962/ugrhi_06_10.pdf) (acesso em 23-V-2020).
- Sorrini, E.** 2015. Atividades agrícolas e proteção ciliar na porção leste do reservatório de Biritiba Mirim (SP) e sua implicação na qualidade da água e sedimentos de fundo. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Souza, D.A, Kraus, C.N., Burliga, A.L., Melo, S., Couceiro, S., Dias-Silva, K., Simões, N.R., Braga, T., Bonnet, M.P., Marques, D.M.** 2022. Understanding the effects of environmental heterogeneity on the morphofunctional structure of the phytoplankton community during the hydrological year in an Amazon floodplain lake, Brazil. *Limnology*, 23(2): 275-286.
- Straškraba, M. & Tundisi, J.G.** 2000a. Abordagens e Métodos de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. *In: M. Straškraba & J.G. Tundisi (eds) Gerenciamento da Qualidade da Água de Represas. International Lake Environment Committee, Instituto Internacional de Ecologia, Oficina de Textos, São Carlos, pp. 141-151.*
- Straškraba, M. & Tundisi, J.G.** 2000b. Aspectos e Abordagens para o Gerenciamento da Qualidade da Água. *In: M. Straškraba & J.G. Tundisi (eds) Gerenciamento da Qualidade da Água de Represas. International Lake Environment Committee, Instituto Internacional de Ecologia, Oficina de Textos, São Carlos, pp. 13-30.*
- Straškraba, M., Tundisi, J.G., Duncan, A.** 1993. *Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: p293.*
- Strickland, J. D. & Parsons, T.R.** 1969. A Manual of Seawater Analysis. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 125: 1-185.
- Sun, J., & Li, D.** 2003. Geometric models for calculating cell biovolume and surface área for phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 25(11): 1331-1346.
- Svirčev, Z., Lalić, D., Savić, G.B., Tokodi, N., C Backović, D.D., Chen, L., Meriluoto, J., Codd, G.A.** 2019. Global geographical and historical overview of cyanotoxin distribution and cyanobacterial poisonings. *Archives of Toxicology*, 93(9): 2429-2481.
- Systat Software. Inc.** 2008. SigmaPlot for Windows, version 12.0. San Jose: Cranes, Disponível em: [www.systatsoftware.com](http://www.systatsoftware.com) (acesso em 22-III-2021).
- Tanaka, M.O., Souza, A.L.T., Moschini, L.E., Oliveira, A.K.** 2016. Influence of watershed land use and riparian characteristics on biological indicators of stream water quality in southeastern Brazil. *Agric. Ecosyst. Environ.* 216, 33-339.

- Tanaka, Y., Minggat, E., Roseli, W.** 2021. The impact of tropical land-use change on downstream riverine and estuarine water properties and biogeochemical cycles: a review. *Ecological Processes*, 10: 40.
- Taniwaki, R.H., Rosa, A.H., Lima, R., Maruyama, C.R., Secchin, L.F., Calijuri, M.C., Moschini-Carlos, V.** 2013. A influência do uso e ocupação do solo na qualidade e genotoxicidade da água no reservatório de Itupararanga, São Paulo, Brasil. *Interciência*, 38(3): 164-170.
- Ter Braak, C.J.F.** 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvektor technique for multivariate direct gradient analyses. *Ecology*, 67: 1167-1179.
- Thornton, K.W., Kimmel, B.L., Payne, F.E.** 1990. *Reservoir limnology: ecological perspectives*. New Jersey: John Wiley & Sons. 246 p.
- Trindade, C.S.** 2016. Relação entre a qualidade da água e sedimentos no reservatório de Biritiba-Mirim-SP face ao uso do solo em áreas sob vegetação natural e áreas agrícolas. Tese de Doutorado, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Tundisi, J.G. & Calijuri, M.C.** 1990. Limnologia comparada das represas do Lobo (Broa) e Barra Bonita: mecanismos de funcionamento e bases para gerenciamento. 50(4): 893-913.
- Tundisi, J.G. & Matsumura-Tundisi, T.** 2003. Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience in South America and Brazilian case studies. *Hydrobiologia*, 500:231-242.
- Tundisi, J.G. & Matsumura-Tundisi, T.** 2008. Impactos nos ecossistemas aquáticos *In: Limnologia* (3ª ed.) J.G. Tundisi & T. Matsumura-Tundisi (eds). Oficina de Textos, São Paulo, pp. 505-541.
- Tundisi, J.G.** 1981. Typology of reservoirs in Southern Brazil. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 21: 1031-1039.
- Tundisi, J.G.** 1999. Reservatórios como Sistemas Complexos: Teoria, Aplicações e Perspectivas para Usos Múltiplos. *In: R. Henry (ed) Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais*. FUNDIBIO: FAPESP, Botucatu, pp. 19-38.
- Tundisi, J.G.** 2006. Gerenciamento Integrado de Bacias Hidrográficas e Reservatórios – Estudo de Caso e Perspectivas. *In: M.G. Nogueira, R. Henry & A. Jorcin (eds). Ecologia de reservatórios* (2ed). RiMa, São Carlos, pp. 1-22.
- Tundisi, J.G., Matsumura-Tundisi, T., Reis, V.L.** 2002. Sustainable water sources in South America: the Amazons and La Plata basins. *In: L.M. Nakayama & J.I. Uitto (eds). Mikiyasu Lakes and reservoirs as an international water system. Towards World Lake Vision*. United Nations University, Jansky, pp. 28-44.

- Urakawa, M.K.** 2011. Avaliação do conteúdo de metais e defensivos agrícolas na área de influência do reservatório de Biritiba-Mirim (SP). Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Utermöhl, H.** 1958. Zur Vervollkommung der quantativen phytoplankton-methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 9: 1-38.
- Vadrucci, M.R., Cabrini, M., Basset, A.** 2007. Biovolume determination of phytoplankton guilds in transitional water ecosystems of Mediterranean Ecoregion. *Transitional Waters Bulletin*, 2: 83-102.
- Valderrama, J. C.** 1981. The Simultaneous Analysis of Total Nitrogen and Total Phosphorus in Natural Waters. *Marine Chemistry*, 10: 109-122.
- Valentin, J.L.** 2000. *Ecologia Numérica: Uma Introdução à análise multivariada de dados ecológicos* Ed. Interciência, Rio de Janeiro. 117p.
- Van Hoek, C., Mann, D.G., Jahns, H.M.** 1995. *Algae. An introduction to phycology.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Van Meerssche, E. & Pinckney, J.L.** 2018. Nutrient Loading Impacts on Estuarine Phytoplankton Size and Community Composition: Community-Based Indicators of Eutrophication. *Estuaries and Coasts*, 42: 504-512.
- Veiga, D.P.B., Guandique, M.E.G., Nardocci, A.C.** 2019. Land use and water quality in watersheds in the State of São Paulo, based on GIS and SWAT data. *Revista Ambiente e Água*, 14(5): 2325.
- Vicentin, A.M.** 2019. Avaliação da heterogeneidade espacial do reservatório Carlos Botelho (Lobo/Broa), com ênfase na comunidade fitoplanctônica. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Sorocaba.
- Vidal, M., Duarte, C.M., Agustí, S., Gasol, J.M., Vaque, D.** 2003. Alkaline phosphatase activities in the central Atlantic Ocean indicate large areas with phosphorus deficiency. *Marine Ecology Progress Series*, 262: 43–53.
- 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.
- Wetzel, R.G.** 2001a. Inland Waters: Understanding is Essential for the Future. *In: R.G. Wetzel (ed). Limnology. Lake and Rivers Ecosystems (3ed).* Elsevier, United States of America, pp. 825-842.
- Wetzel, R.G.** 2001b. Past Productivity: Paleolimnology. *In: R.G. Wetzel (ed). Limnology. Lake and Rivers Ecosystems (3ed).* Elsevier, United States of America, pp. 785-804.

- Wetzel, R.G.** 2001c. Planktonic Communities: Alae and Cyanobacteria. *In:* R.G. Wetzel (ed). Limnology. Lake and Rivers Ecosystems (3ed). Elsevier, United States of America, pp. 331-393.
- Williamson, T.J., Vanni, M.J., Renwick, W.H.** 2021. Spatial and Temporal Variability of Nutrient Dynamics and Ecosystem Metabolism in a Hyper-eutrophic Reservoir Differ Between a Wet and Dry Year. *Ecosystems*, 24: 68-88.
- Yang, Y., Niu, H., Xiao, L., Lin, Q., Han, B.P., Naselli-Flores, L.** 2018. Spatial heterogeneity of spring phytoplankton in a large tropical reservoir: could mass effect homogenize the heterogeneity by species sorting? *Hydrobiologia*, 819(1): 109–122.
- Yira, Y., Diekkrüger, B., Steup, G., Bossa, A.Y.** 2016 Modeling land use change impacts on water resources in a tropical West African catchment (Dano Burkina Faso). *Journal of Hydrology*, 537: 187–199.
- Zhang, Y. Wang, Y-K., Fu, B., Li, M. Lu, Y-F., Dixit, A.M., Chaudhary, S., Wang, S.** 2020a. Changes in cultivated land patterns and driving forces in the Three Gorges Reservoir area, China, from 1992 to 2015. *Journal of Mountain Science*, 17: 203-215.
- Zhang, Y., Peng, C., Huang, S., Wang, J., Xiong, X., Li, D.** 2018. The relative role of spatial and environmental processes on seasonal variations of phytoplankton beta diversity along different anthropogenic disturbances of subtropical rivers in China. *Environmental Science and Pollution Research*. 26(2): 1422-1434.
- Zhang, Z., Gao, J., Cai, Y.** 2020b. The direct and indirect effects of land use and water quality on phytoplankton communities in a basin dominated by agriculture. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(12): 760.

**CAPÍTULO I - Comunidade fitoplanctônica e suas correlações com fatores ambientais no  
Reservatório Biritiba Mirim, São Paulo, SP**

# **Comunidade fitoplanctônica e suas correlações com fatores ambientais no Reservatório Biritiba Mirim, São Paulo, SP**

## **RESUMO**

Fatores como o uso da terra, morfometria do reservatório e sazonalidade afetam na entrada de nutrientes e sedimento a jusante aumentando sua concentração no corpo hídrico e desequilibrando o ecossistema aquático, afetando também a comunidade fitoplanctônica. Este estudo comparativo foi realizado no reservatório Biritiba Mirim, durante um ano, onde objetivo foi avaliar a dinâmica temporal e espacial da estrutura da comunidade fitoplanctônica. Foram realizadas quatro coletas das variáveis limnológicas e do fitoplâncton em dez estações de amostragem no reservatório, onde o uso do solo próximo a margem foi critério para a seleção destas estações, desse modo 5 estações foram coletadas próximas às regiões de mata ciliar (MC) e 5 estações próximas às regiões de zona de agricultura (ZA). Aplicamos o índice de estado trófico (IET) para avaliação da qualidade da água, além disso utilizamos índices biológicos, estatística multivariada e teste de hipótese a fim de detectar variações espaciais, temporais e diferenças significativas nas matrizes bióticas e abióticas. O reservatório foi classificado como mesotrófico. Foram identificados 183 táxons, distribuídos em 15 classes taxonômicas, 20 táxons foram classificados como descritores. Ao contrário do que hipotetizamos, não houve diferença espacial na composição do fitoplâncton ou nos índices biológicos analisados, mas sim o fator temporal foi o que moldou a comunidade. Adicionalmente, observamos a influência da vazão da água sob os valores de biovolume, que apresentaram diferença significativa entre os dois períodos hidrológicos. Por mais que as atividades agrícolas exerçam influência na composição das comunidades aquática, é necessário tempo para que estas mudanças sejam vistas de fato, por outro lado, alterações temporais, como a sazonalidade, causam respostas biológicas mais rápidas nas estruturas dos organismos aquáticos, como o fitoplâncton. Mais estudos a longo prazo são necessários para monitorar a estrutura da comunidade fitoplanctônica em função do uso e ocupação do solo.

**Palavra-Chave:** Variação Temporal e Espacial; Uso do Solo; Fitoplâncton; Agricultura; Mata Ciliar.

## **ABSTRACT**

Factors such as land use, reservoir morphometry and seasonality affect the entry of nutrients and sediment downstream, increasing their concentration in the water body and unbalancing the aquatic ecosystem, also affecting the phytoplankton community. This comparative study was carried out in the Biritiba Mirim reservoir, during one year, where the objective was to evaluate the temporal and spatial dynamics of the phytoplankton community structure. Four collections of limnological variables and phytoplankton were carried out in ten sampling stations in the reservoir, where the use

of the soil close to the bank was a criterion for the selection of these stations, in this way 5 stations were collected close to the riparian forest (MC) and 5 stations close to agriculture zone (ZA) regions. We apply the trophic state index (TSI) to assess water quality, in addition we use biological indices, multivariate statistics and hypothesis testing in order to detect spatial and temporal variations and significant differences in biotic and abiotic matrices. The reservoir was classified as mesotrophic. A total of 183 taxa were identified, distributed in 15 taxonomic classes, 20 taxa were classified as descriptors. Contrary to what we hypothesized, there was no spatial difference in the composition of phytoplankton or in the biological indices analyzed, but the temporal factor was what shaped the community. Additionally, we observed the influence of water flow on biovolume values, which showed a significant difference between the two hydrological periods. As much as agricultural activities influence the composition of aquatic communities, it takes time for these changes to be seen in fact, on the other hand, temporal changes, such as seasonality, cause faster biological responses in the structures of aquatic organisms, such as phytoplankton. More long-term studies are needed to monitor the phytoplankton community structure as a function of land use and occupation.

**Keyword:** Temporal and Spatial Variation; Land Use ; Phytoplankton; Agriculture; Forest Remnants.

## INTRODUÇÃO

O uso e ocupação do solo é reconhecido como uma das principais fontes de entrada de nutrientes, sedimentos e contaminantes em lagos e reservatórios (Carpenter *et al.* 1998, Carney 2009). Atividades antrópicas, como a agricultura, somadas ao aumento populacional e maior demanda por alimento estão relacionados com ameaças na disponibilidade, qualidade e biodiversidade de ambientes aquáticos nos últimos anos (Destouni & Jarsjö 2018, Albert *et al.* 2021), o que já pode ser visto em escala mundial (Carpenter *et al.* 2011).

A entrada de nitrogênio e fósforo proveniente de práticas agrícolas, por meio do escoamento superficial, subterrâneo e lixiviação (Guignard *et al.* 2017), podem induzir a limitação de nutrientes (Sebastiá *et al.* 2012, Crossman *et al.* 2013), e desencadear uma série de efeitos ecológicos e na saúde humana (Galloway *et al.* 2008, Withers & Jarvie 2008). Em escala global, as atividades agrícolas levaram ao aumento demasiado na disponibilidade de N e P disponível para a produção primária (Hayes *et al.* 2015).

Esses nutrientes são essenciais para os organismos fitoplanctônicos, pois influenciam a reprodução, crescimento, metabolismo, composição e ecologia do grupo (Reynolds 1997). Assim, a maior produtividade do fitoplâncton pode levar a problemas graves de eutrofização de corpos d'água (Sebastiá *et al.* 2012).

Nesse contexto, matas ciliares são componentes importantes para a manutenção da biodiversidade aquática, uma vez que mediam as trocas entre ecossistemas terrestres e aquáticos (Biggs *et al.* 2019). Essas áreas têm a capacidade de reter em suas estruturas contaminantes, sedimentos e poluentes amortecendo a entrada de cargas de nutrientes para a jusante de reservatórios (Marques & Souza 2005, Rhodes *et al.* 2016). Segundo Davide *et al.* (2000), a mata ciliar consegue reter cerca de 89% de nitrogênio e 80% de fósforo provenientes do escoamento de superficial de áreas externas, além de modificar os ciclos do nitrogênio, fósforo e enxofre (Kreiling *et al.* 2021).

Outros fatores, como por exemplo, o tempo de residência da água (Rangel *et al.* 2012, Londe *et al.* 2016), morfometria (Calijuri *et al.* 2002) e sazonalidade (Sommer *et al.* 1986, Sommer *et al.* 2012) também possuem a capacidade de afetar a composição do fitoplâncton. Assim, mudanças na estrutura do fitoplâncton alteram a função e saúde do corpo hídrico (Lepistö *et al.* 2004, Zhu *et al.* 2020), conseqüentemente a saúde daqueles que usufruem do ambiente (Funari & Testai 2008).

A utilização da comunidade fitoplanctônica como bioindicador de qualidade de água vem sendo reconhecida (Atazadeh *et al.* 2007, Chun *et al.* 2018, Wu *et al.* 2017), especialmente pela rápida resposta dessa comunidade responder às menores alterações ambientais (Goshtasbi *et al.* 2021). Assim, a compreensão acerca dos mecanismos que afetam as assembleias fitoplanctônicas é vital para a gestão e conservação dos corpos hídricos devido a questões ambientais e sanitárias (Lv *et al.* 2013).

Estudos acerca da variação espacial e temporal na estrutura da comunidade fitoplanctônica em reservatórios brasileiros têm sido amplamente discutidos nos últimos anos (e.g.: Machado *et al.* 2016, Cassol *et al.* 2017, Vieira *et al.* 2021), entretanto são poucos aqueles que mencionam o efeito das atividades agrícolas sob o fitoplâncton no Brasil (Cicerelli & Galo 2015, Baú 2018, Alves *et al.* 2020).

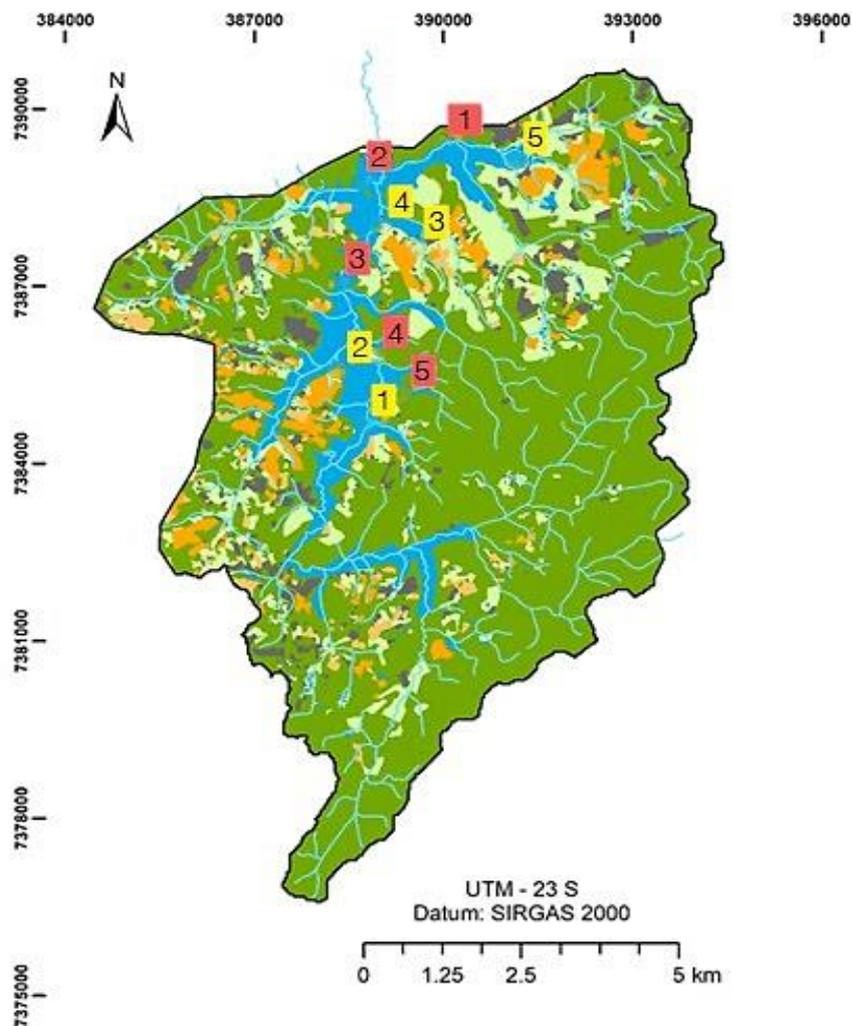
Assim, tendo em vista que o entorno do reservatório Biritiba Mirim foi caracterizado por áreas que possuem práticas agrícolas e vegetação nativa, a hipótese é de que estas ocupações no solo estão promovendo alterações na distribuição e composição da comunidade fitoplanctônica. O presente estudo teve como objetivo avaliar a alteração espacial (horizontal) e temporal da estrutura da comunidade fitoplanctônica e da qualidade da água no reservatório, bem como determinar as espécies descritoras e relacioná-las com a qualidade da água.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

*Área de Estudo e Estações de Amostragem:* O reservatório Biritiba Mirim é um ambiente destinado ao abastecimento de água, localizado entre os municípios de Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim, ao leste da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) entre as coordenadas 23°36'12.144"S, 46°5'13.653"O, região Sudeste do Brasil. No entorno do reservatório o uso e ocupação do solo

corresponde 48,6% contra 45,5% de áreas ocupadas com alguma atividade antrópica de cunho agrícola (Trindade 2016). De acordo DAEE (2006), órgão responsável pelos reservatórios do sistema Alto Tietê, no qual a área de estudo está inserida, o reservatório possui altura máxima 26 m, comprimento 535 m, largura 10 m, volume útil 34,76 milhões de m<sup>3</sup> e vazão 1,75 m<sup>3</sup>/s.

**Figura 1.** Mapa de uso e ocupação da terra da sub-bacia do rio Biritiba-mirim contribuinte do



reservatório Biritiba com a localização das estações amostradas no reservatório Biritiba para este estudo. Unidades de 1 a 5 em retângulos amarelos representam estações de amostragem com presença de horticultura/agricultura, e unidades de 1 a 5 em retângulos vermelhos representam estações de amostragem com presença de mata ciliar (Fermoseli Júnior 2022 - dados não publicados).

**Amostragem:** As amostras foram coletadas em 10 estações de amostragem previamente estabelecidas ao longo da extensão do reservatório, no período seco (agosto/2019 e maio/2020) e no período chuvoso (novembro/2019 e fevereiro/2020) (Figura 3). As estações de amostragens foram definidas de acordo com a caracterização do solo na área próxima à margem, sendo 5 estações realizadas próximos à mata ciliar (MC) e 5 próximos a zona de cultura (ZA).

Com o intuito de verificar a existência de dependência espacial entre as estações de amostragem e os parâmetros limnológicos, foi aplicado o Índice de Moran Global (I) (Moran 1950), onde este foi realizado no software ArcGIS 10.1 (ESRI 2001). A análise demonstrou que não há dependência espacial entre os locais de amostragem, de acordo com o índice.

A profundidade máxima das estações variou diante do uso do solo e período de coleta de 2m a 6,5m (Tabela 1).

**Tabela 1.** Códigos das estações de amostragem, localização geográfica e características do entorno das 10 estações de amostragem coletadas no reservatório Biritiba Mirim.

Estações de Amostragem	Código das Estações	Coordenadas Geográficas	Característica do Entorno
1	1MC	23°36.15'26.02"W, 46°5.40'29.12"S	Presença de mata ciliar
2	2MC	23°37.91'23.04"W, 46°5.13'41.65"S	Presença de mata ciliar
3	1ZA	23°38.23'11.22"W, 46°5.35'40.05"S	Presença de agricultura
4	2ZA	23°39.01'32.37"W, 46°5.39'55.87"S	Presença de agricultura
5	3MC	23°38.34'25.12"W, 46°5.42'04.09"S	Presença de mata ciliar
6	4MC	23°38.67'03.03"W, 46°5.69'20.18"S	Presença de mata ciliar
7	3ZA	23°36.01'51.52"W, 46°5.01'16.90"S	Presença de agricultura
8	4ZA	23°37.13'02.39"W, 46°4.79'56.12"S	Presença de agricultura
9	5ZA	23°36.12'17.73"W, 46°04.42'0.16"S	Presença de agricultura
10	5MC	23°36.03'6.42"W, 46°04.85'42.17"S	Presença de mata ciliar

**Variáveis Limnológicas:** As variáveis estudadas foram obtidas na subsuperfície da coluna d'água. Foram elas: de temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>), pH, condutividade elétrica (µS.cm<sup>-1</sup>) e turbidez (NTU) mensuradas com sonda multiparâmetro marca Horiba, Modelo U22. Para a estimativa da transparência da água foi obtida pela medida da profundidade do desaparecimento do Disco de Secchi (m), as demais variáveis como nitrogênio total, nitrito, nitrato, íon amônio, fósforo total, ortofosfato, clorofila *a* foram coletadas, preservadas e analisadas de acordo com APHA (2012).

A razão atômica NT:PT foi calculada a fim de verificar o nutriente limitante, posteriormente os resultados foram comparados com a razão de Redfield (Redfield 1958, Redfield *et al.* 1963).

O tempo de residência da água foi estimado para o período de estudo. O cálculo consiste na razão entre o volume de água armazenado no reservatório e sua vazão de saída (Rueda *et al.* 2006) nos meses de amostragem, ambos obtidos partindo de dados da estação de monitoramento de água da SABESP (2022). O resultado foi expresso em dias.

Foi calculado o Índice de Estado Trófico (IET), modificado para reservatórios, para verificar a variação do status trófico dos pontos de coleta durante o período de estudo, levando em conta a transparência, concentrações de fósforo total, clorofila *a* e a ponderação, onde o resultado obtido foi

expresso em ( $\mu\text{m.L}^{-1}$ ) (Lamparelli 2004). Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para reservatórios são: Ultraoligotrófico ( $\text{IET} \leq 47$ ), Oligotrófico ( $47 < \text{IET} \leq 52$ ), Mesotrófico ( $52 < \text{IET} \leq 59$ ), Eutrófico ( $59 < \text{IET} \leq 63$ ), Supereutrófico ( $63 < \text{IET} \leq 67$ ) e Hipereutrófico ( $\text{IET} > 67$ ).

### *Comunidade Fitoplanctônica*

As amostras para a análise taxonômica da comunidade fitoplanctônica foram coletadas utilizando rede de plâncton com abertura de malha de 20  $\mu\text{m}$  e preservadas com formol a 4-5%. A análise taxonômica foi realizada no microscópio fotônico modelo Zeiss Axioplan 2. Os táxons foram identificados até nível de espécie, sempre que possível, avaliando a população de 20 a 25 de cada táxon e quando isolados estes só eram identificados caso todas as características diacríticas estivessem presentes e de acordo com a literatura. O esforço amostral foi de cinco lâminas por amostra e a identificação dos gêneros foi feita utilizando Bicudo e Menezes (2017), além de bibliografias específicas para as demais categorias taxonômicas: Komárek *et al.* (2014) para Cyanobacteria, Krienitz & Bock (2012) para as Chlorophyceae; Van Hoek *et al.* (1995) para as demais classes.

As amostras para a análise quantitativa da comunidade fitoplanctônica foram coletadas na sub-superfície diretamente com frascos de vidro e preservadas com Lugol Acético 1%. A análise quantitativa foi realizada seguindo a metodologia de Utermöhl (1958), com microscópio invertido Zeiss Axiovert 25, utilizando cubetas de sedimentação de 5 mL e 25 mL, onde o tempo de sedimentação das amostras foi de três horas para cada centímetro de altura da câmara (Lund *et al.* 1958). Foi estabelecido o limite de contagem através da curva de rarefação de táxons e da contagem de 100 indivíduos do táxon mais comum ou 400 indivíduos ao todo. Todo cenóbio, colônia, célula ou filamento foram considerados como indivíduo.

A biomassa fitoplanctônica foi estimada por meio do biovolume ( $\text{mm}^3\text{L}^{-1}$ ). O valor do biovolume dos táxons foi obtido junto a literatura especializada (Fonseca *et al.* 2014), para aqueles que não tinham essa informação disponível foi realizado o cálculo multiplicando a densidade de cada táxon pelo seu respectivo volume. O volume de cada célula foi estimado utilizando formas geométricas, ou o conjunto de duas ou mais formas, que mais se aproximavam da morfologia dos indivíduos de acordo com Hillebrand *et al.* (1999), Sun & Liu (2003), Vadrucci *et al.* (2007), Fonseca *et al.* (2014), e após obtido multiplicado pelo número médio de células.

As espécies descritoras da comunidade foram aquelas cuja densidade total relativa apresentou valores acima de 1%, e de maneira conjunta, somavam mais de 80% da densidade total da amostra. Ainda foram estimados índices biológicos para compor a estrutura da comunidade fitoplanctônica: (i) Índice de dominância ( $D'$ ) (Simpson 1949); (ii) Índice de diversidade ( $H'$ ) (Shannon & Weaver 1963); (iii) Índice de Equitabilidade ( $U'$ ) (Pielou 1966) além da riqueza específica (número total de táxons na amostra).

### *Análise Estatística*

Para determinar a variabilidade dos dados ambientais em relação ao período de estudo foi utilizado a Análise dos Componentes Principais (PCA). A Análise de correspondência Canônica (CCA) foi utilizada para relacionar as variáveis abióticas com bióticas (espécies descritoras). Para tais análises empregamos matriz de covariância, onde os dados foram transformados pela amplitude de variação “ranging” ( $[(x-x_{\min}) / (X_{\max}-X_{\min})]$ ) tanto para os dados bióticos quanto abióticos. Estas análises foram feitas com auxílio do software PC-ORD 6.0 pacote para Windows (McCune & Mefford 2011).

Foi utilizado análise de variância permutacional (PERMANOVA), com base no índice de dissimilaridade de Bray-Curtis, para detectar mínimas diferenças estatísticas significativas, entre os índices biológicos e espécies descritoras em relação ao uso do solo e período de pesquisa. A fim de visualizar padrões de composição de espécies em escala espacial e temporal foi empregado a análise de escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS). Tanto a PERMANOVA quanto a nMDS foram realizados no software PAST versão 4.08 pacote para Windows (Hammer *et al.* 2001).

## **RESULTADOS**

### *Variáveis limnológicas*

Durante o período de pesquisa a precipitação média atingiu valor máximo de 8 mm (chuva/2020) e valor mínimo de 0,3 mm (seca/2019) (Figura 3). A velocidade média do vento atingiu valores mensais superiores a 16 km/h enquanto a temperatura média ficou entre 17° a 22°C.

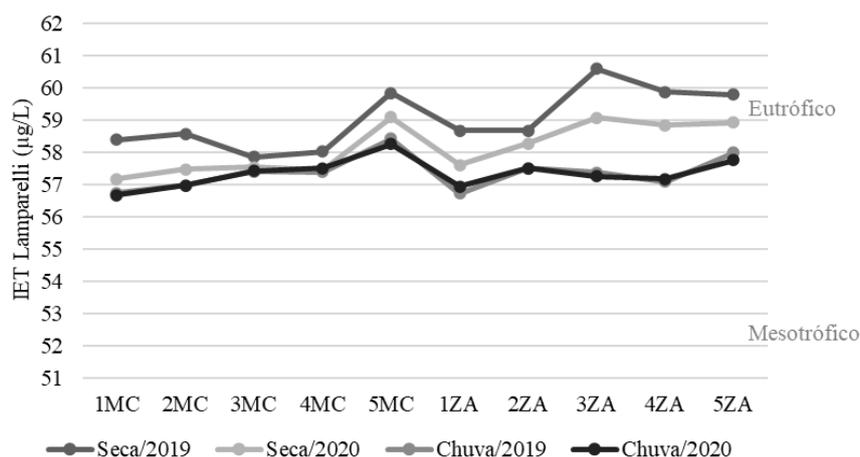
A tabela 2 indica os valores médios, mínimos e máximos das variáveis físicas, químicas e biológicas para as estações de amostragem.

A água manteve temperaturas entre 14,7°C e 23,0°C, o pH levemente ácido a neutro (oscilando entre 6,17 a 7,67), a transparência da água entre 1,1 m e 1,84 m, turbidez de 0,3 a 10 NTU, sólidos totais entre 0,025 g/L e 0,038 g/L e condutividade elétrica variando de 41 µS/cm a 59 µS/cm (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores médios, mínimos e máximos das variáveis físicas, químicas e biológicas analisadas nas unidades amostrais, durante o período de pesquisa. Abreviações: Mata Ciliar (MC), Agricultura (ZA), Média (Méd.), Mínimo (Min.), Máximo (Máx.), Profundidade (Prof.), Transparência da Água (Secchi), Temperatura (Temp.), Turbidez (Turb.), Condutividade Elétrica (Cond.), Oxigênio Dissolvido (OD), Nitrogênio Total (NT), Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID), Fósforo Total (PT), Ortofosfato solúvel (PO<sub>4</sub>) e Clorofila a (Chl a).

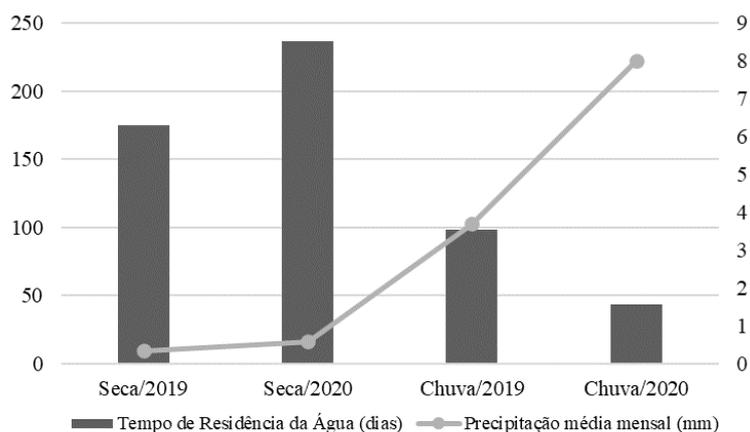
		Prof. (m)	Secchi (m)	TP (°C)	Turb (NTU)	pH	Cond. (µS/cm)	OD (mg/L)	NT (ug/L)	NID (mg/L)	PT (ug/L)	PO <sub>4</sub> sol. (ug/L)	Chl <u>a</u> (ug/L)
<b>1 MC</b>	Méd.	6,0	1,5	18,9	2,3	6,7	49,8	7,8	398,8	1,4	19,8	5,6	2,0
	Máx.	6,5	1,5	21,2	4,5	7,2	54,0	8,5	494,7	2,7	26,0	7,1	2,2
	Mín.	5,0	1,5	15,6	1,1	6,4	44,0	7,5	354,7	1,0	17,1	4,3	1,8
<b>2 MC</b>	Méd.	6,0	1,4	18,6	1,2	7,2	49,5	7,3	400,0	1,3	19,4	5,0	2,3
	Máx.	6,5	1,5	21,6	1,2	7,7	55,0	8,2	421,0	2,1	23,7	5,6	2,7
	Mín.	5,5	1,3	14,7	1,1	6,8	45,0	6,8	362,6	1,0	17,8	3,9	2,0
<b>3 MC</b>	Méd.	3,8	1,4	19,2	1,1	6,5	47,3	7,3	436,4	1,2	23,2	6,9	1,8
	Máx.	4,5	1,7	22,1	1,1	6,8	52,0	8,4	465,7	1,6	27,4	8,9	1,9
	Mín.	3,0	1,2	15,2	1,0	6,1	43,0	6,5	385,9	1,0	21,1	4,9	1,7
<b>4 MC</b>	Méd.	2,3	1,5	19,0	1,0	6,4	57,0	7,1	298,9	1,1	25,7	7,6	2,8
	Máx.	5,5	1,4	23,0	1,2	6,9	52,0	8,3	464,0	2,4	28,9	10,7	2,0
	Mín.	4,5	1,3	15,3	0,9	6,4	43,0	6,3	375,7	1,1	20,8	4,3	1,7
<b>5 MC</b>	Méd.	4,9	1,4	19,2	1,0	6,6	47,5	7,4	429,2	1,5	23,0	7,2	1,9
	Máx.	3,0	1,6	22,1	1,4	6,5	64,0	7,8	416,5	2,4	31,9	10,7	3,4
	Mín.	2,0	1,4	15,0	0,4	6,1	52,0	6,3	251,4	0,6	23,1	5,0	2,3
<b>1 ZA</b>	Méd.	3,6	1,3	18,3	1,5	6,7	49,5	7,3	436,2	1,6	18,6	4,8	2,4
	Máx.	4,5	1,7	21,5	2,3	7,2	53,0	8,2	461,5	2,7	23,7	5,4	2,8
	Mín.	2,5	1,1	14,5	1,0	6,2	43,0	6,6	375,7	1,3	16,3	3,9	2,0
<b>2 ZA</b>	Méd.	3,9	1,3	18,8	2,5	6,7	43,3	7,3	488,0	1,8	21,9	5,5	2,4
	Máx.	4,0	1,4	21,5	7,5	6,9	48,0	8,4	523,6	2,0	23,7	6,9	2,8
	Mín.	3,5	1,1	15,2	0,3	6,3	41,0	6,8	396,0	1,5	20,8	3,6	2,0
<b>3 ZA</b>	Méd.	4,5	1,5	19,1	1,0	6,6	49,3	7,7	320,8	0,8	23,0	7,6	3,0
	Máx.	5,5	1,6	22,1	1,5	6,9	54,0	8,4	333,6	1,2	34,1	12,5	3,9
	Mín.	4,0	1,3	15,2	0,5	6,3	45,0	6,5	301,9	0,6	18,5	4,3	2,1
<b>4 ZA</b>	Méd.	3,5	1,4	18,9	3,4	6,4	50,5	7,1	416,5	1,1	21,6	7,2	2,8
	Máx.	4,0	1,8	21,9	10,0	6,8	55,0	7,7	515,2	1,8	30,4	10,7	3,7
	Mín.	2,5	1,1	15,0	1,0	6,1	45,0	6,4	373,4	0,9	17,8	3,9	2,1
<b>5 ZA</b>	Méd.	6,3	1,7	18,7	0,9	6,5	51,8	7,7	345,8	0,9	23,2	6,9	2,9
	Máx.	6,5	1,8	21,6	1,3	6,9	55,0	8,6	523,9	1,4	28,2	8,9	3,6
	Mín.	6,0	1,6	15,6	0,7	6,2	47,0	6,7	279,9	0,7	20,8	4,2	2,1

Para a maioria das estações de amostragem, o IET classificou o reservatório como mesotróficos. Com exceção apenas de 5MC, 3ZA, 4ZA e 5ZA (seca/2019) e 5MC e 3ZA (seca/ 2020) que foram classificados como eutróficos para esses meses (Figura 2).



**Figura 2.** Classificação do Índice de Estado Trófico nas estações de amostragem do reservatório Biritiba Mirim, durante o período de estudo.

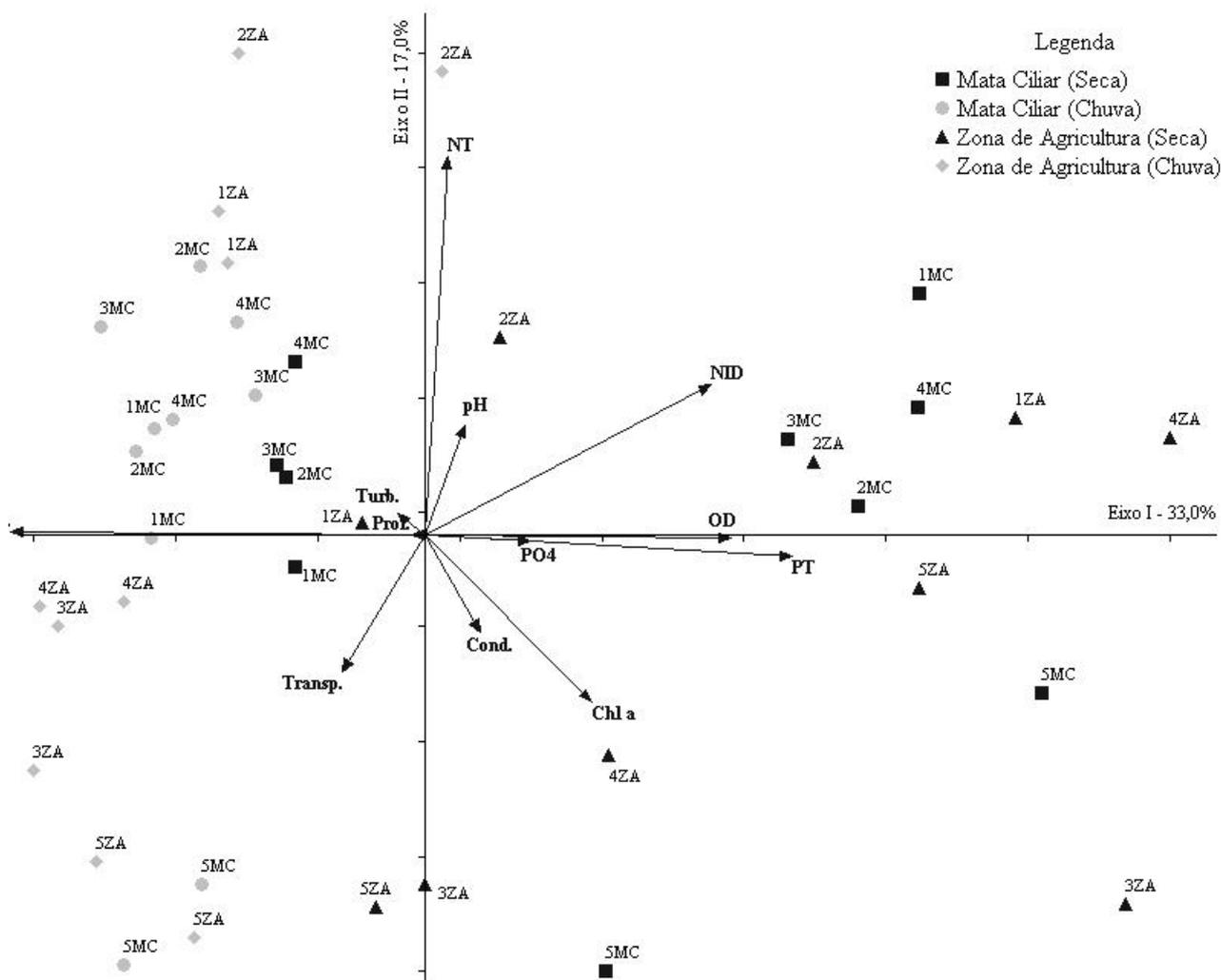
O período seco teve maiores valores de tempo de residência da água (236 e 175 dias, respectivamente) enquanto no período chuvoso foram registrados os menores valores (98 e 43, nessa sequência) (Figura 3). A média geral para o período de estudo foi de 92 dias.



**Figura 3.** Variação do tempo de residência da água (dias) e precipitação média mensal para os meses de coleta.

A análise de componentes principais (PCA) explicou 50% da variabilidade conjunta dos dados nos dois primeiros eixos, indicando que a variação temporal (sazonalidade) foi o principal fator relacionado com as mudanças abióticas no período de estudo. A distribuição dos diferentes usos do solo na PCA foi heterogênea e sem agrupamentos. No lado positivo do eixo 1, as estações MC e ZA no período seco ficaram associados aos altos valores de NID, PT, OD e Chl  $a$  ( $r = 0,7$ ;  $r = 0,8$ ;  $r = 0,7$ ;  $r = 0,5$ , respectivamente) enquanto para o lado negativo, as unidades amostrais, principalmente relacionadas com o período chuvoso, ficaram relacionados com altas temperaturas ( $r = 0,8$ ). Em relação ao eixo 2, no lado positivo, ambas as unidades amostrais estão associadas com altos valores

de NT ( $r = 0,8$ ). Para o lado positivo do mesmo eixo, as unidades amostrais aparecem associadas com transparência da água ( $r = 0,5$ ) e Chl a ( $r = 0,5$ ) (Figura 4).

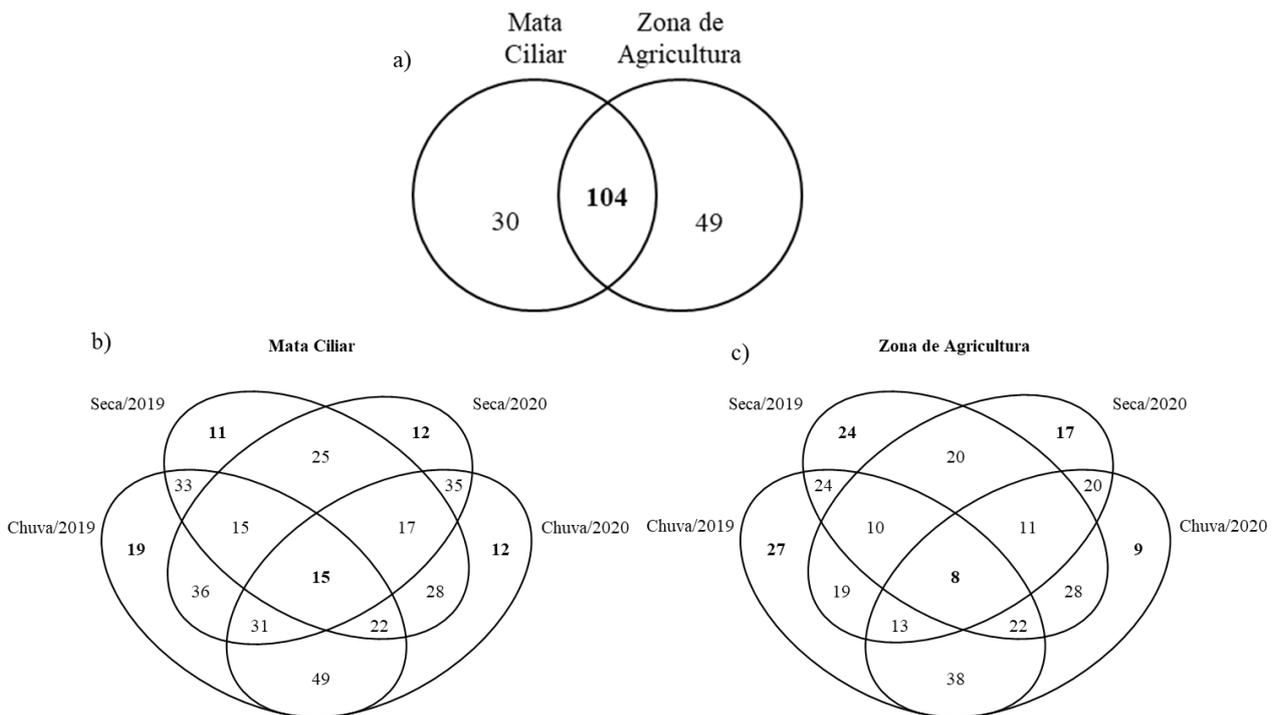


**Figura 4.** Ordenação biplot, pela PCA, das unidades amostrais e das doze variáveis abióticas analisadas. As unidades amostrais foram identificadas de acordo com o uso e ocupação do solo no entorno do local de estudo, sendo Mata Ciliar (1MC a 5MC) e Zona de Agricultura (1ZA a 5ZA). Os números localizados na frente das unidades amostrais, de 1 a 5, correspondem à localização do ponto.

#### *Comunidade fitoplanctônica em escala espacial e temporal*

Quanto à análise da comunidade fitoplanctônica ao longo das dez estações de amostragens, foram identificados 183 táxons, distribuídos em 15 classes: Chlorophyceae (42), Cyanobacteria (29), Trebouxiophyceae (22), Cryptophyceae (18), Euglenophyceae (17), Chrysophyceae (12), Zygnemaphyceae (12), Bacillariophyceae (8), Coscinodisciphyceae (7), Chlamydoephyceae (6), Xanthophyceae (4), Klebsomidiophyceae (2), Prasinophyceae (2), Fragillariophyceae (1) e Dinophyceae (1).

No que diz respeito à frequência de ocorrência dos táxons, 104 táxons foram compartilhados entre as unidades amostrais, onde 30 táxons são exclusivos de MC e 49 de ZA (Figura 5a). Observando individualmente, em MC, 15 táxons tiveram alta frequência de ocorrência, sendo compartilhados entre os 4 períodos de coleta, e um total de 54 táxons foram aqueles que estavam presentes em apenas um período. Em ZA, apenas 8 táxons foram registrados com alta ocorrência e 77 táxons, no total, ocorreram em apenas um período de estudo (Figura 5b-c). Os valores em destaque na periferia da figura 5b e 5c, são aqueles táxons exclusivos a cada período de coleta.



**Figura 5.** Frequência de ocorrência de táxons fitoplanctônicos no reservatório Biritiba Mirim, São Paulo. **a)** Diferença espacial, entre pontos com mata ciliar e pontos com zona de agricultura. **b-c)** Diferença temporal, entre as duas categorias de uso e ocupação, com base em táxons compartilhados. Em destaque: táxons com alta e baixa frequência de ocorrência.

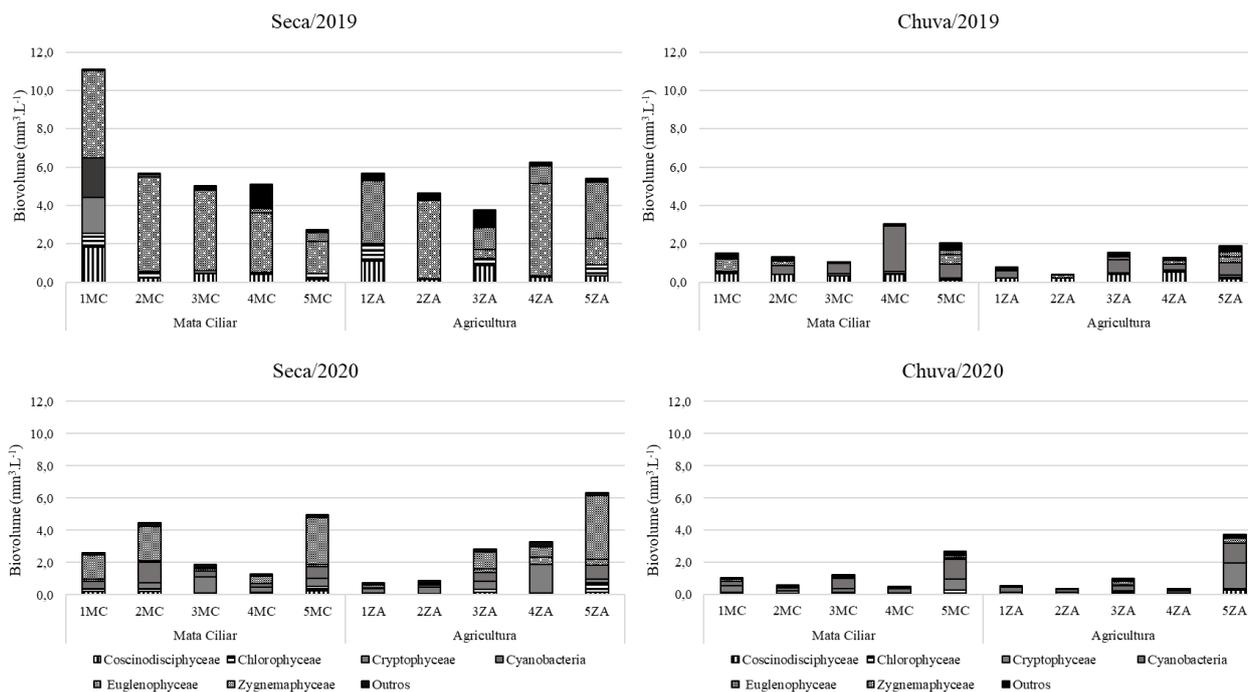
**Tabela 3.** Táxons descritores, classe taxonômica a qual pertence e porcentagem de contribuição ao biovolume total.

Táxons Descritores	Classe Taxonômica	Contribuição Biovolume Total (%)
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Svirenko	Euglenophyceae	27%
<i>Mougeotia</i> sp.	Zygnematophyceae	11%
<i>Dolichospermum planctonicum</i> (Brunnthal) Wacklin, Hoffmann & Komárek	Cyanophyceae	9%
<i>Cosmarium contractum</i> Kirchner	Zygnematophyceae	8%
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee	Mediophyceae	5%
<i>Cryptomonas tetrapyrenoidosa</i> Skuja	Cryptophyceae	4%
<i>Radiococcus polycoccus</i> (Korshikov) Kostikov, Darienko, Lukesová & Hoffmann	Chlorophyceae	3%
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	Coscinodiscophyceae	3%
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann	Cyanophyceae	3%
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing	Cryptophyceae	3%
<i>Cryptomonas curvata</i> Ehrenberg	Cryptophyceae	3%
<i>Sphaerocavum brasiliense</i> Azevedo & Sant'Anna	Cyanophyceae	2%
<i>Euglena polymorpha</i> Dangeard	Euglenophyceae	1%
<i>Peridinium</i> sp.	Dinophyceae	1%
<i>Staurodesmus cf. cuspidatus</i> (Brébisson) Teiling	Zygnematophyceae	1%
<i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bicudo & Bicudo	Cryptophyceae	1%
<i>Pseudocryptomonas</i> sp.	Cryptophyceae	1%
<i>Cryptomonas obovata</i> Skuja	Cryptophyceae	1%
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein	Euglenophyceae	1%
<i>Urosolenia eriensis</i> (Smith) Round & Crawford	Coscinodiscophyceae	1%

Dentre os táxons registrados, 20 foram classificados como descritores, contribuindo assim 89% do biovolume total, estes estão apresentados na tabela 3 juntamente com suas respectivas contribuições no biovolume.

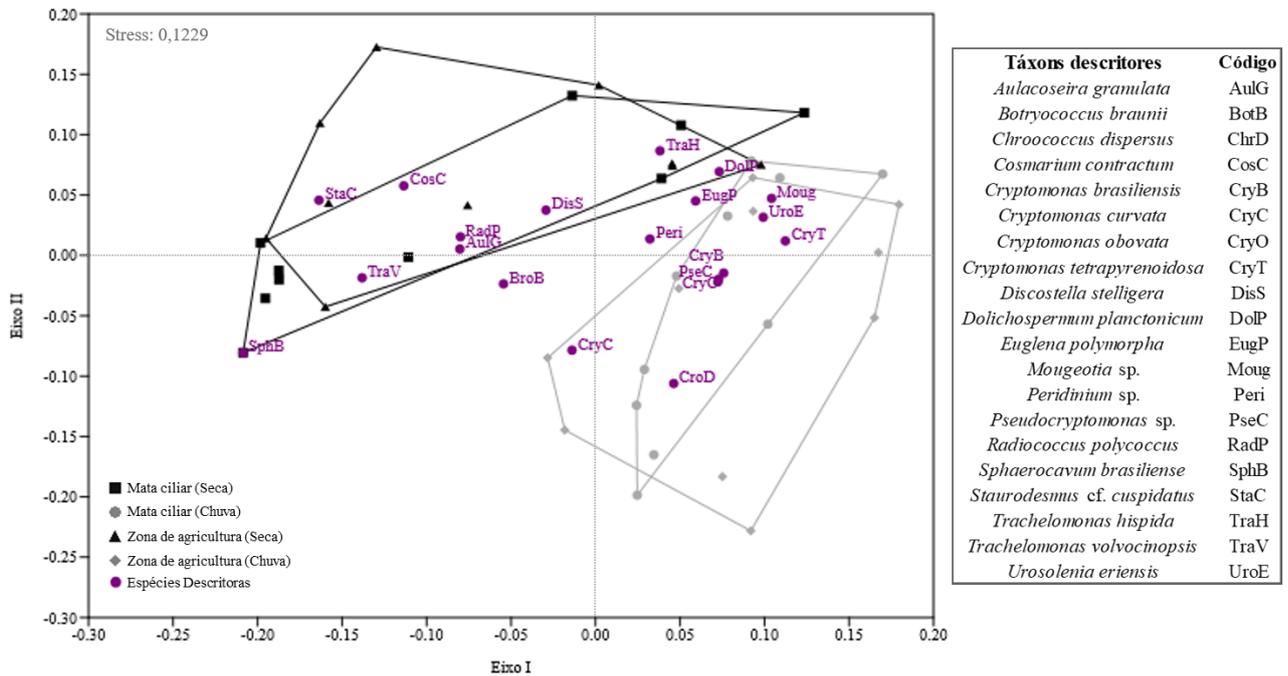
Os maiores valores de biovolume total foram observados no período seco de 2019 e os menores no período chuvoso de 2020. Para o biovolume das unidades amostrais, foi registrado o maior e menor valor de biovolume nos pontos 1MC (seca/2019) e 4ZA (chuva/2020),  $11,2 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$  e  $0,3 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$ , respectivamente, no entanto, essa diferença não foi estatisticamente significativa entre as estações MC e ZA ( $p > 0,05$ ) (Figura 6).

Houve registro de alternância na distribuição das classes para cada período estudado, onde os altos valores de biovolume de Euglenophyceae (seca/2019), se devem principalmente a contribuição de *T. volvocinopsis*, representativo na maioria das estações de amostragens, com exceção de 1ZA e 3ZA que teve maior contribuição de Zygnemaphyceae de *Cosmarium contractum* e *Staurastrum cf. cuspidatus*. No período chuvoso de 2019 e 2020 foram observados os menores valores de biovolume para a comunidade, onde Cyanobacteria foi o grupo que mais contribuiu para os valores, devido a dominância de *Dolichospermum planctonicum* e *Chroococcus dispersus*, respectivamente (Figura 6). No período seca/2020, foi observado aumento na contribuição de Zygnemaphyceae, representado por *Mougeotia* sp., e Cryptophyceae, representado por *C. tetrapyrenoidosa*, cuja contribuição pode ser observada desde chuva/2020.



**Figura 6.** Variação do Biovolume Total ( $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ ) das classes fitoplantônicas de cada estação de amostragens durante o período de estudo, onde, MC: Mata Ciliar e ZA: Zona de Agricultura. Os gráficos estão na mesma escala.

Considerando a composição das espécies, o gráfico da nMDS na figura 7, ilustra a dissimilaridade temporal ( $P < 0,001$ ;  $F = 8,611$ ) e espacial ( $P > 0,05$ ;  $F = 7,637$ ) na composição dos táxons descritores diante dos dois tipos de estações de amostragens considerando o uso do solo no entorno do reservatório ( $\text{Stress} < 0,15$ ).



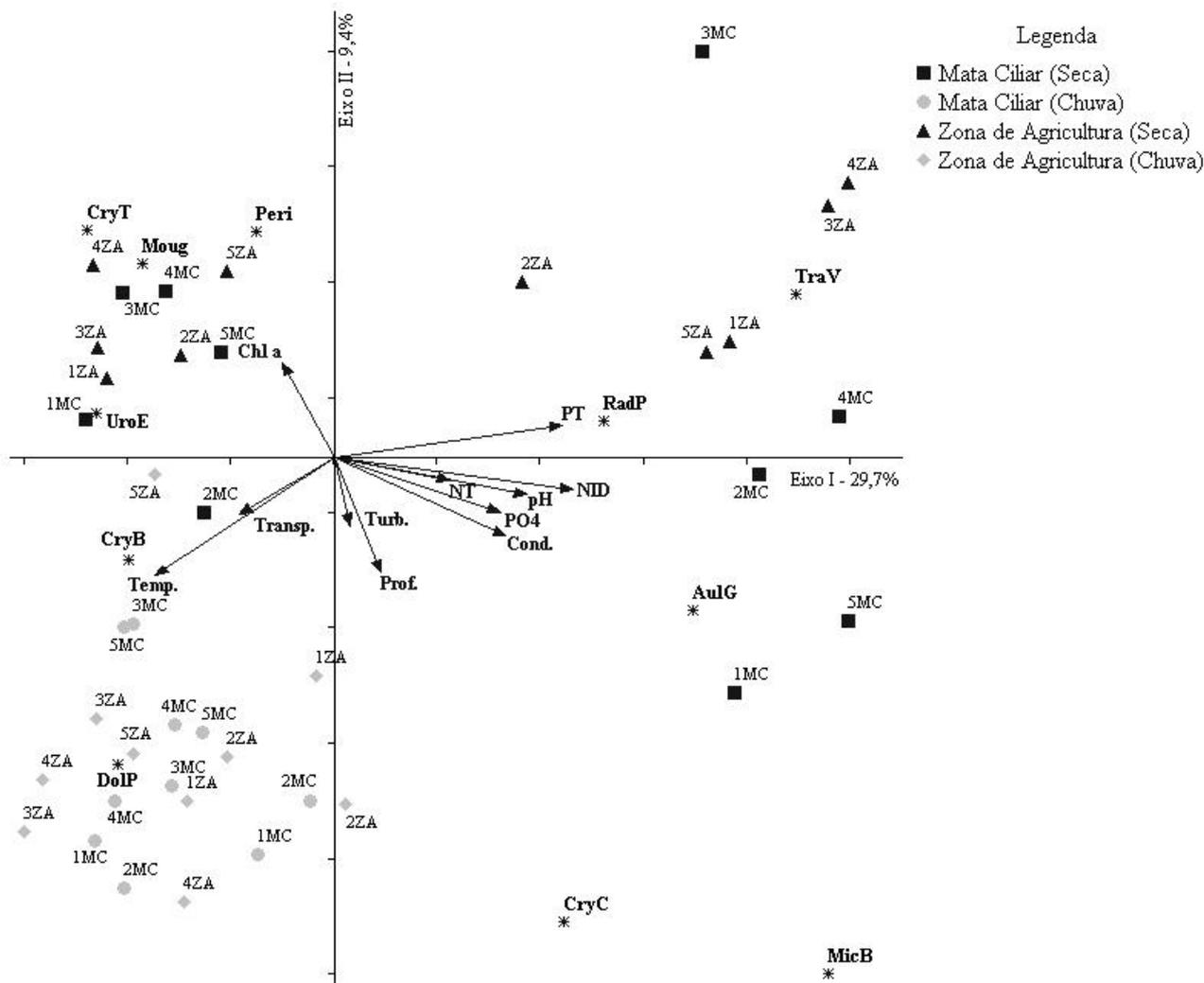
**Figura 7.** Gráfico de ordenação por nMDS, baseado no índice de dissimilaridade de Bray-Curtis, mostrando os táxons descritores nas 40 unidades amostrais no Reservatório Biritiba Mirim, no período seco e chuvoso de 2019/2020. As estações de amostragem foram ilustradas por diferentes símbolos e cores.

A análise de correspondência canônica (CCA), realizada com 11 espécies descritoras e 11 variáveis ambientais, explicou 37,2% da variabilidade conjunta dos dados nos dois primeiros componentes, sendo estatisticamente significativo ( $p = 0,001$ ) apenas no eixo 1. A correlação espécie-ambiente foi alta e significativa apenas no eixo 1 da CCA ( $p = 0,001$ ), onde a correlação intra-set e o coeficiente canônico indicaram que PT, Temp. e pH foram as variáveis mais importante neste (Figura 8, Tabela 4).

A CCA ordenou as amostras de acordo com o fator temporal, desse modo é possível observar a formação de agrupamentos distintos entre os períodos hidrológicos, porém essa tendência não é vista ao comparar tipos de uso do solo cuja as unidades amostrais não formaram grupos (Figura 8).

As estações de MC e ZA no período seco, localizados no lado positivo do eixo 1, estão associadas com altos valores de PT, pH,  $PO_4$ , NID e Cond., juntamente com a abundância de TraV, RadP, AulG e MicB. Para o lado negativo do eixo 1, com relação às unidades amostrais registradas no período seco, MC e ZA aparecem associadas com menores profundidades e abundância de CryB. As unidades MC e ZA no período chuvoso, estão associadas com altas temperaturas, baixa concentração de nutrientes e alta contribuição de DolP. As unidades amostrais do período seco, em relação ao eixo 2, para o lado positivo, aparecem relacionadas com altas taxas de clorofila *a*, bem

com alta contribuição de Moug., CryT, Peri. e UroE; no lado negativo do mesmo eixo, estas estão correlacionadas com alta profundidade e abundância de AulG e CryC. Todas as estações de amostragem proveniente do período chuvoso encontram-se no lado negativo do eixo 2, associadas com alta temperatura e profundidade (Figura 8, Tabela 4).



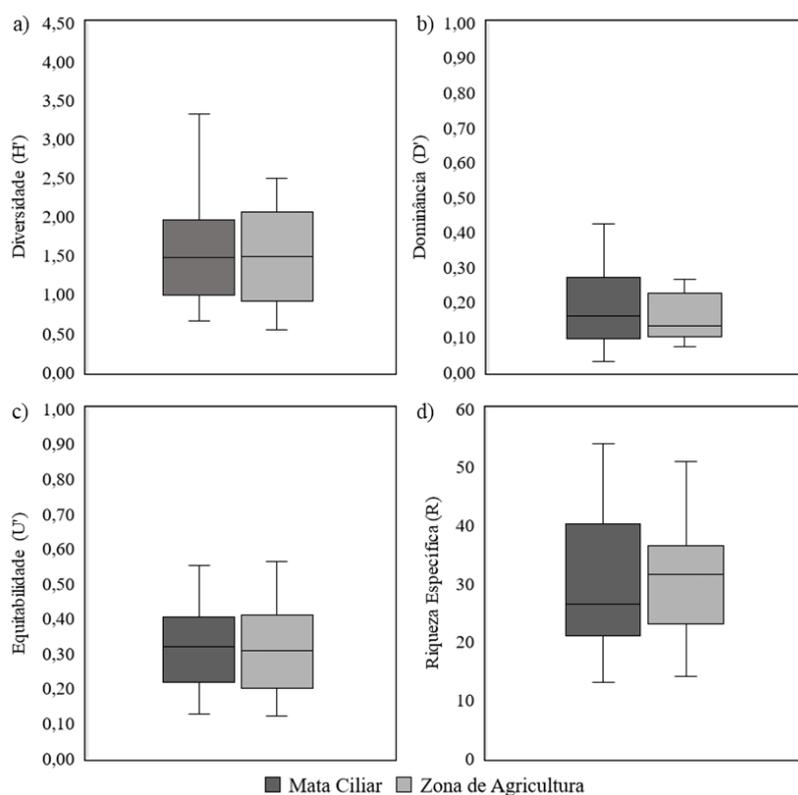
**Figura 8.** Ordenação, segunda CCA, das unidades amostrais geradas a partir de onze espécies descritoras de sistema e nove variáveis abióticas. Variáveis abióticas: Temperatura (Temp.), Transparência da água (Secchi), Turbidez (Turb), Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (PT), Potencial Hidrogeniônico (pH), Profundidade (Prof.), Nitrato (NO<sub>3</sub>) e Clorofila a (Chl a). Espécies descritoras: Aulacoseira granulata (AulG), Urosolenia eriensis (UroE), Radiococcus polycoccus (RadP), Cryptomonas brasiliensis (CryB), Cryptomonas curvata (CryC), Cryptomonas tetrapyrenoidosa (CryT), Dolichospermum planctonicum (DolP), Sphaerocavum brasiliense (SphB), Trachelomonas volvocinopsis (TraV), Peridinium sp. (Peri), Mougeotia sp. (Moug). As unidades amostrais foram identificadas de acordo com o uso e ocupação do solo no entorno do local de pesquisa, sendo Mata Ciliar (1MC a 5MC) e Zona de Agricultura (1ZA a 5ZA).

**Tabela 4.** Correlação Espécie-Ambiente (Correlação de Pearson) para cada eixo, variável ambiental e táxon descritor.

<b>Eixo</b>	<b>Correlação Espécie-</b>	<b>Média</b>	<b>Mínima</b>	<b>Máxima</b>	<b>p</b>
1	0,96	0,762	0,532	0,893	0,001
2	0,784	0,74	0,503	0,897	---
<b>Variáveis</b>	<b>r value</b>		<b>Espécies</b>	<b>r value</b>	
<b>Limnológicas</b>	<b>Eixo I</b>	<b>Eixo II</b>	<b>Descritoras</b>	<b>Eixo I</b>	<b>Eixo II</b>
Transp.	-0,38	0,21	CryB	-0,42	0,30
Temp.	-0,72	-0,82	CryC	0,14	-0,01
Turb.	-0,07	-0,38	DolP	-0,34	-0,15
pH	0,51	-0,13	TraV	0,76	0,28
NT	0,22	-0,01	Peri	0,03	0,57
Chl <i>a</i>	0,22	0,55	RadP	0,47	0,31
PT	0,82	0,54	UroE	-0,30	0,44
Prof.	-0,06	-0,45	MicB	0,19	0,02
NID	0,78	0,21	Moug	-0,20	0,39
Cond.	0,499	-0,057	CryT	-0,20	0,42
PO <sub>4</sub>	0,608	0,041	AulG	0,33	0,12
<b>Explicabilidade Eixo I</b>		27,8%			
<b>Explicabilidade Eixo II</b>		9,4%			

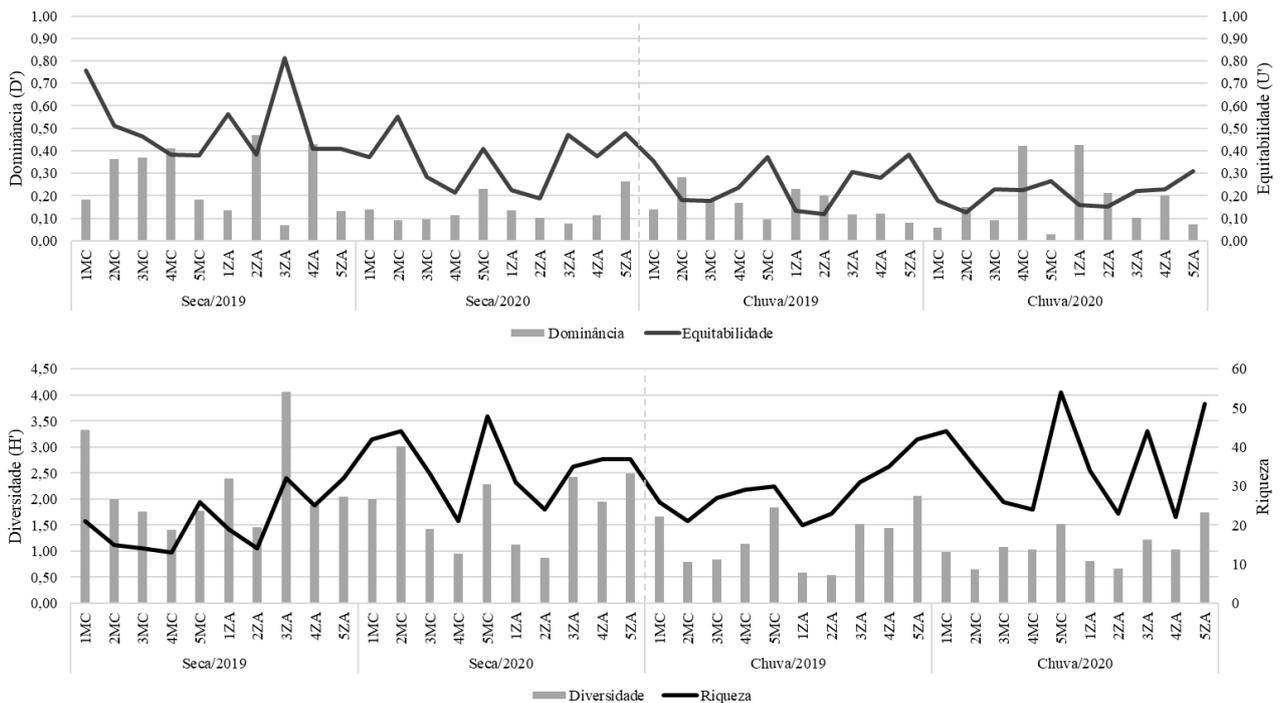
De maneira geral, em relação aos índices biológicos entre as estações de amostragem, aqueles próximos às estações de MC apresentaram maiores valores médios de diversidade, riqueza, dominância e equitabilidade do que nas estações próximas às ZA. Na estação seca/2019 a média dos valores dos índices analisados nas estações de amostragens ZA superaram a média valores nas estações de amostragens da MC, com exceção apenas do índice de dominância (Figura 9).

Apesar dos resultados distintos entre as unidades de amostragem entre MC e ZA, para os índices de dominância, diversidade, equitabilidade e riqueza e suas médias, a PERMANOVA não detectou diferença espacial significativa ( $p > 0,05$ ) para os índices ao longo das unidades amostrais.



**Figura 9.** Gráficos boxplot dos índices biológicos e riqueza específica representando a variabilidade dos dados diante das distantes estações de amostragem com diferentes usos do solo no entorno do reservatório Biritiba Mirim, SP. **a)** Índice de Diversidade ( $H'$ ). **b)** Índice de Dominância ( $D'$ ). **c)** Índice de Equitabilidade ( $U'$ ). **d)** Riqueza específica ( $R$ ).

Em contrapartida, quanto à variação temporal dos índices biológicos, no período seco/2019 foi observado maiores valores nos índices de equitabilidade, dominância e diversidade e menor valor de riqueza específica. No período chuvoso do mesmo ano foram registrados os menores valores no índice de equitabilidade e diversidade; no período chuvoso de 2020 foram registrados o maior valor de riqueza específica e a menor taxa no índice de dominância (Figura 10). A PERMANOVA detectou diferença estatisticamente significativa na variação temporal dos índices ( $p < 0,001$ ).



**Figura 10.** Variação temporal e espacial dos índices biológicos, estimados com base na densidade, nas dez unidades amostrais, do Reservatório Biritiba Mirim durante dois períodos distintos. MC corresponde às unidades coletadas próximas a mata ciliar (1MC a 5MC) e ZA aqueles coletados próximos à zona de agricultura (1ZA a 5ZA). **a)** Índice de Dominância ( $D'$ ) e Índice de Equitabilidade ( $U'$ ). **b)** Índice de Diversidade ( $H'$ ) e Riqueza específica ( $R$ ).

## DISCUSSÃO

A composição, estrutura e dinâmica do fitoplâncton podem mudar diante de perturbações que ocorrem no ambiente acarretando em mudanças ocasionais na dominância dos grupos fitoplancônicos por sucessíveis anos. O loop de entrada de nutrientes (atratores Lorenzianos), morfologia do corpo hídrico e a dinâmica sazonal, embora que muitas vezes temporariamente, são o suficiente para provocar uma série de respostas por parte da comunidade fitoplancônica (Reynolds 2006).

*Heterogeneidade espacial da comunidade fitoplancônica em relação ao uso e ocupação do solo no reservatório Biritiba Mirim*

As análises realizadas tanto para as variáveis limnológicas quanto para a estrutura da comunidade ( $p > 0,001$ ), indicam que não houve diferenças estatísticas significativas para comprovar a heterogeneidade espacial entre unidades de amostragens estudadas. Frente a hipótese deste estudo, era esperado detectar diferença na estrutura do fitoplâncton entre as estações de amostragens de MC e ZA, diferentemente do que foi encontrado, durante o período de estudo, bem como de outros estudos

evidenciaram a influência da atividade agrícola sob a fitoplâncton (e.g.: Bratt *et al.* 2019, Zhang *et al.* 2020b, Patoine *et al.* 2021, Sánchez *et al.* 2021).

As atividades agrícolas vêm aumentando a disponibilidade de nutrientes em diversos ecossistemas aquáticos pelo mundo, sendo de água doce ou marinha. Embora anteriormente não reconhecido, essas práticas são um perigo para esses ambientes e estão intimamente associadas com o aumento e declínio na razão de NT:PT (Downing 1997, Sebastiá *et al.* 2012).

No presente estudo, a análise CCA o fator espacial não indicou respostas significativas diante das espécies descritoras. E a estatística não demonstrou resultados significativos, para a relação entre diversidade e biomassa entre as unidades de MC e ZA.

Embora um dos quesitos para o desenvolvimento e crescimento da comunidade fitoplanctônica seja uma alta oferta de nutrientes e condições ambientais, os severos efeitos diretos e indiretos das atividades agrícolas sob a comunidade fitoplanctônica (Katsiapi *et al.* 2012, Paul *et al.* 2012, Doubek *et al.* 2015, Sánchez *et al.* 2021).

Ao contrário do que a literatura citada acima evidencia, as atividades agrícolas desenvolvidas a partir do uso da terra do entorno do reservatório não foi suficiente para detectar uma resposta por parte da comunidade fitoplanctônica, durante o período de estudo

O controle do homem na vazão e no nível de água em reservatórios influencia as características abióticas e bióticas do ecossistema aquático (Wetzel 1990). A taxa de renovação da água afeta diretamente a ciclagem e acúmulo de nutrientes na água (Schindler 2006) influenciando no crescimento do fitoplâncton, macrófitas e no estado trófico do reservatório (Porto *et al.* 1991, Straškraba 1999). O curto tempo de residência da água, associado a vazão e a profundidade do reservatório, podem ter atenuado as mudanças da carga de nutriente provenientes do uso do solo agrícola podendo explicar as semelhanças entre as estações de amostragem, onde este pode ter influenciado na estrutura da comunidade bem como nos níveis de biomassa fitoplanctônica no caso do reservatório Biritiba Mirim, explicando assim a semelhança espacial entre as estações de amostragem

A diminuição no tempo de residência da água está relacionada com a perda de biomassa fitoplanctônica por conta do fluxo da correnteza, enquanto que o aumento promove o desenvolvimento e crescimento da comunidade, como consequência da estabilidade da coluna d'água e concentração de nutrientes (Londe *et al.* 2016), como registrado em outros estudos cujo a taxa de renovação da água influenciou o biovolume do fitoplâncton (Straškraba 1999, Mac Donagh *et al.* 2009, Rangel *et al.* 2012). Nossos resultados indicam que, embora a estatística não corrobore, essa mesma dinâmica é observada no reservatório, onde foi possível observar relação entre o aumento e declínio do tempo de residência da água e biovolume.

Outro fator que merece ser mencionado seria a profundidade das unidades de amostragem. Foi verificada diferença estatística significativa entre a profundidade das estações próximas a MC e ZA ( $p < 0,001$ ), onde as estações de amostragem de MC apresentaram maiores valores de profundidade do que as estações de amostragem próximas à ZA.

Consideramos que esse fator pode estar relacionado com as atividades praticadas próximas às unidades amostrais da ZA, pois mudanças no uso da terra, como a conversão de áreas florestais em terras agrícolas, podem causar o aumento no acúmulo de sedimentos (Huang & Lo 2015). A atividade agrícola é um dos contribuintes na perturbação das bacias, assoreamento e erosão acelerada em escala global (Benkadja *et al.* 2013, Alberto *et al.* 2016). Ademais, o desenvolvimento do fitoplâncton pode ser afetado por variações na profundidade, principalmente diante da estratificação térmica, que consequentemente afeta as taxas de nutrientes e disponibilidade de luz (Chen *et al.* 2009). Assim, ambientes rasos e profundos possuem diferenças na sua produtividade e ciclagem de nutrientes (Kalff 2002).

A diferença na profundidade das unidades amostrais entre MC e ZA não gerou resposta significativa por parte da biomassa fitoplanctônica ou composição da comunidade. Nem mesmo a turbidez e transparência da água apresentaram diferenças entre as unidades de MC e ZA ( $p > 0,05$ ).

Assim, mesmo que reservatórios possuam a capacidade de amortecimento, similar a uma função tampão, no qual permite o ambiente a resistir pequenos e curtos níveis de poluição, essa capacidade é limitada e depende da frequência de entrada de substâncias e intensidade (Jørgensen & Vollenweider 1989).

#### *Variação sazonal da comunidade fitoplanctônica no reservatório Biritiba Mirim*

Ao contrário da heterogeneidade espacial, a variação temporal (sazonalidade) teve influência na composição da comunidade fitoplanctônica sendo um dos fatores responsáveis por moldar a comunidade.

Em termos qualitativos as Chlorophyceae e Cyanobacteria foram as classes que mais contribuíram para o número total de táxons, assim como visto em outros trabalhos em reservatórios mesotróficos (Borges *et al.* 2008, Adloff *et al.* 2018, Mabrouk *et al.* 2021). Que a composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica responde de maneiras diferentes dependendo da condição do meio e a disponibilidade de nutrientes já é de conhecimento empírico (Watson *et al.* 1997, Becker *et al.* 2009), bem como a sazonalidade corrobora como esse processo de sucessão de estrutura (Sommer *et al.* 1986, Sommer *et al.* 2012).

O período seco (2019/2020), de acordo com a PCA, esteve associado aos maiores valores de NID, Cond., pH PT, Chl *a* além da elevada contribuição de *T. volvocinopsis* (Euglenophyceae) e *Mougeotia* sp. (Zygnematophyceae).

As Euglenophyceae são documentadas em ambientes com altas concentrações de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo (Round 1983), esse grupo pode ser associado a ambientes com águas

ácidas a levemente alcalinas (Alves-da-Silva *et al.* 2013). De acordo com a CCA, *T. volvocinopsis* aparece associada às unidades amostrais no período seco/2019 onde foram registrados os altos valores de PT, NO<sub>3</sub> e pH, assim como discutidos por outros autores (Alves-da-Silva *et al.* 2013, Kufner & Giani 2017) cujo relacionaram o gênero principalmente com valores de pH. Corroborando Wołowski & Walne (2008) observam que o táxon é bem tolerante a níveis de poluição, o que pode explicar a associação encontrada nos resultados da CCA.

Em literatura é possível encontrar o registro de *Mougeotia* sp. associado a ambientes oligomesotróficos (Pacheco *et al.* 2010, Santana *et al.* 2018, Oliveira *et al.* 2020) bem como, a níveis de fósforo limitante (Tapolczai *et al.* 2014).

Semelhante ao encontrado neste estudo, Oliveira *et al.* (2020) observaram contribuição significativa no biovolume relativo de *T. volvocinopsis* e *Mougeotia* sp. em diferentes reservatórios mesotróficos principalmente relacionados ao período de chuva e o grau de trofia do ambiente estudado, assim como observado neste estudo.

Além da contribuição dessas duas classes para o período seco, destaca-se também Cryptophyceae cuja densidade considerável pode ser vista para o período. Segundo estudos de Taylor *et al.* (1979), esse grupo se beneficia em ambientes com altos valores de pH (ou seja, mais alcalinos), condições de baixa luminosidade e temperatura, além de moderada turbulência onde os indivíduos realizam migração vertical na coluna d'água como mecanismo de adaptação para as condições adversas e continuidade da população (Clay 2015), assim como visto no reservatório Biritiba Mirim no período de dominância do grupo.

Para o período chuvoso (2019/2020) foi relacionado apenas com altos valores de temperatura e alta contribuição de Cyanobacteria. Essas condições somadas ao alto aporte de nutrientes influenciam a dinâmica sazonal desse grupo (Lope *et al.* 2009, Ward *et al.* 2011).

Em nosso estudo a razão NT:PT em todas as estações foi superior à razão de Redfield indicando um ambiente com limitação de PT, sendo o fósforo um nutriente limitante para o crescimento do fitoplâncton em ambientes de água doce (Hecky & Kilham 1988, Jennifer *et al.* 2008). Boa disponibilidade de nutriente (P-limitante) associada a alta temperatura da água, variando de 20 a 23°C para o período em questão, possibilitaram a dominância desses indivíduos, assim como visto em por Islam *et al.* (2012) e Chengxue & Hongxian (2013).

As cianobactérias que mais contribuíram para o biovolume total da amostra foram *D. planctonicum*, *C. dispersus* e *S. brasiliensis* (chuva de 2019/2020), no qual o gênero *Dolichospermum* sp., causador de florações tóxicas, possui registros em diversos ambientes mundialmente (Buratti *et al.* 2017, Kaur *et al.* 2021).

Quanto ao biovolume e aos índices biológicos, obtivemos maiores valores em temperaturas mais frias do que quentes, assim identificamos um forte fator temporal relacionado à composição da

comunidade fitoplanctônica. A temperatura da água é uma fator-chave para o desenvolvimento, crescimento e proliferação do fitoplâncton (Bierman & Dolan 1981, Lv *et al.* 2014), inclusive quando associado com outras variáveis (Tian *et al.* 2013a, Wang *et al.* 2015). O biovolume, o índice de equitabilidade e índice de diversidade foram correlacionadas significativamente com a temperatura da água ( $p < 0,001$ ) enquanto o índice de dominância e riqueza específica não tiveram diferença estatística significativa ( $p > 0,001$ ).

## CONCLUSÃO

Neste estudo buscamos compreender se o tipo de cobertura do solo que existe no entorno do reservatório Biritiba Mirim estaria causando alterações na estrutura da comunidade fitoplanctônica. Acreditamos que o fator espacial, ou seja, o tipo de uso do solo seria o principal responsável por moldar a comunidade diante da heterogeneidade ambiental, entretanto não foi registrado diferenças estatísticas significativas nos resultados entre estações com mata ciliar e zona de agricultura. Possivelmente, a dinâmica hidrológica do reservatório, bem como, as atividades antrópicas não foram suficientes para causar mudanças nas características limnológicas e assim alterar a composição do fitoplâncton. Em contrapartida, observamos a forte influência da sazonalidade que gerou respostas significativas por parte da comunidade. Os valores de biovolume, dos índices biológicos, bem como composição de táxons mudou ao longo dos períodos de chuva e seca, com oscilações nas taxas de nutrientes, tempo de residência da água, e outras propriedades limnológicas. Mudanças temporais são de certa forma pontuais, elas causam alterações nas comunidades e parâmetros de maneira rápida, assim como já mencionado em literatura. Estudos apontam que as atividades agrícolas representam um estressor para o ecossistema aquático, no entanto, é preciso certo tempo para que essas alterações sejam vistas de fato, e que principalmente atinjam as comunidades aquáticas, como já visto em outros estudos. Assim, são necessários estudos complementares para acompanhar e averiguar se o ecossistema do reservatório está de alguma maneira sendo influenciado pelas mudanças e cobertura no solo.

## LITERATURA CITADA

- Adloff, C.T., Bem, C.C., Reichert, G., Azevedo, J.C.R.** 2018. Analysis of the phytoplankton community emphasizing cyanobacteria in four cascade reservoirs system of the Iguazu River, Paraná, Brazil. *Brazilian Journal of Water Resources*, 23: e6.
- Albert, J.S., Destouni, G., Duke-Sylvester, S.M., Magurran, A.E., Oberdorff, T., Reis, R.E., Winemiller, K.O., Ripple, W.J.** 2021. Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis. *Ambio*, 50: 85-94.

- Alberto, A., St-Hilaire, A., Courtenay, S.C., Van Den Heuvel, M.R.** 2016. Monitoring stream sediment loads in response to agriculture in Prince Edward Island, Canada. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188: e415.
- Alves, J., Matthiensen & A., Petrucio, M.M.** 2020. Parâmetros tróficos da qualidade da água e estrutura da comunidade fitoplanctônica no reservatório da UHE Itá. *Embrapa*: 281-297.
- Alves-Da-Silva, S.M., Cabreira, J.C., Voos, J.G., Lobo, E.A.** 2013. Species richness of the genera *Trachelomonas* and *Strombomonas* (pigmented Euglenophyceae) in a subtropical urban lake in the Porto Alegre Botanical Garden, RS, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 27(3): 526-536.
- American Public Health Association (APHA).** 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 nd ed., Washington, American Public Health Association Pub., 1935p.
- Arbuckle, K.E. & Downing, J.** 2001. The Influence of Watershed Land Use on Lake N:P in a Predominantly Agricultural Landscape. *Limnology and Oceanography*, 46(4): 970-975.
- Atazadeh, I., Sharif, M., Kelly, M.** 2007. Evaluation of the Trophic Diatom Index for assessing water quality in River Gharasou, Western Iran. *Hydrobiologia*, 589: 165-173.
- Baú, A.C.** 2018. Variação espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica em uma seção do Reservatório de Passo Real, RS, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 49 pp.
- 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.
- Benkadja, R., Hattab, A., Mahdaoui, N., Zehar, C.** 2013. Assessment of soil losses and siltation of the K'sob hydrological system (semiarid área-East Algeria). *Arabian Journal of Geosciences*, 6: 3959-3968.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M.** 2017. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. 3 ed. Rima, São Carlos.
- Bierman, V.J.R. & Dolan, D.M.** 1981. Modeling of phytoplankton-nutrient dynamics in Saginaw Bay, Lake Huron. *Journal of Great Lakes Research*, 7:409-439
- Biggs, T. W., Santiago, T. M. O., Sills, E., Caviglia-Harris, J.** 2019. The Brazilian Forest Code and riparian preservation areas: spatiotemporal analysis and implications for hydrological ecosystem services. *Regional Environmental Change*, 19(8): 2381-2394.
- Borges, P. A. F., Train, S., Rodrigues, L. C.** 2008. Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical brazilian reservoirs. *Hydrobiologia*, 607(1): 63-74.
- Bratt, A. R., Finlay, J. C., Welter, J. R., Vculek, B. A., Van Allen , R. E.** 2019. Co-limitation by N and P Characterizes Phytoplankton Communities Across Nutrient Availability and Land Use. *Ecosystems*, 23(6): 1121-1137.

- Buratti, F. M., Manganeli, M., Vichi, S., Stefanelli, M., Scardala, S., Testai, E., Funari, E.** 2017. Cyanotoxins: producing organisms, occurrence, toxicity, mechanism of action and human health toxicological risk evaluation. *Archives of Toxicology*, 91(3): 1049-1130.
- Calijuri, M. C., Santos, A. C. A. D., Jati, S.** 2002. Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, SP - Brazil). *Journal of Plankton Research*, 24 (7): 617-634.
- Carney, E.** 2009. Relative influence of lake age and watershed land use on trophic state and water quality of artificial lakes in Kansas. *Lake and Reservoir Management*, 25: 199-207.
- Carpenter, S. R., Stanley, E.H, Vander Zanden, M.J.** 2011. State of the world's freshwater ecosystems: physical, chemical and biological changes. *Annual Review of Environment and Resources*, 36: 75-99.
- Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.F., Howarth, R.W., Sharpley, A.N, Smith, V.H.** 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8: 559-568.
- Cassol, A.P.V., Oliveira, M.A., Domingues, A.L., Pereira-Filho, W., Durigon, M., Silva, J.F.** 2017. Climate factors and limnological conditions shaping phytoplankton community in two subtropical cascading reservoirs. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 29: e17.
- Chakraborty, S., Tiwari, P.K., Sasmal, S.K., Misra, A.K., Chattapadhyay, J.** 2017. Effects of fertilizers used in agricultural fields on algal blooms. *The European Physical Journal Special Topics*, 226: 2119-2133.
- Chen, X., Wang, X., Wu, D., He, S., Kong, H., Kawabata, Z.** 2009. Seasonal variation of mixing depth and its influence on phytoplankton dynamics in the Zeya reservoir, China. *Limnology*, 10: 159-165.
- Chengxue, M. & Hongxian, Y.** 2013. Phytoplankton community structure in reservoirs of different trophic status, Northeast China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 31(3): 471-481.
- Chun, S,J., Cui, Y., Ahn, C.Y., Oh, H.M.** 2018. Improving water quality using settleable microalga *Ettlia* sp. and the bacterial community in freshwater recirculating aquaculture system of *Danio rerio*. *Water Research*, 135: 112-121.
- Cicerelli, R. & Galo, M.L.B.T.** 2015. Sensoriamento remoto multifonte aplicado na detecção do fitoplâncton em águas interiores. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(3): 259-265.
- Clay, B.L.** 2015. Cryptomonads. *In*: J.D. Wehr, R.G. Sheath & P. Kociolek (eds). *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. (2ed). Academic Press, United States of America, pp. 809-850.

- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SAPESP).** 2022. Portal dos Mananciais SABESP. DadosSistemas produtores. Disponível em: <https://mananciais.sabesp.com.br/HistoricoSistemas?SistemaId=1> (acesso em 26-IV-2022).
- Crossman, J., Whitehead, P. G., Futter, M. N., Jin, L., Shahgedanova, M., Castellazzi, M. & Wade, A. J.** 2013. The interactive responses of water quality and hydrology to changes in multiple stressors, and implications for the long-term effective management of phosphorus. *Science of The Total Environment*, 454-455: 230-244.
- Davide, A.C., Ferreira, R.A., Faria, J.M.R., Botelho, S.A.** 2000. Restauração de matas ciliares. *Informe Agropecuário*, 21(207): 55-74.
- DeLorenzo, M.E., Taylor, L.A., Lund, S.A., Pennington, P.L., Strozier, E.D., Fulton, M. H.** 2002. Toxicity and Bioconcentration Potential of the Agricultural Pesticide Endosulfan in Phytoplankton and Zooplankton. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 42: 173-181.
- Departamento de Águas e Energia Elétrica do Governo de São Paulo (DAEE).** 2006. Sistema produtor Alto Tietê. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/site/sistema-produtor-alto-tiete/> (acesso em 15-V-2020).
- Destouni, G. & Jarsjö, J.** 2018. Zones of untreatable water pollution call for better appreciation of mitigation limits and opportunities. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 5(4): 1-9.
- Doubek, J.P., Carey, C.C., Cardinale, B.J.** 2015. Anthropogenic land use is associated with N-fixing cyanobacterial dominance in lakes across the continental United States. *Aquatic Sciences*, 77: 681-694.
- Downing, J. A.** 1997. Marine nitrogen:phosphorus stoichiometry and the global N:P cycle. *Biogeochemistry* 37: 237-252.
- ESRI.** 2001. *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*. Redlands, CA: ESRI Press.
- 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 estados tróficos. *Hoehnea*, 41(1): 9-30.
- Funari, E. & Testai, E.** 2008. Human health risk assessment related to cyanotoxins exposure. *Critical Reviews in Toxicology*, 38(2): 97-125.
- Galloway, J. N., Townsend, A. R., Erisman, J. W., Bekunda, M., Cai, Z., Freney, J. R., Martinelli, L.A, Seitzinger, S.P & Sutton, M. A.** 2008. Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions, and Potential Solutions. *Science*, 320 (5878): 889-892.
- Goshtasbi, H., Atazadeh, E., Fathi, M., Movafeghi, A.** 2021. Using physicochemical and biological parameters for the evaluation of water quality and environmental conditions in international

wetlands on the southern part of Lake Urmia, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 15pp.

- Guignard, M.S., Leitch, A.R., Acquisti, C., Eizaguirre, C., Elser, J.J., Hessen, D.O., Jeyasingh, P.D., Neiman, M., Richardson, A.E., Soltis, P.S., Soltis, D.E., Stevens, C.J., Trimmer, M., Weider, L.J., Woodward, G. & Leitch.** 2017. Impacts of Nitrogen and Phosphorus: From Genomes to Natural Ecosystems and Agriculture. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 5: e70.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., P. D. Ryan.** 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): p9.
- Hayes, N. M., Vanni, M. J., Horgan, M. J., & Renwick, W. H.** 2015. Climate and land use interactively affect lake phytoplankton nutrient limitation status. *Ecology*, 96(2): 392–402.
- Hecky, R.E. & Kilham, P.** 1988. Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments: a review of recent evidence on the effects of enrichment. *Limnology and Oceanography*, 33: 796-822.
- 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.
- Huang, T. & Lo, K.F.A.** 2015. Effects of Land Use Change on Sediment and Water Yields in Yang Ming Shan National Park, Taiwan. *Environments*, 2 (1): 32-42.
- Islam, M.N., Kitazawa, D., Park, H.D.** 2012. Numerical modeling on toxin produced by predominant species of cyanobacteria within the ecosystem of Lake Kasumigaura, Japan. *Procedia Environmental Sciences*, 13: 166-193.
- Jansen, H.C. & Harmsen, J.** 2011. Pesticide monitoring in the Central Rift Valley 2009-2010: ecosystems for water in Ethiopia. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport: 44 pp.
- Jennifer, C., Mary, O., Alan, D.S.** 2008. Phytoplankton response to light and internal phosphorus loading from sediment release. *Freshwater Biology*, 53: 2530-2542.
- Jørgensen, S. E. & Vollenweider, R. A. (eds.).** 1989. *Guidelines of Lake Management*, Vol. 1, Principles of Lake Management. Otsu: ILEC and UNEP.
- Kalff, J.** 2002. Lake and Catchment Morphometry. *In: J. Kalff & J. Downing (eds). Limnology: Inland Water Ecosystems*. Upper Saddle River, Prentice Hall, New Jersey, pp. 85-93.
- Katsiapi, M., Mazaris, A.D., Charalampous, E., Moustaka-Gouni, M.** 2012 Watershed land use types as drivers of freshwater phytoplankton structure. *Hydrobiologia*, 698:121-131.
- Kaur, S., Srivastava, A., Ahluwalia, A.S., Mishra, Y.** 2021. Cyanobacterial blooms and Cyanotoxins: Occurrence and Detection. *In: S.K. Mandotra, A.K. Upadhyay & A.S. Ahluwalia (eds). Algae - Multifarious Applications for a Sustainable World*. Springer, Cingapura, pp. 339-352.

- Knuuttila, S., Pietiläinen, O.P., Kauppi, L.** 1994. Nutrient balances and phytoplankton dynamics in two agriculturally loaded shallow lakes. *Hydrobiologia*, 275, 359-369.
- Komárek, J.; Kaštovský, J.; Mareš, J.; Johansen, J. R.** 2014. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia*, 86:295-335.
- Kreiling, R. M., Bartsch, L. A., Perner, P. M., Hlavacek, E. J., Christensen, V. G.** 2021. Riparian Forest Cover Modulates Phosphorus Storage and Nitrogen Cycling in Agricultural Stream Sediments. *Environmental Management*, 68(2): 279-293.
- Krienitz, L. & Bock, C.** 2012. Present state of the systematics of planktonic coccoid green algae of inland waters. *Hydrobiologia*, 698: 295-326.
- Kufner, D.C.L & Giani, A.** 2017. Euglenophyta de lagoas da região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Matogrossense, Brasil. *Hoehnea* 44(2): 277-294.
- Lamparelli, M.C.** 2004. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Lehmann, E., Fargues, M., Dibié, J-J.N., Konaté, Y., Alencastro, L.F.** 2018. Assessment of water resource contamination by pesticides in vegetable-producing areas in Burkina Faso. *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 3681-3694.
- Lepistö, L., Holopainen, A.L., Vuoristo, H.** 2004. Type-specific and indicator taxa of phytoplankton as a quality criterion for assessing the ecological status of Finnish boreal lakes. *Limnologia*, 34: 236-248.
- Lew, S., Lew, Biedunkiewicz, A., Szarek, J.** 2013. Impact of pesticide contamination on aquatic microorganism populations in the littoral zone. *Environmental Contamination and Toxicology*, 64(3): 399-409.
- Liu, Y., Zou, G., Yuan, Q., Huang, W., Zhou, W.** 2020. Phytoplankton community characteristics in rice paddy fields under different nitrogen fertiliser applications. *Acta Physiologiae Plantarum*, 42: 33.
- Londe, L.R., Novo, E.M.L.M., Barbosa, C., Araujo, C.A.S.** 2016. Water residence time affecting phytoplankton blooms: study case in Ibitinga Reservoir (São Paulo, Brazil) using Landsat/TM images. *Brazilian Journal of Biology*, 76(3): 664-672.
- Lope, M., Chan, K. S., Ciannelli L, R.P.C., Stige, L.C., Stenseth, N.C.** 2009. Effects on environmental conditions on the seasonal distribution of phytoplankton biomass in the North Sea. *Limnology and Oceanography*, 54: 512-524.
- 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(2): 143-170.

- Lv, H., Yang, J., Liu, L.** 2014. Temporal pattern prevails over spatial variability in phytoplankton communities from a subtropical water supply reservoir. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 42: 420-430.
- Lv, H., Yang, Y., Liu, L., Yu, X., Yu, Z., Chiang, P.** 2014. Temperature and nutrients are significant drivers of seasonal shift in phytoplankton community from a drinking water reservoir, subtropical China. *Environmental Science and Pollution Research*, 21: 5917–5928.
- Mabrouk, L., Hamza, A, Mansour, H.B.** 2021. Factors controlling phytoplankton dynamics in an arid reservoir in Tunisia (case of Sidi Saad dam). *Environmental Monitoring and Assessment*, 193 (6): 354.
- Mac Donagh, M.E., Casco, M.A., Claps, M.C.** 2009. Plankton relationships under small water level fluctuations in a subtropical reservoir. *Aquatic Ecology*, 43: 371-381.
- Machado, L.S., Santos, L.G., Doval, J.C.L., Pompêo, M.L.M., Moschini-Carlos, V.** 2016. Fatores ambientais relacionados à ocorrência de cianobactérias potencialmente tóxicas no reservatório de Guarapiranga, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, 11(4): 810-818.
- Marques, R. & Souza, L.C.** .2005. Maras ciliares e áreas de recarga hídrica. *In: C.V. Andreoli & C. Caneiro (eds). Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimentos Eutrofizados.* Editora Gráfica Capital Ltda, Curitiba, pp.161-188.
- McCune, B. & Mefford, J.J.** 1997. PC-ord. Multivariate analysis of ecological data, version 3.0. Oregon MjM Software Design, 47p.
- Moran, P.A.P.** 1950. Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika* 37:17-23.
- Oliveira, S.A., Ferragut, C., Bicudo, C.E.M.** 2020. Relationship between phytoplankton structure and environmental variables in tropical reservoirs with different trophic states. *Acta Botanica Brasilica*, 34(1): 83-93.
- Pacheco, J.P., Iglesias, C., Meerhoff, M., Fosalba, C., Goyenola, G., Teixeira-de-Mello, F., García, S., Gelo's, M. García-Rodríguez, F.** 2010. Estrutura da comunidade fitoplanctônica em cinco lagos rasos subtropicais com diferentes estados tróficos (Uruguai): uma abordagem baseada na morfologia. *Hidrobiologia*, 646: 187-197.
- Patoine, A., Karmakar, M., Kurek, J.** Differential Impacts of Climate and Land-use on Twentieth-century Phytoplankton Composition among and within Two Temperate Coastal Estuaries of Atlantic Canada. *Estuaries and Coasts*. 45(5): 1371-1392.
- Paul, W.J, Hamilton, D.P., Ostrovsky, I., Miller, S.D., Zhang, A., Muraoka, K.** 2012. Catchment land use and trophic state impacts on phytoplankton composition: a case study from the Rotorua lakes district, New Zealand. *Hydrobiologia*, 698:133-146.
- Pielou, E. C.** 1966. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 10(2): 370-383.

- Porto, R. L. L.** 1991. *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos: 3. 411p.
- Rangel, L.M., Silva, L.H.S., Rosa, P., Roland, F., Huszar, V.L.M.** 2012. Phytoplankton biomass is mainly controlled by hydrology and phosphorus concentrations in tropical hydroelectric reservoirs. *Hydrobiologia*, 693: 13-28.
- Redfield, A.** 1958. The Biological Control of Chemical Factors in the Environment. *American Scientist*, 46(3): 205-221.
- Redfield, A.C., Ketchum, B.H., Richards, F.A.** 1963. The influence of organisms on the composition of sea-water, *In: M.N. Hill (ed.) The composition of seawater: Comparative and descriptive oceanography. The sea: ideas and observations on progress in the study of the seas*, Interscience Pub, New York (2ed.), pp. 26-77.
- Relyea, R.A.** 2008. A cocktail of contaminants: how mixtures of pesticides at low concentrations affect aquatic communities. *Oecologia*, 159: 363–376.
- Reynolds, C. S.** 1997. *Vegetation process in the pelagic: A model forecosystem theory*. Luhe: Ecology Institute. 371p.
- Reynolds, C. S.** 2006. *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge: 384p.
- Rhodes, T. K., Aguilar, F. X., Jose, S., Gold, M.** 2016. Factors influencing the adoption of riparian forest buffers in the Tuttle Creek Reservoir watershed of Kansas, USA. *Agroforestry Systems*, 92(3): 739-757.
- Round, F.E.** 1983. *Biologia das Algas (2ed.)*. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Dois, 263p.
- Roy, S. & Chattopadhyay, J.** 2007. Towards a resolution of ‘the paradox of the plankton’: A brief overview of the proposed mechanisms. *Ecological Complexity*, 4 (1-2): 26-33.
- Rueda, F., Moreno-Ostos, E., Armengol, J.** 2006. The residence time of river water in reservoirs. *Ecological Modelling*, 191(2): 260-274.
- Sánchez, M.L, Schiaffino, M.R., Graziano, M., Huber, P., Lagomarsino, L., Minotti, P., Zagarese, H. E., Izaguirre, I.** 2021. Effect of land use on the phytoplankton community of Pampean shallow lakes of the Salado River basin (Buenos Aires Province, Argentina). *Aquatic Ecology*, 55(2): 417-435.
- Santana, L.M., Nabout, J.C., Ferragut, C.** 2018. Taxonomic and functional classifications of phytoplankton in tropical reservoirs with different trophic states. *Brazilian Journal of Botany* 41: 91-102.
- Schindler, D.W.** 2006. Recent advances in the understanding and management of eutrophication. *Limnology and Oceanography*, 51 (1/2): 356-363.

- Sebastiá, M.-T., Rodilla, M., Sanchis, J.-A., Altur, V., Gadea, I. & Falco, S.** 2012. Influence of nutrient inputs from a wetland dominated by agriculture on the phytoplankton community in a shallow harbour at the Spanish Mediterranean coast. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 152: 10-20.
- Shannon, C.E. & Weaver, W.W.** 1963. *The mathematical theory of communications*. University of Illinois Press, Urbana, 117 pp.
- Simpson, E.H.** 1949. Measurement of diversity. *Nature*, London, 163: 688.
- Sommer, U., Adrian, R., Domis, L.D.S., Elser, J.J., Gaedke, U., Ibelings, B., Jeppesen, E., Lurling, M., Molinero, J.C., Mooij, W.M., Donk, E., Winder, M.** 2012. Beyond the plankton ecology group (PEG) model: mechanisms driving plankton succession. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 43: 429–448.
- Sommer, U., Gliiwicz, Z.M., Lampert, W., Duncan, A.** 1986. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh water. *Hydrobiologia*, 106(4): 433-471.
- Straškraba, M.** 1999. Retention time as a key variable of reservoir limnology. *In: J.G. Tundisi & M. Straškraba (eds). Theoretical reservoir ecology and its applications*. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences, Backhuys Publishers, São Carlos, pp. 385-410.
- Sun, J., & Li, D.** 2003. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 25(11): 1331-1346.
- Tapolczai, K., Anneville, O., Padisák, J., Salmoso, N., Morabito, G., Zohary, T., Tadonlécé, R.D., Rimet, F.** 2015. Occurrence and mass development of *Mougeotia* spp. (Zygnemataceae) in large, deep lakes. *Hydrobiologia*, 745: 17-29.
- Taylor, W.D., Hern, S.C., William, L.R., Lambou, V.W., Morris, M.K., Morris, F.A.** 1979. *Phytoplankton Water Quality Relationships in U.S. Lakes. Part 6. The Common Phytoplankton Genera from Eastern and Southeastern Lakes*. U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Monitoring and Support Laboratory, Working Paper. 82p.
- Teklu, B. M., Haileslassie, A., Mekuria, W.** 2021. Pesticides as water pollutants and level of risks to environment and people: an example from Central Rift Valley of Ethiopia. *Environment, Development and Sustainability*, 20p.
- Teklu, B.M., Hailu, A., Wiegant, D.A., Scholten, B.S., Van Den Brink, P.J.** 2018. Impacts of nutrients and pesticides from small- and large-scale agriculture on the water quality of Lake Ziway, Ethiopia. *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 13207-13216.
- Tian, C., Pei, H.Y., Hu, W.R., Xie, J.** 2013a. Phytoplankton variation and its relationship with the environmental factors in Nansi Lake, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185: 295-310.

- Trindade, C.S.** 2016. Relação entre a qualidade da água e sedimentos no reservatório de Biritiba-Mirim-SP face ao uso do solo em áreas sob vegetação natural e áreas agrícolas. Tese de Doutorado, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Vadrucci, M.R., Cabrini, M., Basset, A.** 2007. Biovolume determination of phytoplankton guilds in transitional water ecosystems of Mediterranean Ecoregion. *Transitional Waters Bulletin*, 2: 83-102.
- Van Hoek, C., Mann, D.G., Jahns, H.M.** 1995. *Algae. An introduction to phycology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Van Leeuwen, C.J & Vermeire, T.G.** 2007. 2.ed. *Risk assessment of chemicals: an introduction*. Springer, Dordrecht: 718 pp.
- Vieira, R.S., Ricarte, E.M.F., Oliveira, N.M., Rodrigues, J.L.G., Oliveira, E.C.C., Goés, M.I.L., Almeida E Silva, T., Lacerda, S.R.** 2021. Composição do Fitoplâncton em Reservatório de Abastecimento no Semiárido Nordeste. *Brazilian Journal of Development*, 7(7): 65397-65414.
- Von Sperling, M.** 1966. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos – volume 1. (2º ed.) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 246p.
- Wang, L., Wang, C., Deng, D., Zhao, X., Zhou, Z.** 2015. Temporal and spatial variations in phytoplankton: correlations with environmental factors in Shengjin Lake, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(18): 14144-14156.
- Ward, B.B., Rees, A.P., Somerfi, E.P.J., Joint, I.** 2011. Linking phytoplankton community composition to seasonal changes in f-ratio. *ISME Journal*, 5: 1759-1770.
- Watson, S.B., Mccauley E., Downing J.A.** 1997. Patterns in phytoplankton taxonomic composition across temperate lakes of differing nutrient status. *Limnology and Oceanography*, 42: 487-495.
- Wetzel, R.** 1990. Reservoir ecosystems: conclusions and speculations. *In*: K.W. Thornton, B.L. Kimmel & F.E. Payne (eds). *Reservoir Limnology: Ecological Perspectives*. John Wiley and Sons, New York, pp. 227-238.
- Withers, P.J.A. & Jarvie, H.P.** 2008. Delivery and cycling of phosphorus in rivers: A review. *Science of The Total Environment*, 400 (1-3): 379-395.
- Wolowski, K. & Walne, P.L.** 2008. Strombomonas and Trachelomonas species (Euglenophyta) from south-eastern USA. *European Journal of Phycology*, 42(4): 409-431.
- Wu, N., Dong, X., Liu, Y., Wang, C., Baattrup-Pedersen, A., Riis, T.** 2017. Using river microalgae as indicators for freshwater biomonitoring: review of published research and future directions. *Ecological Indicators*, 81: 124-131.

- Zhang, Z., Gao, J., Cai, Y.** 2020b. The direct and indirect effects of land use and water quality on phytoplankton communities in a basin dominated by agriculture. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(12): 760.
- Zhu, H., Liu, X.G., Cheng, C.P.** 2021. Phytoplankton community structure and water quality assessment in an ecological restoration area of Baiyangdian Lake, China. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18:1529-1536.

**CAPÍTULO II - Composição da comunidade fitoplanctônica (exceto Bacillariophyta) do  
Reservatório Biritiba Mirim, Sistema Alto Tietê, São Paulo.**

## Composição da Comunidade fitoplanctônica (exceto Bacillariophyta) do Reservatório Biritiba Mirim, Sistema Alto Tietê, São Paulo.

### RESUMO

Estudos taxonômicos abordando a composição da comunidade fitoplanctônica já foram registrados em vários ambientes, inclusive reservatórios de abastecimento de água de diferentes trofias. Embora relevantes para a ciência, nota-se que estes são cada vez mais escassos. Levantamentos taxonômicos possuem relevância diante da importância do conhecimento da biodiversidade e manejo sustentável, principalmente em função dos impactos que as ações humanas trazem ao ecossistema aquático. O presente estudo foi realizado no reservatório Biritiba Mirim, um sistema mesotrófico profundo, durante o período de um ano. As amostras são provenientes de 10 pontos de coleta ao longo da extensão do reservatório, realizadas em 4 períodos distintos, estas foram coletadas utilizando uma rede de plâncton com abertura de malha de 20 µm e preservados em formol 4-5%. Foram identificados 77 táxons distribuídos em 9 classes, destes 28,9% pertencem a classe Chlorophyceae e 17,1% a Cyanophyceae, os gêneros *Trachelomonas* Ehrenberg, *Monoraphidium* Komárková-Legnerová, *Aphanocapsa* Nägeli e *Cryptomonas* Ehrenberg (Cryptophyceae) apresentaram maior número de representantes. Este levantamento corresponde ao primeiro registro da comunidade fitoplanctônica para o reservatório estudado, onde os táxons identificados bem como os resultados coletados encontram-se em concordância ao encontrado em ambientes com condições semelhantes.

**Palavra-chave:** Algas; Biodiversidade; Levantamento taxonômico; Mesotrófico; Sistema de Abastecimento.

### ABSTRACT

Taxonomic studies addressing the composition of the phytoplankton community have already been recorded in several environments, including water supply reservoirs of different trophies. Although relevant to science, it is noted that these are increasingly scarce. Taxonomic surveys are relevant given the importance of knowledge of biodiversity and sustainable management, mainly due to the impacts that human actions bring to the aquatic ecosystem. The present study was carried out in the Biritiba Mirim reservoir, a deep mesotrophic system, during a period of one year. The samples come from 10 collection points along the length of the reservoir, carried out in 4 different periods, these were collected using a plankton net with a mesh opening of 20 µm and preserved in 4-5% formaldehyde. A total of 77 taxa distributed in 9 classes were identified, of which 28,9% belong to the Chlorophyceae class and 17,1% to the Cyanophyceae, the genera *Trachelomonas* Ehrenberg, *Monoraphidium* Komárková-Legnerová, *Aphanocapsa* Nägeli and *Cryptomonas* Ehrenberg

(Cryptophyceae) had the highest number of representatives. This survey corresponds to the first record of the phytoplankton community for the studied reservoir, where the identified taxa as well as the collected results are in agreement with those found in environments with similar conditions.

**Keyword:** Algae; Biodiversity; Mesotrophic; Supply System; Taxonomic survey.

## INTRODUÇÃO

Avaliar a biodiversidade em ecossistemas aquáticos é de suma importância para a preservação, conhecimento da biodiversidade, manejo e desenvolvimento sustentável (Senna & Magrin 1999); e no que diz respeito à comunidade fitoplanctônica, a presença de determinadas espécies, pode funcionar como indicadores ou mesmo sensores ambientais, fornecendo indícios das condições ambientais locais (Wetzel 1993).

Levantamentos da composição da comunidade fitoplanctônica vêm sendo realizado em diversos ambientes (e.g.: Nogueira & Leandro-Rodrigues 1999, Silva 1999, Rosini *et al.* 2012, Kufner & Giani 2017, Medeiros *et al.* 2021), incluindo reservatórios de abastecimento de água com diferentes graus de trofia (e.g.: Delazari-Barroso *et al.* 2007, Biolo *et al.* 2009, Rodrigues *et al.* 2010, Costa *et al.* 2017, Rosini *et al.* 2020, Vieira *et al.* 2021), sobretudo com objetivo de conhecer, registrar e entender a dinâmica do fitoplâncton em determinado local e período.

No entanto, a biodiversidade pode ser comprometida em função dos impactos, mudanças climáticas e destruição de habitats (Labrum & Gomulkiewicz 2019), por isso a importância de estudos taxonômicos para a conservação e conhecimento das espécies.

Embora se reconheça a relevância e importância do conhecimento da biodiversidade e o levantamento florístico para os ambientes aquáticos, ultimamente são poucas revistas que aceitam a publicação e divulgação dessas informações, limitando a divulgação a publicações locais, o que desestimula e indica um contrassenso na questão.

Finalizado em 2001, o reservatório Biritiba Mirim, objeto do presente estudo, é o terceiro do complexo de represas pertencentes ao Sistema Produtor Alto Tietê (SPAT). Já foram registrados estudos anteriores no local abordando temas como: fluxos subterrâneos (Cavalcanti 2002), taxas de nitrogênio e fósforo (Sendacz *et al.* 2005), análise de sedimento (Sartori 2015, Sorrini 2015, Trindade 2016), metais e defensivos agrícolas (Urakawa 2011), estudos entomológicos (D’Avilla 2011), ambos todos relacionados com a qualidade da água, porém até o momento não há registros de estudos com a comunidade fitoplanctônica.

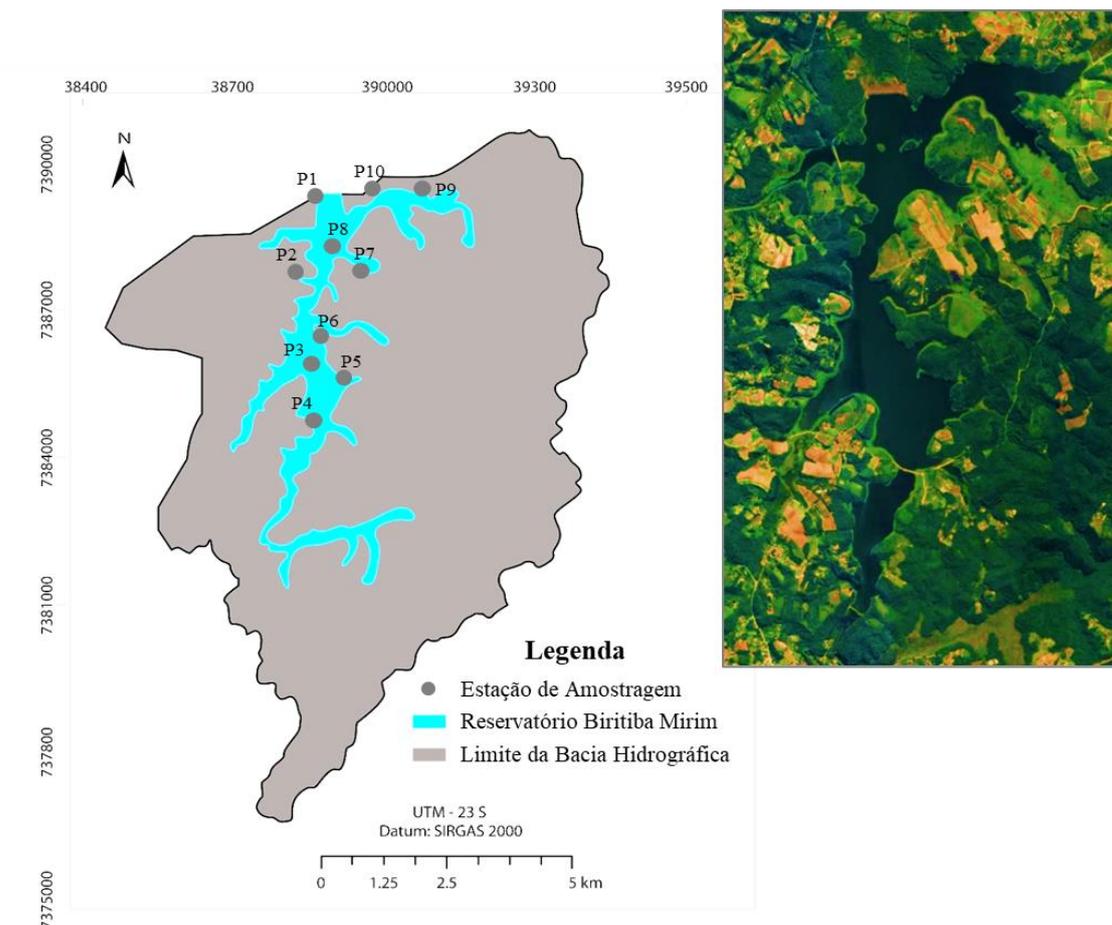
Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo realizar o levantamento taxonômico da comunidade fitoplanctônica no reservatório de Biritiba Mirim, visando contribuir para o conhecimento sobre a diversidade de organismos fitoplanctônico neste ecossistema, na bacia em que

está inserido, bem como para o conhecimento e distribuição de espécies para o Estado de São Paulo, uma vez que nenhum trabalho foi realizado anteriormente documentando, descrevendo e avaliando a taxonomia da comunidade fitoplanctônica.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no reservatório Biritiba Mirim ( $23^{\circ}36'12.144''\text{S}$ ,  $46^{\circ}5'13.653''\text{O}$ ) que está situado ao leste da Região Metropolitana de São Paulo, entre os municípios de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes. As amostras são provenientes de 10 pontos de coleta (Figura 1) ao longo da extensão do reservatório, realizadas em 4 períodos distintos, sendo agosto de 2019, novembro de 2019, fevereiro de 2020 e maio de 2020.

A paisagem no entorno do reservatório é composta por vegetação preservada, reflorestamento, atividades agrícolas, indústrias de pequeno e médio porte, agricultura e pecuária (Trindade 2016). Durante o tempo de estudo, o reservatório foi caracterizado como mesotrófico, e mesmo sendo um sistema profundo, apresentou variação espacial e temporal no valor médio, mínimo e máximo de sua profundidade e demais propriedades limnológicas (*ver metodologia e resultados no capítulo I*).



**Figura 4.** Localização geográfica das estações de amostragem para a coleta da comunidade fitoplanctônica no reservatório Biritiba Mirim, SP. (Adaptado de Fermoseli Júnior 2022 - dados não publicados).

Amostras de água foram coletadas utilizando rede de plâncton com abertura de malha de 20 µm, através do método de arrasto horizontal na subsuperfície da coluna d'água e preservados em formol 4-5%. As amostras foram posteriormente levadas para o laboratório de Microscopia do Núcleo de Conservação da Biodiversidade, setor de ficologia, onde foram examinadas.

A identificação dos táxons foi feita, sempre que possível, até o nível infragenérico e infraespecíficos, avaliando as características morfológicas, morfométricas e populacionais de cada táxon. O esforço amostral foi de 5 lâminas por amostra, a fim de analisar populações de 20 a 25 indivíduos de cada táxon por amostra.

O exame morfométrico foi realizado ao microscópio fotônico modelo Zeiss Axioplan 2, nos aumentos de 400x e 1000x utilizando com retículo micrometrado e câmera fotográfica acoplada, com assistência do software Axiovision 4.6. Para auxiliar na observação das características, foi utilizado a epifluorescência com filtro verde para diferenciar as cianobactérias de bacterioplâncton, iodo para evidenciar grãos de amido, tinta nanquim e contraste de fase para evidenciar bainhas mucilaginosas além de outras estruturas, como espinhos, flagelos e ornamentações nas células.

As amostras estão depositadas no acervo do Herbário Científico do Estado "Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo" (sob o acrônimo SP) Herbário Seccional de Algas do Instituto de Pesquisas Ambientais (Tabela 1).

**Tabela 1.** Número de registro do herbário no Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA), data da amostragem, estação e coordenadas geográficas das amostras coletadas no Reservatório Biritiba Mirim.

Número de SP	Data da Amostragem	Estação	Coordenadas Geográficas
514.027	15/08/2019	Ponto 1	23°36.15'26.02"W, 46°5.40'29.12"S
514.028	15/08/2019	Ponto 2	23°37.91'23.04"W, 46°5.13'41.65"S
514.029	15/08/2019	Ponto 3	23°38.23'11.22"W, 46°5.35'40.05"S
514.030	15/08/2019	Ponto 4	23°39.01'32.37"W, 46°5.39'55.87"S
514.031	15/08/2019	Ponto 5	23°38.34'25.12"W, 46°5.42'04.09"S
514.032	15/08/2019	Ponto 6	23°38.67'03.03"W, 46°5.69'20.18"S
514.033	15/08/2019	Ponto 7	23°36.01'51.52"W, 46°5.01'16.90"S
514.034	15/08/2019	Ponto 8	23°37.13'02.39"W, 46°4.79'56.12"S
514.035	15/08/2019	Ponto 9	23°36.12'17.73"W, 46°04.42'0.16"S
514.036	15/08/2019	Ponto 10	23°36.03'6.42"W, 46°04.85'42.17"S
514.037	07/11/2019	Ponto 1	23°36.15'26.02"W, 46°5.40'29.12"S
514.038	07/11/2019	Ponto 2	23°37.91'23.04"W, 46°5.13'41.65"S
514.039	07/11/2019	Ponto 3	23°38.23'11.22"W, 46°5.35'40.05"S
514.040	07/11/2019	Ponto 4	23°39.01'32.37"W, 46°5.39'55.87"S
514.041	07/11/2019	Ponto 5	23°38.34'25.12"W, 46°05.42'4.09"S
514.042	07/11/2019	Ponto 6	23°38.67'3.03"W, 46°05.69'20.18"S
514.043	07/11/2019	Ponto 7	23°36.01'51.52"W, 46°5.01'16.90"S
514.044	07/11/2019	Ponto 8	23°37.13'2.39"W, 46°04.79'56.12"S
514.045	07/11/2019	Ponto 9	23°36.12'17.73"W, 46°04.42'0.16"S
514.046	07/11/2019	Ponto 10	23°36.03'6.42"W, 46°04.85'42.17"S
514.047	13/02/2020	Ponto 1	23°36.15'26.02"W, 46°5.40'29.12"S
514.048	13/02/2020	Ponto 2	23°37.91'23.04"W, 46°5.13'41.65"S
514.049	13/02/2020	Ponto 3	23°38.23'11.22"W, 46°5.35'40.05"S
514.050	13/02/2020	Ponto 4	23°39.01'32.37"W, 46°5.39'55.87"S
514.051	13/02/2020	Ponto 5	23°38.34'25.12"W, 46°05.42'4.09"S
514.052	13/02/2020	Ponto 6	23°38.67'3.03"W, 46°05.69'20.18"S
514.053	13/02/2020	Ponto 7	23°36.01'51.52"W, 46°5.01'16.90"S
514.054	13/02/2020	Ponto 8	23°37.13'2.39"W, 46°04.79'56.12"S
514.055	13/02/2020	Ponto 9	23°36.12'17.73"W, 46°04.42'0.16"S
514.056	13/02/2020	Ponto 10	23°36.03'6.42"W, 46°04.85'42.17"S
514.057	14/05/2020	Ponto 1	23°36.15'26.02"W, 46°5.40'29.12"S
514.058	14/05/2020	Ponto 2	23°37.91'23.04"W, 46°5.13'41.65"S
514.059	14/05/2020	Ponto 3	23°38.23'11.22"W, 46°5.35'40.05"S
514.060	14/05/2020	Ponto 4	23°39.01'32.37"W, 46°5.39'55.87"S
514.061	14/05/2020	Ponto 5	23°38.34'25.12"W, 46°05.42'4.09"S
514.062	14/05/2020	Ponto 6	23°38.67'3.03"W, 46°05.69'20.18"S
514.063	14/05/2020	Ponto 7	23°36.01'51.52"W, 46°5.01'16.90"S
514.064	14/05/2020	Ponto 8	23°37.13'2.39"W, 46°04.79'56.12"S
514.065	14/05/2020	Ponto 9	23°36.12'17.73"W, 46°04.42'0.16"S
514.066	14/05/2020	Ponto 10	23°36.03'6.42"W, 46°04.85'42.17"S

A frequência de ocorrência (F) dos táxons foi baseada levando em conta número de parcelas em que o táxon ocorre, dividido pelo número total de parcelas. Os resultados seguiram a seguinte classificação: Raro ( $F \leq 12,5\%$ ), Pouco Frequente ( $12,5\% < F \leq 37,5\%$ ), Frequente ( $37,5\% < F \leq 75\%$ ) e Muito Frequentes ( $F \geq 75\%$ ).

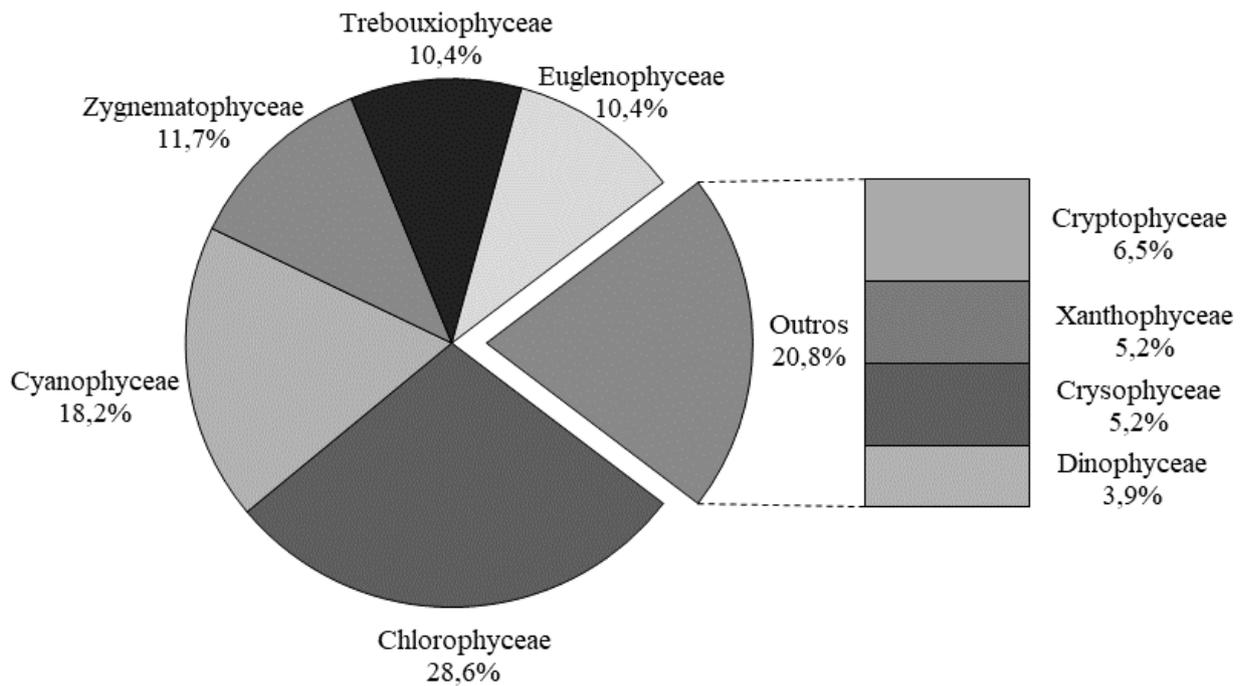
Para identificação dos táxons a nível genérico foi usado Bicudo & Menezes (2017) e para os níveis específicos e infraespecíficos foram utilizadas bibliografias especializadas, como por exemplo: para Cyanophyceae, Komárek & Anagnostidis (1999), Komárek & Anagnostidis (2005), Sant'Anna *et al.* (2007), Rosini *et al.* (2013) e Komárek *et al.* (2014); para Chlorophyceae (Chlorococcales, Sphaeropleales) e Trebouxiophyceae, Komárek & Fott (1983), Fernandes & Bivudo (2009), Krienitz & Bock (2012), Ramos (2013), Alves *et al.* (2014), Loaiza-Restano & Bicudo (2014) e Ramos *et al.* (2016); para Chrysophyceae Starmach (1985); para Euglenophyceae Tell & Conforti (1986), Alves-da-Silva *et al.* (2008), Menezes *et al.* (2011), Servat *et al.* (2015), Alves-da-Silva *et al.* (2016) e Jati *et al.* (2018); para Cryptophyceae, Castro *et al.* (1991) e Castro & Bicudo (2007); para Dinophyceae, Popovsky & Pfister (1990), Bicudo (2013); para Xanthophyceae, Ettl (1978), Bicudo *et al.* (2006); para Zygnematophyceae, Prescott *et al.* (1977), Prescott *et al.* (1982), Faustino (2006), Felisberto & Rodrigues (2010), Aquino *et al.* (2014), Bicudo *et al.* (2014) e Oliveira *et al.* (2016); Nogueira (1999), Nogueira & Leandro-Rodrigues (1999), Cabala & Rahmonoy (2004), Ferragut *et al.* (2005), Domingues & Torgan (2012), Ramos *et al.* (2014), Rosini (2010, 2015), Roy & Pal (2015), D'Alessandro & Nogueira (2017), Ramos *et al.* (2018) e Tucci *et al.* (2019) para a comunidade em geral.

Para a verificação de nomes, atualizações bem como outras informações taxonômicas foi também utilizado o banco de base de dados AlgaeBase (<http://www.algaebase.org>).

A sequência das classes de algas e cianobactérias apresentadas neste capítulo segue a mesma ordem apresentada por Bicudo & Menezes (2017).

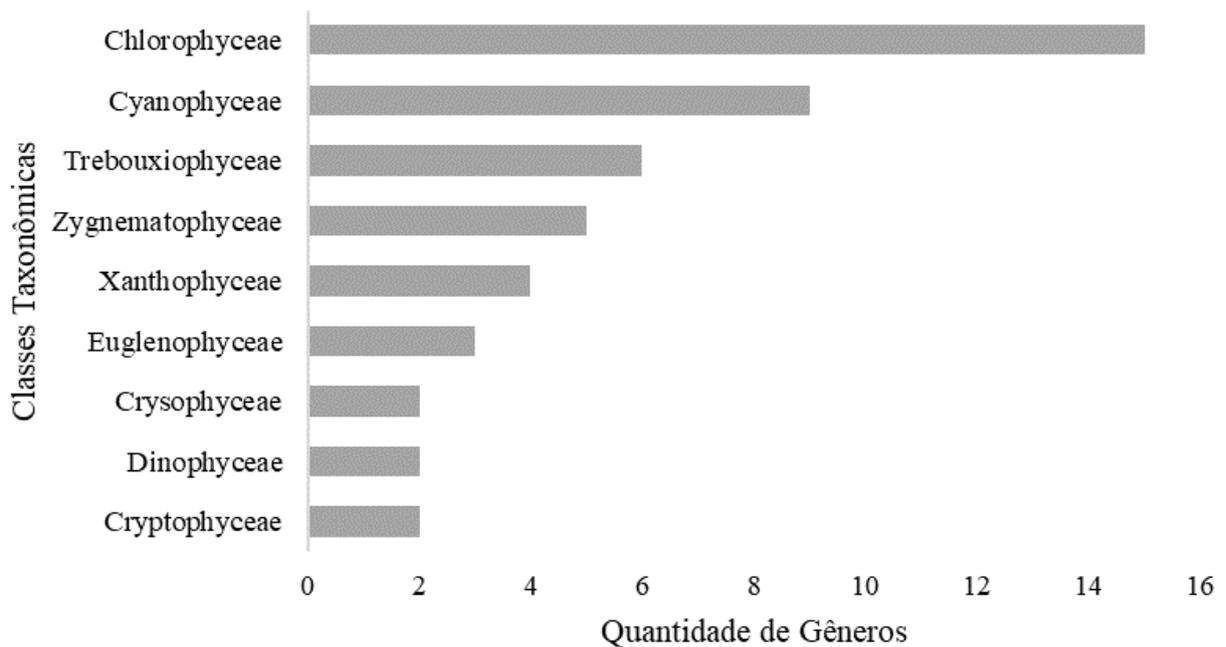
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O levantamento florístico da comunidade fitoplanctônica resultou na identificação de 77 táxons distribuídos em 9 classes, 18 ordens, 28 famílias, 48 gêneros, 66 espécies e 6 variedades. A classe que teve maior contribuição de táxons foi Chlorophyceae (28,9%), seguida de Cyanophyceae (17,1%) e Zygnematophyceae (11,8%). Euglenophyceae e Trebouxiophyceae apresentaram a mesma porcentagem de contribuição, 10,5%. As Cryptophyceae, Xanthophyceae, Chrysophyceae e Dinophyceae somam 21,1% da contribuição total de táxons (Figura 2).



**Figura 2.** Contribuição dos táxons em função das classes durante o período de estudo no Reservatório Biritiba Mirim, São Paulo.

Referente a quantidade de gêneros, Chlorophyceae (15) e Cyanophyceae (9) foram as classes com maior número de representantes e Chrysophyceae, Dinophyceae e Cryptophyceae, com 2 táxons cada, foram aqueles com menor número de gêneros (Figura 3).



**Figura 35.** Quantidade de gêneros registrados para cada classe taxonômica.

Com relação a frequência dos táxons nas amostras, 37,3% dos táxons tiveram rara frequência, 34,7% foram pouco frequentes, 16% foram frequentes e 14,7% foram muito frequentes. Cryptophyceae apresentou maior quantidade de táxons “muito frequentes” entre todas as classes, e Chlorophyceae a maior quantidade de táxons com pouca e rara frequência.

Os táxons identificados representam o primeiro registro para o reservatório de Biritiba Mirim. A composição florística registrada em nossos resultados condiz com os resultados encontrados em reservatórios mesotróficos com condições semelhantes ao reservatório Biritiba Mirim, no Estado de São Paulo (e.g.: Pereira 2013, Pires 2014; Santana *et al.* 2017; Oliveira *et al.* 2020).

A seguir são apresentadas as descrições e as ilustrações de 77 táxons identificados em níveis infragenéricos, específicos e infraespecíficos.

## CYANOPHYCEAE

### SYNECHOCOCCALES

#### MERISMOPEDIAEAE

##### *Aphanocapsa* Nageli

*Aphanocapsa annulata* McGregor, Nova Hedwigia, 84 (3/4): 309. 2007.

(Figura 4a)

Colônias com estágios de desenvolvimento, esféricas quando jovens, alongadas, ovais ou aneladas quando adultas, formada por células densamente arranjadas no interior da mucilagem, mucilagem homogênea, hialina, ampla e delimitada; células esféricas 1,5-2,5 µm diâm., conteúdo verde azulado, sem aerótopos.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514037, SP514038, SP514039, SP514040, SP514041, SP514042, SP514043, SP514044, SP514045, SP514046.); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514048, SP514049, SP514050, SP514051, SP514052, SP514053, SP514054, SP514055, SP514.056).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Frequente.

*Aphanocapsa delicatissima* West & West, Journal of the Linnean Society of London, Botany, 40: 431. Pl. 19, figs. 2-3. 1912.

(Figura 4b)

Colônia esféricas ou irregulares formadas por células frouxamente arranjadas no interior da mucilagem, mucilagem homogênea incolor e difluente; células esféricas, 0,8-1,8 µm diâm., conteúdo verde azulado, homogêneo, sem aerótopos.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514048, SP514049, SP514050, SP514051, SP514052, SP514053, SP514054,

SP514055, SP514.056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514057, SP514058, SP514059, SP514060, SP514061, SP514062, SP514063, SP514065, SP514.066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Frequente.

*Aphanocapsa elachista* West & West, Journal of the Linnean Society of London, Botany, 30: 264-280, pls 18-26. 1894.

(Figura 4c)

Colônias irregulares, difusas, mucilagem hialina, células irregularmente distribuídas; células esféricas, hemisféricas após a divisão, 1-1,8 µm diâm., conteúdo verde azulado, sem aerótopos.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514039, SP514041, SP514042).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

*Aphanocapsa koordersii* Strom, Naturwissenschaftliche Untersuchungen des Sarekgebirges in Schwedisch-Lappland, geleitet von Dr Axel Hamberg 3 Botanik Lieferung, 61: 128. 1923.

(Figura 4d)

Colônias esféricas e irregulares, formadas por células frouxamente arranjadas, mucilagem hialina e difusa; células esféricas, hemisféricas após a divisão, 1,5-2,2 µm diâm., conteúdo celular homogêneo, coloração verde azulado, sem aerótopos, presença de grânulo no interior da célula.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514030, SP514031, SP514032, SP514033, SP514034, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514037, SP514038, SP514039, SP514040, SP514041, SP514042, SP514043, SP514044, SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047, SP514048, SP514049, SP514050, SP514051, SP514052, SP514053, SP514054, SP514055, SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514057, SP514058, SP514059, SP514060, SP514061).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Muito frequente.

*Synechocystis* Sauvageau

*Synechocystis aquatilis* Sauvageau, Bulletin de la Société Botanique de France, 39: 111, 116, pl. 6, fig. 2. 1892.

(Figura 4e)

Células solitárias ou em pares, esféricas 4,1-6,3 µm diâm.; mucilagem hialina, estreita; conteúdo celular homogêneo, esverdeado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514029, SP514030, SP514031, SP514032, SP514033, SP514034, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514037, SP514038, SP514039, SP514040, SP514041, SP514042, SP514043, SP514044, SP514045); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514058, SP514059, SP514060, SP514061, SP514062, SP514063, SP514064, SP514065).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Frequente.

## SYNECHOCOCCACEAE

*Synechococcus* Nägeli

*Synechococcus nidulans* (Pringsheim) Komárek, Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome III: 690. 1970.

(Figura 4f)

Células ovais ou cilíndricas, isoladas ou em pares, retas, 2-2,5 µm diâm., 1,5-4 µm comp.; mucilagem ausente; conteúdo celular esverdeado e homogêneo, ausência de grânulos ou aerótopos.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 07-XI-2019, *E.F.Rosini s.n.* (SP514043, SP514044, SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F.Rosini s.n.* (SP514047, SP514048, SP514049, SP514050, SP514051, SP514053, SP514054, SP514055, SP514056); 14-V-2020, *E.F.Rosini s.n.* (SP514057, SP514058, SP514059, SP514060, SP514061, SP514064, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Frequente.

## CHROOCOCCALES

### APHANOTHECACEAE

*Aphanothece* Nägeli

*Aphanothece* sp.

(Figura 4g)

Colônias arredondadas ou oblongas, composta por células distribuídas irregularmente na mucilagem colonial; mucilagem colonial incolor, difluente, delimitada e conspícua; células oblongas ou ovais, 4-6,1 µm comp., 3,1-4,2 µm larg.; conteúdo celular esverdeado e homogêneo, sem aerótopos.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 07-XI-2019, *E.F.Rosini s.n.* (SP514043).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

## CHROOCOCCACEAE

*Chroococcus* Nägeli

*Chroococcus dispersus* (Keissler) Lemmermann, Arkiv för Botanik 2(2): 1-209. 1904. ≡

*Chroococcus minor* (Kützing) Nägelivar *dispersus* Keissler, Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft, Wein: 311, fig. 6. 1902.

(Figura 4h-j)

Colônias com 4, 16 ou 32 células, em pares ou solitárias, distribuídas irregularmente no centro da mucilagem colonial; mucilagem difusa e hialina; células esféricas ou hemisféricas após a divisão, 4-6,1 µm diâm., sem aerótopos; conteúdo celular heterogêneo, coloração esverdeado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-V-2019, *E.F.Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514032, SP514033, SP514034, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F.Rosini s.n.* (SP514037, SP514038, SP514039, SP514040, SP514041, SP514042, SP514043, SP514044, SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F.Rosini s.n.* (SP514047, SP514048, SP514049, SP514050, SP514051, SP514052, SP514053, SP514054, SP514055, SP514056); 14-V-2020, *E.F.Rosini s.n.* (SP514057, SP514058, SP514059, SP514060, SP514061, SP514062, SP514063, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Muito Frequente.

*Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli, Neue Denkschr. Der Allg. Schweiz. Gesellsch. Gesamt. Naturwiss. 10(7):46. 1849. ≡ *Protococcus minutus* Kützing, Phycologia generalis: 168. 1843.

(Figura 5a-b)

Células solitárias ou formando colônias de 2-6 células, mucilagem hialina firme; células esféricas ou hemisféricas após a divisão, 4,1-5,4 µm diâm., sem aerótopos; conteúdo celular heterogêneo, coloração esverdeado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-V-2019, *E.F.Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514032, SP514033, SP514034, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F.Rosini s.n.* (SP514037, SP514038, SP514039, SP514040, SP514041, SP514042, SP514043, SP514044, SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F.Rosini s.n.* (SP514047, SP514048, SP514049, SP514050, SP514051, SP514052, SP514053, SP514054, SP514055, SP514056); 14-V-2020, *E.F.Rosini s.n.* (SP514057, SP514058, SP514059, SP514060, SP514061, SP514062, SP514063, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Muito frequente.

## MICROCYSTACEAE

*Microcystis* Lemmermann

*Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, Tabulae phycologicae, 1:1-8, pls 1-10. 1846. ≡ *Micraloa aeruginosa* Kützing, Linnaea 8: 371, pl. 8, fig. 23. 1833.

(Figura 5c-d)

Colônias esféricas, alongadas, irregulares ou lobadas, esféricas quando jovens, formadas por numerosas células densamente arranjadas no centro da mucilagem; mucilagem hialina, indistinta, ampla; células esféricas, 4,6-7,7 µm diâm., com aerótopos.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514048).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

*Microcystis protocystis* Crow, The New Phytologist, 22(2): 59-68. 1923.

(Figura 5e)

Colônias irregulares, formadas por células frouxamente distribuídas na mucilagem colonial; mucilagem incolor, homogênea, difluente e ampla; células esféricas, 4,3-6,4 µm diâm., com bainha mucilagínosa individual, presença de aerótopos.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047, SP514056).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

*Radiocystis* Skuja

*Radiocystis fernandoi* Komárek & Komárková-Legnerová, *Preslia* (Praha) 65: 355-357. 1993.

(Figura 5f)

Colônias arredondadas ou irregulares, formadas por grupos de células dispostas em fileiras radiais do centro para a periferia; mucilagem homogênea, hialina, difluente; células arredondadas, 5,2-6,2 µm diâm., com presença de aerótopos.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514037, SP514038, SP514046); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514051, SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

*Sphaerocavum* Azevedo & Sant'Anna

*Sphaerocavum brasiliense* Azevedo & Sant'Anna, *Algological Studies* 109: 81, figs. 1-20. 2003.

(Figura 5g-i)

Colônias ocas e clatradas, com estágios de desenvolvimento, quando jovens esféricas ou arredondadas, quando adultas alongadas ou irregulares, células dispostas irregularmente na periferia da mucilagem colonial; envelope mucilagínoso estreito, difluente, imperceptível e incolor; células esféricas e hemisféricas após a divisão celular, frouxamente arranjadas, formação de camadas de 1 a 2 células de espessura, 1,8-3,1 µm diâm., divisão celular por fissão binária; conteúdo celular heterogêneo, coloração azul-esverdeado a acastanhado, com aerótopos,

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-V-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

## NOSTOCALES

### APHANIZOMENONACEAE

*Dolichospermum* (Ralf ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & Komárek

*Dolichospermum solitarium* (Klebahn) Wacklin, Hoffmann & Komárek, *Fottea*, 9(1): 59-64. 2009.

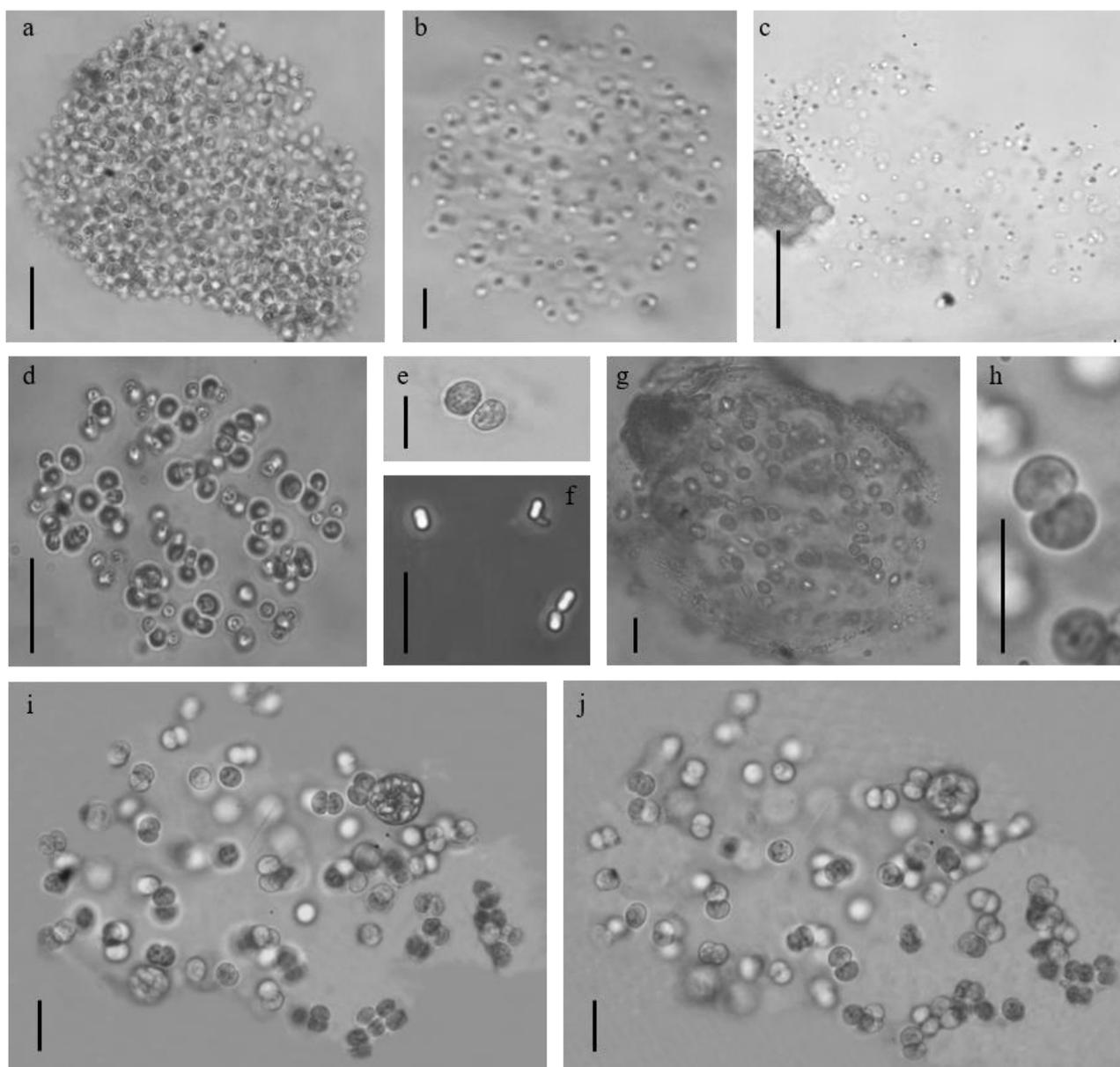
≡ *Anabaena solitaria*, Klebahn, *Flora* 80: 270, pl. 4, fig. 25. 1895.

(Figura 6a-c)

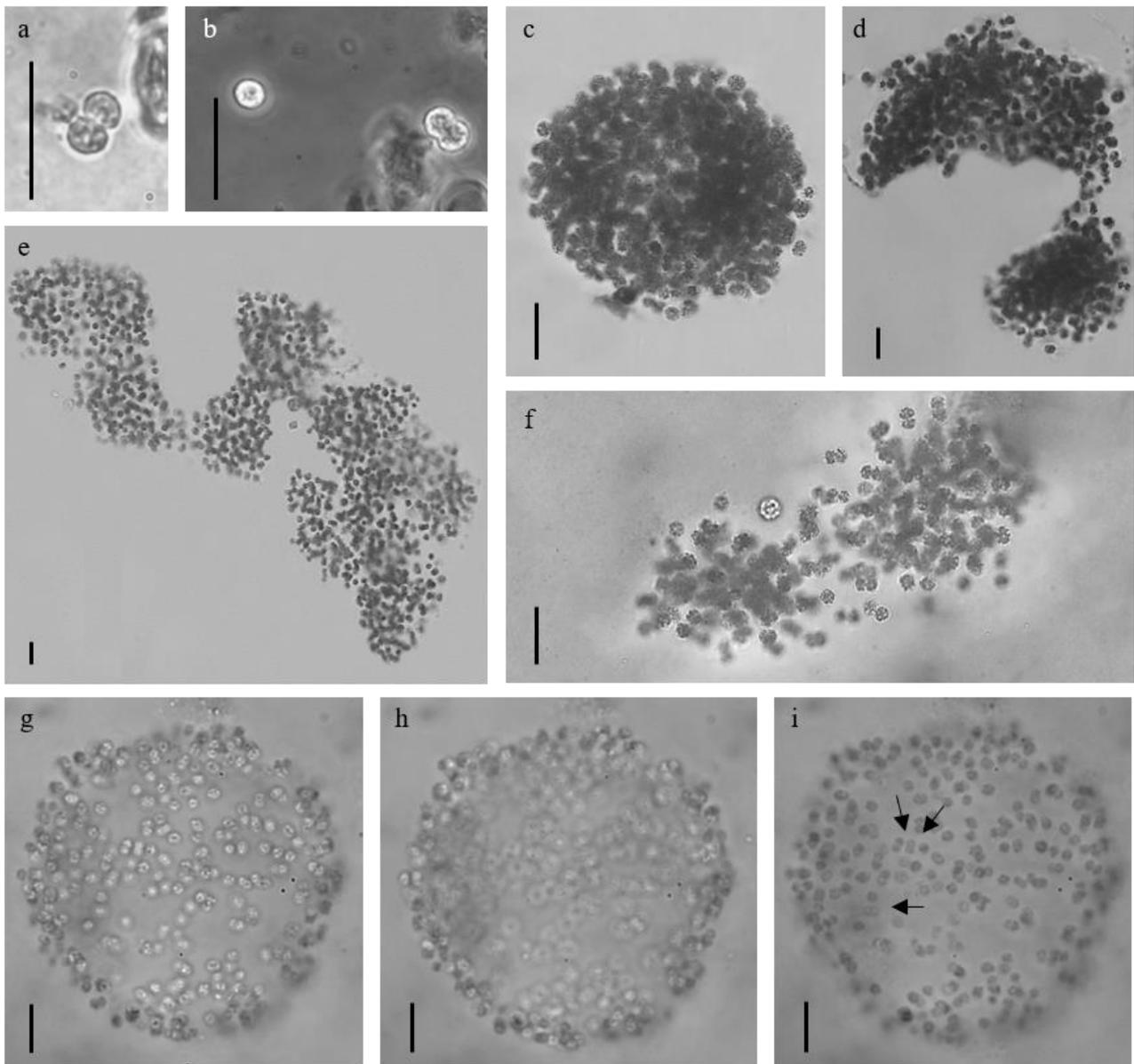
Tricomas solitários, retos ou levemente curvos, bainha mucilaginosa ampla; células em forma de barril, mais longas que largas, 5,5-7  $\mu\text{m}$  larg., 8,2-11,1  $\mu\text{m}$  comp., com aerótopos; heterocitos esféricos, 10  $\mu\text{m}$  diâm.; acinetos elípticos ou cilíndricos, isolados, distante dos heterocitos, 10-11,5  $\mu\text{m}$  larg., 20-22  $\mu\text{m}$  comp.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim, 07-XI-2019, *E.F.Rosini s.n.* (SP514042); 13-II-2020, *E.F.Rosini s.n.* (SP514047); 14-V-2020, *E.F.Rosini s.n.* (SP514063).

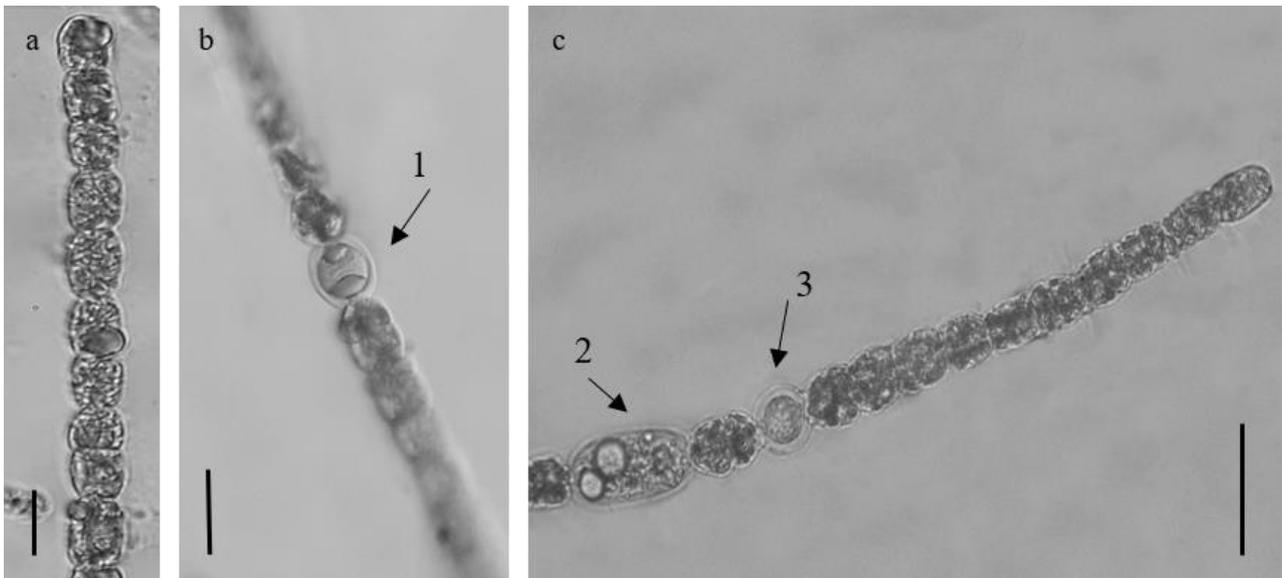
**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.



**Figura 4a-j.** Táxons de Cyanophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. **a.** *Aphanocapsa annulata*. **b.** *Aphanocapsa delicatissima*. **c.** *Aphanocapsa elachista*. **d.** *Aphanocapsa koordersii*. **e.** *Synechocystis aquatilis*. **f.** *Synechococcus nidulans* (foto com contraste de fase). **g.** *Aphanothece* sp. **h-j.** *Chroococcus dispersus*. Barra de escala: 10  $\mu\text{m}$ , exceto para **a**, **c** e **d** (Barra de escala: 20  $\mu\text{m}$ ).



**Figura 5a-i.** Táxons de Cyanophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. **a-b.** *Chroococcus minutus*; **b.** foto em contraste de fase. **c-d.** *Microcystis aeruginosa*; **d.** colônia em divisão. **e.** *M. protocystis*. **f.** *Radiocystis fernandoi*. **g-h.** *Sphaerocavum brasiliense*; **g.** detalhe células com diminutos aerótopos (estruturas esbranquiçadas no interior das células; **i.** setas indicando células em divisão binária. Barra de escala: 10 μm, exceto para **c, d e f** (Barra de escala: 20 μm).



**Figura 6a-c.** Táxons de Cyanophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. **a-c.** *Dolichospermum planctonicum* (seta 1 e 3, indicam acineto; seta 2 indica heterocisto). Barra de escala: 10  $\mu\text{m}$ , exceto para **c** (Barra de escala: 20  $\mu\text{m}$ ).

## CHLOROPHYCEAE

### CHLAMYDOMONADALES

#### CHLAMYDOMONADACEAE

*Chlamydomonas* Ehrenberg

*Chlamydomonas* sp.

(Figura 7a)

Organismos unicelulares, ovóides, monadoide, com dois flagelos curtos, 5-5,5  $\mu\text{m}$  larg., 6-7  $\mu\text{m}$  comp., papila anterior hemisférica, 0,5-1  $\mu\text{m}$  comp.; estigma e vacúolos não observados; cloroplasto poculiforme, preenchendo um pouco mais da metade da célula, pirenóide único, esférico, basal.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim, 07-XI-2019, *E.F.Rosini s.n.* (SP514038, SP514039, SP514041, SP514042); 13-II-2020, *E.F.Rosini s.n.* (SP514047, SP514048, SP514050, SP514055).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco Frequente.

### VOLVOCACEAE

*Pandorina* Bory

*Pandorina* sp.

(Figura 7b)

Colônia elipsóide, 25-30 µm larg., 37,5-40 µm comp., composta por 8-16 células densamente arranjadas em camadas superpostas; mucilagem hialina, conspícua e espessa; células subpiramidal, monadoide, com polos arredondados, 8-12 µm larg., 7-9 µm comp., presença de dois flagelos curtos na porção anterior da célula que se estende para fora da mucilagem; parede celular lisa, estigma localizado na porção apical, cloroplasto único e parietal, pirenoide único, conteúdo celular homogêneo de coloração verde escuro.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim, 13-II-2020, *E.F.Rosini s.n.* (SP514054).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

## SPHAEROPLEALES

### CYLINDROCAPSACEAE

*Fusola* Snow

*Fusola viridis* Snow, Bulletin of the United States Fish Commission 22: 378, 389, pl. 2, fig. 6. 1903.

(Figura 7c)

Organismos unicelulares ou coloniais; células fusiformes, cônicas, retas ou levemente assimétricas, polos retos ou afiliados, 2,5-2,8 µm larg., 6-7,5 µm comp.; mucilagem hialina, homogênea e bem delimitada; cloroplasto único, um pirenoide observado, conteúdo celular esverdeado homogêneo.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim, 15-V-2019, *E.F.Rosini s.n.* (SP514032); 07-XI-2019, *E.F.Rosini s.n.* (SP514039, SP514046).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro

### HYDRODICTYACEAE

*Lacunastrum* McManus

*Lacunastrum gracillimum* (West & West) Mcmanus, Journal of Phycology, 47(1):123-130. 2011. ≡

*Pediastrum duplex* Meyen var. *gracillimum* West & West, Journal of Botany, British and Foreign, 33: 52. 1895.

(Figura 7d)

Cenóbios planos, circulares, formados por 8-16 células dispostas concentricamente, com espaços intercelulares; células externas poligonais, unidas entre si pelas bases, 17-20 µm comp., 9-11 µm larg. (com processo); 2 processos cilíndricos com ápices truncados; células internas retangulares, conectadas entre si por 4 pontos, 10-13 µm comp., 11-13 µm larg.; parede celular lisa; cloroplasto único, parietal, pirenoide único central.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim, 15-VIII-2019, *E.F.Rosini s.n.* (SP514028, SP514029, SP514030, SP514031); 07-XI-2019, *E.F.Rosini s.n.* (

SP514037, SP514038, SP514042, SP514045), 13-II-2020, *E.F.Rosini s.n.* (SP514049, SP514050, SP514055), 14-V-2020, *E.F.Rosini s.n.* (SP514061, SP514062).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

### *Monactinus* Corda

*Monactinus simplex* (Meyen) Corda, Almanach de Carlsbad, 9: 213-244, 2 pls. 1839. ≡ *Pediastrum simplex* Meyen, Nova Acta Physico-Medica Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Naturae, 14: 772, pl. 43, figs. 1-5. 1829.

(Figura 7e)

Cenóbio planos, circulares, formado por 8-16 células dispostas concêntricamente, espaço intercelular presente; células externas poligonais com processo cilíndrico cônico no polo posterior, polo anterior truncado; 15-19 µm comp., 6-11 µm larg.; células internas poligonais, 6-13 µm comp., 5-11 µm larg.; cloroplasto único parietal, 1 pirenoide central.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim, 13-II-2020, *E.F.Rosini s.n.* (SP514048).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

### *Pediastrum* Meyen

*Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs var. *apiculatum* Playfair, Proceedings of the Linnean Society of New South Wales, 41: 823-852, pls. 56-59. 1917.

(Figura 7f)

Cenóbios planos, quadráticos, 14 µm comp., 14 µm larg., formado por 4 células dispostas concêntricamente, unidas entre si pela parte superior da célula; células poligonais com processo cilíndrico cônico no polo posterior, polo anterior com processos laterais afiliados, 7,5 µm comp., 7 µm larg.; cloroplasto único parietal, pirenoide não observado.

**Material Examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim, 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514040, SP514041, SP514049); 14-V-2020, *E.F.Rosini s.n.* (SP514062).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

### *Tetraëdron* Kützing

*Tetraëdron quadrilobatum* Smith, Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences Arts and Letters, 20: 333, pl. 8. 1922.

(Figura 7g)

Células isoladas, achatadas, tetraédricas, 9,5-10 µm diâm., margem entre ângulos levemente concava, ângulos levemente acuminados a arredondados, ausência de espinho ou processos; cloroplasto único, parietal; pirenoide não observado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim, 15-VIII-2019, *E.F.Rosini s.n.* (SP514030, SP514036).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

## RADIOCOCCACEAE

*Coenocystis* Korshikov

*Coenocystis planctonica* Korshikov, The Freshwater Algae of the Ukrainian SSR, 1-439. 1953.

(Figura 7h-i)

Colônias elipsóides ou irregulares, 30-50 µm, compostas por 4-8 grupos de 4-8 células arranjadas irregularmente no interior da mucilagem, dispostas paralelamente em 1 ou 2 panos; mucilagem hialina e difluente; 1-4 fragmentos de parede celular adjacente aos grupos de células; células elípticas a ovóides, 6,4-8,6 µm comp., 3,5-5,6 µm larg.; cloroplasto parietal, pirenoide não observado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim, 15-VIII-2019, *E.F.Rosini s.n.* (SP514027, SP514035).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

*Radiococcus* Schmidle

*Radiococcus polycoccus* (Korshikov), Kostikov, Darienko, Lukesová e Hoffmann, Archiv für Hydrobiologie Supplementt, 142: 40. 2002. ≡ *Sphaerocystis polycocca* Korshikov, Vznachnik prsnovodnihk vodorostey Ukrainsykoï RSR: 327, fig. 301 a-b. 1953.

(Figura 7j-k)

Colônias esféricas envolvidas por mucilagem hialina e ampla, formadas por 8 células arranjadas octaedricamente; sem fragmentos da parede celular esporangial; células esféricas, 6-8,1 µm diâm.; cloroplasto parietal, pirenoides não observados.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim, 15-VIII-2019, *E.F.Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514029, SP514030, SP514031, SP514032, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F.Rosini s.n.* (SP514037, SP514043, SP514045, SP514046); 14-V-2020, *E.F.Rosini s.n.* (SP514057, SP514058, SP514062, SP514064, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Frequente.

## SELENASTRACEAE

*Ankistrodesmus* Corda

*Ankistrodesmus bernardii* Komárek, Nova Hedwigia, 37: 138,176, pl. 26, fig. 65. 1983.

(Figura 7l)

Colônias de 8-12 células dispostas em fascículos, unidos pela região mediana; células aciculadas, 49,2-53,7 µm comp., 4,2-6,3 µm larg., levemente curvadas, ápices afilados gradualmente; cloroplasto único, parietal, sem pirenóide.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514029, SP514030, SP514031, SP514032, SP514033, SP514034, SP514035, SP514036); 07-II-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514037).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

*Ankistrodesmus densus* Korshikov, The Freshwater Algae of the Ukrainian SSR, Protococcineae: 300, fig. 262 a-c. 1953. ≡ *Ankistrodesmus spiralis* (Turner) Lemmermann var. *fasciculatus* Smith, Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences Arts and Letters, 20: 336, pl. 8, fig. 19. 1922.

(Figura 7m)

Colônias densas compostas por de 16 células unidas por mucilagem na região mediana das células; células fusiformes, curvadas ou aciculadas em todo o seu comprimento, afiliadas gradualmente em direção aos ápices, 1,5-2,4 µm larg., 38,5-55 µm comp.; cloroplasto único, parietal, sem pirenóide.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514037, SP514038, SP514039, SP 514040, SP514041, SP514042, SP514043).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco Frequente

*Ankistrodesmus spiralis* (Turner) Lemmermann, Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde: neue Folge der Forschungsberichte aus der Biologischen Station zu Plön, 4: 165-192. 1908. ≡ *Rhaphidium spirale* Turner, Kungliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar, 25(5): 156, pl. 20, fig. 26. 1893.

(Figura 7n)

Colônias com 4-8 células, unidas pela região central, torcidas entre si; células fusiformes, curvadas ou torcidas, afilando gradualmente em direção aos ápices, 0,9-1,5 µm larg., 36,5-40 µm comp.; cloroplastos únicos, parietal, sem pirenóide.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514030, SP514033); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514057, SP514060).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

*Monoraphidium* Komárková-Legnerová

*Monoraphidium arcuatum* (Korshikov) Hindák, Algological Studies, 1: 24, fig. 19,10. 1970. ≡ *Ankistrodesmus arcuatus* Korshikov, Vznachnik prisnovodnihk vodorostey Ukrainykoï RSR: 296, fig. 257 a-b. 1953.

(Figura 8a)

Células solitárias, arqueadas ou semi-circulares, 35,2-40,5 µm comp., 3-6 µm larg., afiladas gradualmente até os ápices; cloroplasto único sem pirenóides.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514029, SP514032, SP514033, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514043, SP514044, SP514045, SP514046); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514063, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

*Monoraphidium contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová, *Studies in Phycology*: 104, pl. 18, figs. 1-5. 1969. ≡ *Ankistrodesmus contortus*, *Mémoires de la Société Impériale des Sciences Naturelles de Cherbourg*, 4: 158, pl. 1, fig. 31. 1856.

(Figura 8b)

Células solitárias, fusiformes, irregulares ou helicoidais, com 1 ou 1,5 volta, polos gradualmente afiliados, polos pontiagudos, 1,2-1,5 µm larg., 7,5-13,2 µm comp.; cloroplasto único, parietal, sem pirenóide.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514029, SP514030, SP514031, SP514032, SP514033, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514036, SP514040, SP514041, SP514042, SP514043, SP514044, SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047, SP514048, SP514049, SP514050, SP514051, SP514054, SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514057, SP514059, SP514060, SP514061, SP514063, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Muito frequente.

*Monoraphidium indicum* Hindák, *Biologické Práce*, 23: 105, pl. 44. 1977.

(Figura 8c)

Células solitárias, 3-6 µm larg., 55,8-70,1 µm comp., irregularmente curvadas, fortemente arqueadas, ápices gradualmente afilados, pontiagudos nas extremidades; cloroplasto único sem pirenóides, conteúdo celular esverdeado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514029, SP514030, SP514031, SP514032, SP514033, SP514034, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514043, SP514044, SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047, SP514048).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

*Monoraphidium minutum* (Nägeli) Komárková-Legnerová, *Studies in Phycology*, 109, pl. 22. 1969. ≡ *Rhaphidium minutum* Nägeli, *Gatt. Einzell. Alg.*: 83, pl. 5, fig. 2. 1849.

(Figura 8d)

Células solitárias, semilunares ou reniformes, 3,2-4,2 µm larg., 9,2-11 µm comp., extremidades levemente arredondadas; cloroplasto parietal único, sem pirenóides.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514032, SP514033, SP514034, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514037, SP514038, SP514039, SP514040, SP514041, SP514042, SP514043, SP514044, SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047, SP514048, SP514049, SP514050, SP514051, SP514052, SP514053, SP514054, SP514055, SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514057, SP514058, SP514059, SP514060, SP514061, SP514062, SP514063, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Muito frequente.

*Monoraphidium nanum* (Ettl) Hindák, Biol Prace, 26(6):145, pl. 59, figs. 2-4. 1980. ≡ *Nephrodiella nana* Ettl, Nova Hedwigia 28: 559. 1977.

(Figura 8e)

Células solitárias, lunares ou reniformes, 4-5 µm comp., 1,5-2,5 µm larg., com ápices arredondados; cloroplasto parietal, sem pirenóides.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514033, SP514034, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514038, SP514043); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047, SP514048, SP514049, SP514050, SP514053, SP514055).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

*Selenastrum* Reinsch

*Selenastrum bibraianum* Reinsch, Abhandlungen der Naturhistorischen Gesellschaft zu Nürnberg 3(2): 1-238, pls. 1-13. 1866.

(Figura 8f)

Colônias irregulares, formada por 25 ou mais células, unidas pela parte central das células, mucilagem colonial, hialina; células lunadas, afinando gradualmente em direção aos ápices, 2-3,5 µm larg., 13-15 µm comp.; cloroplasto único, parietal, sem pirenóide.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514032, SP514033, SP514034); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514042, SP514051, SP514052).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

## SCENEDESMACEAE

*Coelastrum* Nägeli

*Coelastrum microporum* Nägeli, Algarum unicellularium: 70. 1855.

(Figura 8g)

Cenóbios esféricos formados por 8-32 células, unidas pela parede celular, sem processos de união; mucilagem não observada; células esféricas, 8-12 µm diâm., pequenos espaços intercelulares; cloroplasto único e parietal, pirenóide não observado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514043).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro

*Desmodesmus* (Chodat) Friedl e Hegewald

*Desmodesmus communis* (Hegewald) Hegewald, *Algological Studies* 96: 8. 2000. ≡ *Scenedesmus communis* Hegewald, *Archiv für Hydrobiologie*, 19: 151, figs. 12, 13. 1977.

(Figura 8h)

Cenóbios formados por 4 células dispostas linearmente, 10-12,5 µm comp., 20-22 µm larg.; células internas oblongas, com polos arredondados, parede celular com ausência de ornamentação, 10-12,5 µm comp., 4,5-5,5 µm larg.; células externas trapezoides, com margem externa levemente convexa, 10-12,5 µm comp., 5-5,5 µm larg.; presença de longos espinhos no polo posterior e anterior, 10-15 µm comp.; parede celular lisa, cloroplasto único e parietal, 1 pirenóide em cada célula.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514029, SP514030, SP514032, SP514033, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514039, SP514042, SP514045, SP514046); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514059, SP514062, SP514063, SP514064, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Frequente.

*Desmodesmus denticulatus* (Lagerheim) An, Friedl e Hegewald, *Plant Biology*, 1: 427. 1999. ≡ *Scenedesmus denticulatus* Lagerheim, *Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar Arg.* 39(2): 61, pl. 2, figs. 13-17. 1882.

(Figura 8i)

Cenóbios formados por 4 células dispostas alternadamente; células externas subtriangulares, 18 µm comp., 6 µm larg., com espinhos curtos em cada polo; células internas ovadas a subovadas, 15 µm comp., 5,5 µm larg., com espinhos curtos em um dos polos; cloroplasto parietal, pirenóide não observado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

*Hariotina* Dangeard

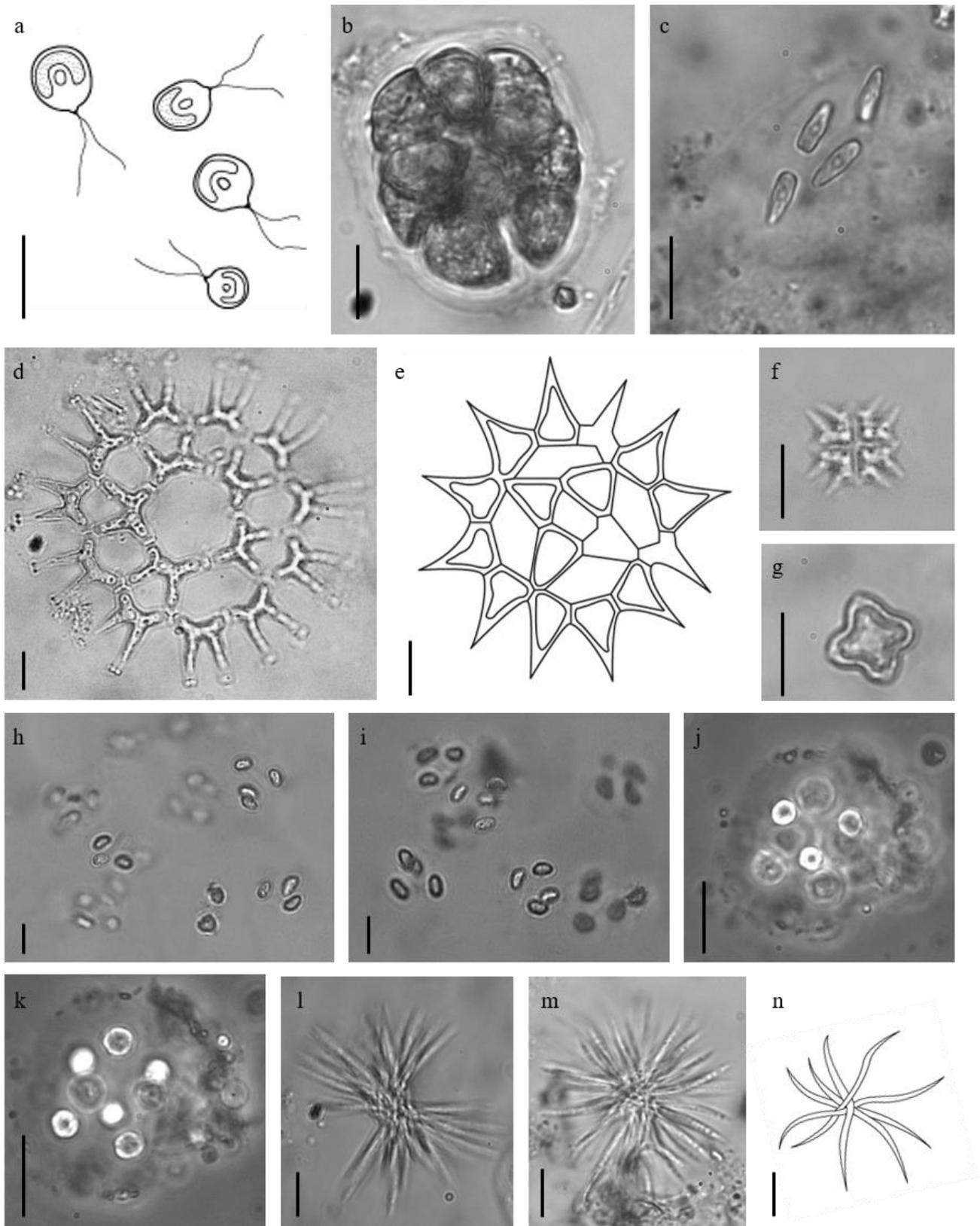
*Hariotina reticulata* Dangeard, *Le Botaniste*, 1: 127-174. 1889. ≡ *Coelastrum reticulatum* (Dangeard) Senn, *Botanische Zeitung*, Leipzig, 57: 66. 1899.

(Figura 8j-k)

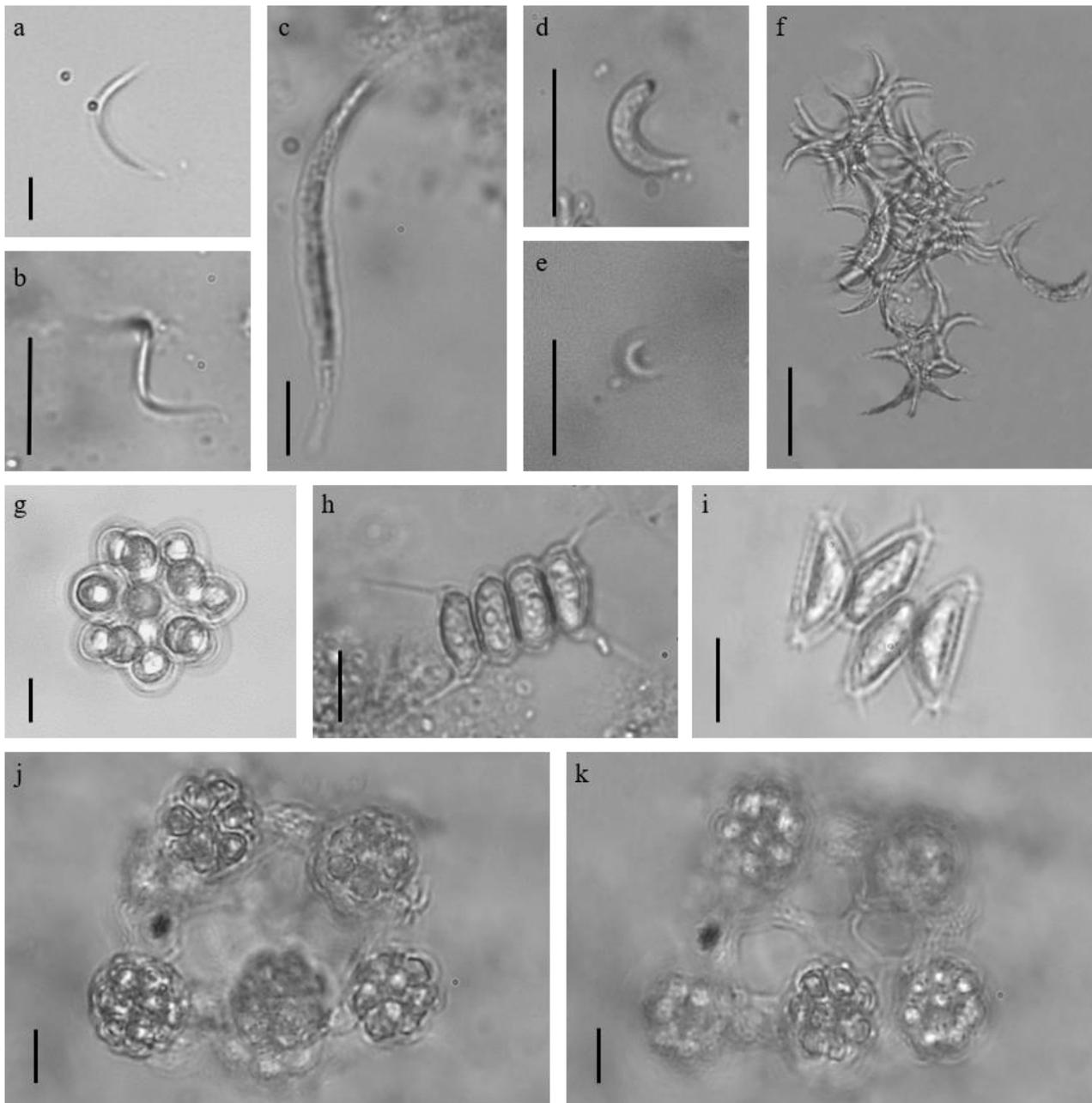
Cenóbios esféricos, 13-20  $\mu\text{m}$  diâm., formados por 24-32 células, espaços intercelulares presentes, unidos por cordões de mucilagem; células esféricas, com parede celular lisa, 3-6  $\mu\text{m}$  diâm., agrupadas densamente; cloroplasto único, poculiforme, pirenóide não observado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514043, SP514044); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047, SP514048, SP514049, SP514050, SP514051, SP514053, SP514054, SP514055, SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514057, SP514058, SP514059, SP514060, SP514061, SP514064, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Frequente.



**Figura 7a-n.** Táxons de Chlorophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. **a.** *Chlamydomonas* sp. **b.** *Pandorina* sp. **c.** *Fusola viridis*. **d.** *Lacunastrum gracillimum*. **e.** *Monactinus simplex*. **f.** *Pediastrum tetras* var. *apiculatum*. **g.** *Tetraëdron quadrilobatum*. **h-i.** *Coenocystis planctonica*. **j-k.** *Radiococcus polycoccus* (fotos com contraste de fase). **l.** *Ankistrodesmus bernardii*. **m.** *A. densus*. **n.** *A. spiralis*. Barra de escala: 10 µm.



**Figura 8a-k.** Táxons de Chlorophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. **a.** *Monoraphidium arcuatum*. **b.** *M. contortum*. **c.** *M. indicum*. **d.** *M. minutum*. **e.** *M. nanum*. **f.** *Selenastrum bibraianum*. **g.** *Coelastrum microporum*. **h.** *Desmodesmus communis*. **i.** *D. denticulatus*. **j-k.** *Hariotina reticulata*; **k.** fios de mucilagem em evidência. Barra de escala: 10  $\mu$ m, exceto para **f** (Barra de escala: 20  $\mu$ m).

## TREBOUXIOPHYCEAE

### CHLORELLALES

#### CHLORELLACEAE

*Chlorella* Beyerinck

*Chlorella vulgaris* Beijerinck, Botanische Zeitung, 47: 758, pl. 7, fig. 2 a-d.

(Figura 9a)

Organismos unicelulares esféricos, às vezes levemente ovados, 8-10 µm diâm.; parede celular lisa, cloroplasto único em forma de cálice, 1 pirenóide.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514049).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

*Hindakia* Bock, Proschold & Krienitz

*Hindakia* cf. *tetrachotoma* (Printz) Bock, Pröschold & Krienitz, European Journal Of Phycology 45(3): 270, fig. 5. 2010. ≡ *Dictyosphaerium tetrachotomum* Printz, Skrifter Utgit av Videnskapsselskapet i Kristiania, Matematisk-Naturvidenskabelig Klasse, 1913(6): 24, pl. 1, figs. 5, 6. 1914.

(Figura 9b)

Colônias formadas por grupos de 4 células unidas por cordões de mucilagem (remanescentes da parede da célula mãe) inseridos na porção posterior da célula; células oblongas e alongadas, 3-3,5 µm larg., 4-5,5 µm comp.; cloroplasto único, poculiforme, 1 pirenóide cada.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514037, SP514039, SP514041, SP514042, SP514043, SP514046); 13-II-2020 (SP514047, SP5141049).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco Frequente.

## OOCYSTACEAE

*Oocystis* Nägeli ex. Braun

*Oocystis* cf. *lacustres*, Bulletin de l'Herbier Boissier, 5:119. 1897.

(Figura 9c)

Colônias formadas por 4-8 células irregularmente disposta na mucilagem colonial, células elípticas, afiliada nos polos; polos agudos, espessamento polar ausente; 5-6 µm larg., 11-12 µm comp.; 2 cloroplastos parietais, laminares, pirenóide não observado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514031, SP514032, SP514036).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

## TREBOUXIALES

### BOTRYOCOCCACEAE

*Botryococcus* Kützing

*Botryococcus braunii* Kützing, Species algarum, 892. 1849.

(Figura 9d)

Colônias esféricas ou irregulares, células densamente aglomeradas, unidas por pedúnculos de mucilagem e dispostas radialmente na periferia da colônia, bainha mucilaginosa incolor; células obovadas, 10-13 µm comp., 6,7-8,4 µm larg., envolvidas totalmente ou até ¾ por bainha mucilaginosa estratificada em forma de copo, gotas de óleo presentes no interior da célula; pirenóide não observado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514028, SP514029, SP514031, SP514035); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514037, SP514038, SP514039, SP514043); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514048, SP514049, SP514051, SP514052, SP514053, SP514055, SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514060).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Frequente.

***Botryococcus terribilis*** Komárek & Marvan, *Archiv für Protistenkunde*, 141: 92. 1992.

(Figura 9e)

Colônias irregulares, subcolônias conectadas por cordões mucilaginosos, células densamente aglomeradas e dispostas radialmente; células obovóides, 8-9 µm comp., 4,3-6 µm larg., totalmente encobertas por mucilagem, conteúdo célula esverdeado; prolongamentos espiniformes irregulares, 10-18 µm comp.; cloroplasto único e parietal, pirenóide não observado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514049).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

***Botryococcus* sp.**

(Figura 9f)

Colônias compactas, irregulares, arredondadas, compostas por subcolônias, células arranjas radialmente, parcialmente cobertas por mucilagem, presença de gotas de óleo no interior das células; células obovóides, 6,5-8,5 µm comp., 4-5 µm larg.; parede celular lisa e levemente espessa, cloroplasto único, parietal, pirenóide não observado, conteúdo celular de coloração verde escuro.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514059).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

***Crucigenia*** Morren

***Crucigenia quadrata*** Morren, *Annales des Sciences Naturelles* 20: 204-226, pl. 15. 1830.

(Figura 9g)

Cenóbios planos, formados por 4 células dispostas crucidamente, espaço no centro do cenóbio losangular; células oblongas, 4-5 µm comp., 4-5 µm larg.; cloroplasto único parietal com 1 pirenóide.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514063, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

**TREBOUXIOPHYCEAE** *Incertae sedis*

**TREBOUXIOPHYCEAE** *Incertae sedis*

*Lemmermannia* Chodat

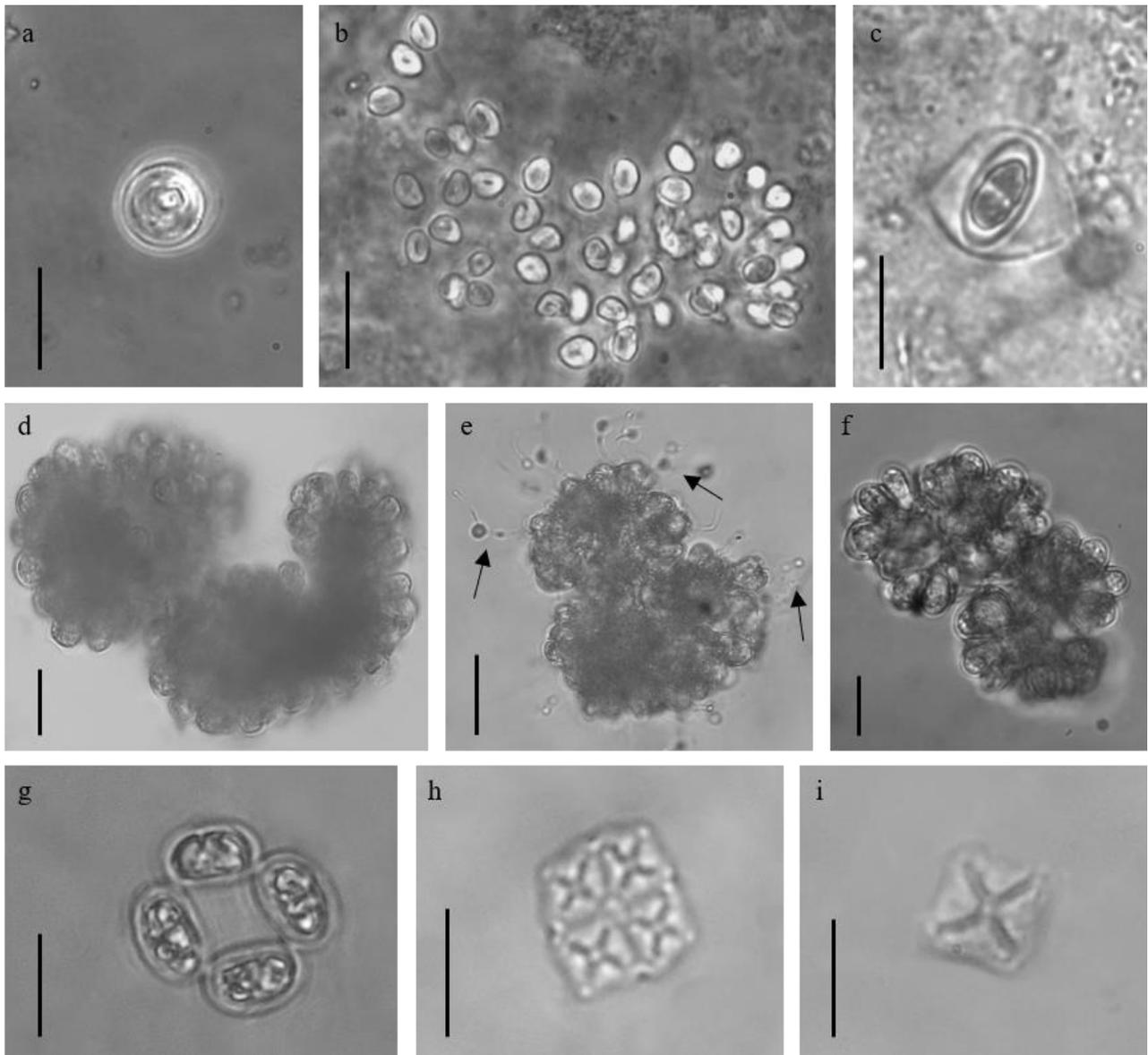
*Lemmermannia tetrapedia* (Kirchner) Lemmermann. Arkiv för Botanik, Uppsala 2 (2): 157. 1904.  
≡ *Staurogenia tetrapedia* Kirchner, Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in  
Württemberg, 36: 168, pl. 2, fig. 1. 1880.

(Figura 9h-i)

Cenóbio, cruciado, quadrático, espaço intercelular ausente, 4 células triangulares, 4 µm comp., 5 µm larg.; cloroplasto único, parietal, situado no lado externo da célula, pirenóide ausente; parede celular lisa.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514055, SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514057, SP514058, SP514059, SP514060, SP514063, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.



**Figura 9a-i6.** Táxons de Chlorophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. **a.** *Chlorella vulgaris* (foto com contraste de fase) . **b.** *Hindakia* cf. *tetrachotoma* (foto com contraste de fase). **c.** *Oocystis* cf. *lacustres*. **d.** *Botryococcus braunii*. **e.** *B. terribilis* (setas indicam fios de mucilagem). **f.** *Botryococcus* sp. **g.** *Crucigenia quadrata*. **h-i.** *Lemmermannia tetrapedia*. Barra de escala: 10 µm, exceto para **d** e **e** (Barra de escala: 20 µm).

## ZYGNEMATOPHYCEAE

### DESMIDIALES

#### CLOSTERIACEAE

*Closterium* Nitzsch ex Ralfs

*Closterium acutum* Brébisson var. *variabile* (Lemmermann) Willi Krieger, Die Desmidiaceen Europas mit Berücksichtigung der aussereuropäischen Arten: 262, pl. 13, figs. 18-22. 1935. ≡

*Closterium pseudospirotaenium* var. *variabile* Lemmermann, Forschungsberichte aus der Biologischen Station zu Plön, 4: 118, figs. 12-14. 1896.

(Figura 10a-b)

Células lunadas, sigmóides ou levemente curvas, 24,5-28,1 vezes mais longas que largas, fortemente curvadas (110° a 115° de arco), 53,5-54 µm comp., 1,9-2,2 µm larg., polos acuminados e levemente arredondado; parede celular lisa, incolor e sem ornamentação, ausência de espessamento polar; cloroplastídio axial, 2-6 pirenóides dispostos em série mediana.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514030, SP514032); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514037, SP514039, SP514041, SP514042, SP514043); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514057, SP514058, SP514059, SP514060, SP514061, SP514062, SP514063, SP514064, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Frequente.

## DESMIDIACEAE

*Cosmarium* Corda ex Ralfs

*Cosmarium contractum* Kirchner, Cohn's Kryptogamen-Flora Schlesiens. 2(1):147.1878.

(Figura 10c)

Células mais longas que largas, 27-29 µm comp., 20-23 µm larg., 4-5 µm istmo, constrição mediana profunda, seno mediano aberto; semicélula subcircular com margens laterais arredondadas; parede celular levemente pontuada.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514059, SP514063).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

*Cosmarium denticulatum* Borge var. *oval* Grönblad, Acta Societatis Scientiarum Fennicae, Nova Série B, 2 (6): 17, pl. 5, figs. 99, 100. 1945.

(Figura 10d)

Células 1,6 vez mais longas que largas, 166 µm comp., 98 µm larg., 30,2 µm istmo; seno levemente aberto na região proximal e fechado na região distal; semicélula piramidal, parede celular, ápice e região central com espinhos esparsos.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514062).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

*Staurastrum* Meyen ex Ralfs

*Staurastrum crenulatum* (Nägeli) Delponte, Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino, série 2, 30: 68, pl. 12, figs. 1-11 1877. ≡ *Phycastrum crenulatum* Nägeli, Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften, 10 (7): 129, pl. 8. 1849.

(Figura 10e-f)

Células mais longas que largas, 60 µm comp. (com processos), 27,5 µm larg., 8,5 µm larg. istmo, constrição mediana moderada; semicélula piramidal; margens celulares crenuladas que se estendem até os processos; vista apical 3-angular.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514030, SP514031); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514039); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514059, SP514060, SP514061, SP514062).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

*Staurastrum cf. limneticum* Schmidle, Botanische Jahrbücher für Systematik Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie, 26: 52, pl. 4, fig. 5. 1898.

(Figura 10g-h)

Células octogonal a eneagonal, 2 mais longas que largas, 40-43,5µm larg., 79-82,7 µm comp. (com processos), istmo 18,1-20 µm larg., processos 30-31; semicélulas hexagonais, margem apical truncada, ângulos laterais continuando em processos longos, horizontalmente dispostos, ápice 3-denteado, parede celular lisa; visão apical 7-radiada.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514048); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514062, SP514063, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

*Staurastrum leptocladum* Nordstedt var. *smithii* Grönblad, Acta Societatis Scientiarum Fennicae, Nova série B, 2(6): 27, fig. 224. 1945.

(Figura 10i-j)

Células 2,8-3 vezes mais longas que largas, 101 µm comp. (com processos), 35 µm larg., 6 µm larg. Istmo; constrição mediana rasa com seno em forma de “V”, aberto com duas pequenas inflações acima do istmo, processos longos terminados em dois espinhos; semicélulas subtriangulares, margens celulares crenuladas, ápices convexos; vista apical 2-radiada.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514057, SP514058, SP514059, SP514061, SP514063).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

*Staurodesmus* Teiling

*Staurodesmus* cf. *convergens* (Ehrenberg ex Ralfs) Lillieroth, Acta Limnologica 3: 264. 1950. ≡ *Arthrodesmus convergens* Ehrenberg ex Ralfs, The British Desmidiaceae: 118, pl. 20, fig. 3a. 1848.

(Figura 11a)

Células mais largas que longas, 30 µm comp., 38 µm larg. (com espinhos), 5-9 µm larg. istmo; semicélula mais ou menos elíptica, margem apical convexa, margem basal menos arqueada, ângulos arredondados terminados em espinhos convergentes, seno mediano agudo; cloroplasto e pirenóides não observados; vista apical não observada.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514057).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

*Staurodesmus triangularis* (Lagerheim) Teiling, Botanica Notiser, 62: 49-83. 1948. ≡ *Arthrodesmus triangularis* Lagerheim, Öfversigt af Kongliga Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar, 42 (7): 244, pl. 27, fig. 22.1886.

(Figura 11b-c)

Células 2 – 2,5 vezes mais largas que longas, com espinhos, 16-18 µm larg., 44-49 µm comp., istmo 4-5 µm larg.; semicélulas trapezoidais, margens laterais e apical retas, seno mediano aberto e arredondado, ângulos prolongados em longos espinhos horizontais e paralelos; parede celular lisa. Vista apical não observada.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514058, SP514062, SP514063, SP514064).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

## ZYGNEMATALES

### ZYGNEMATACEAE

*Mougeotia* Agardh

*Mougeotia* sp.

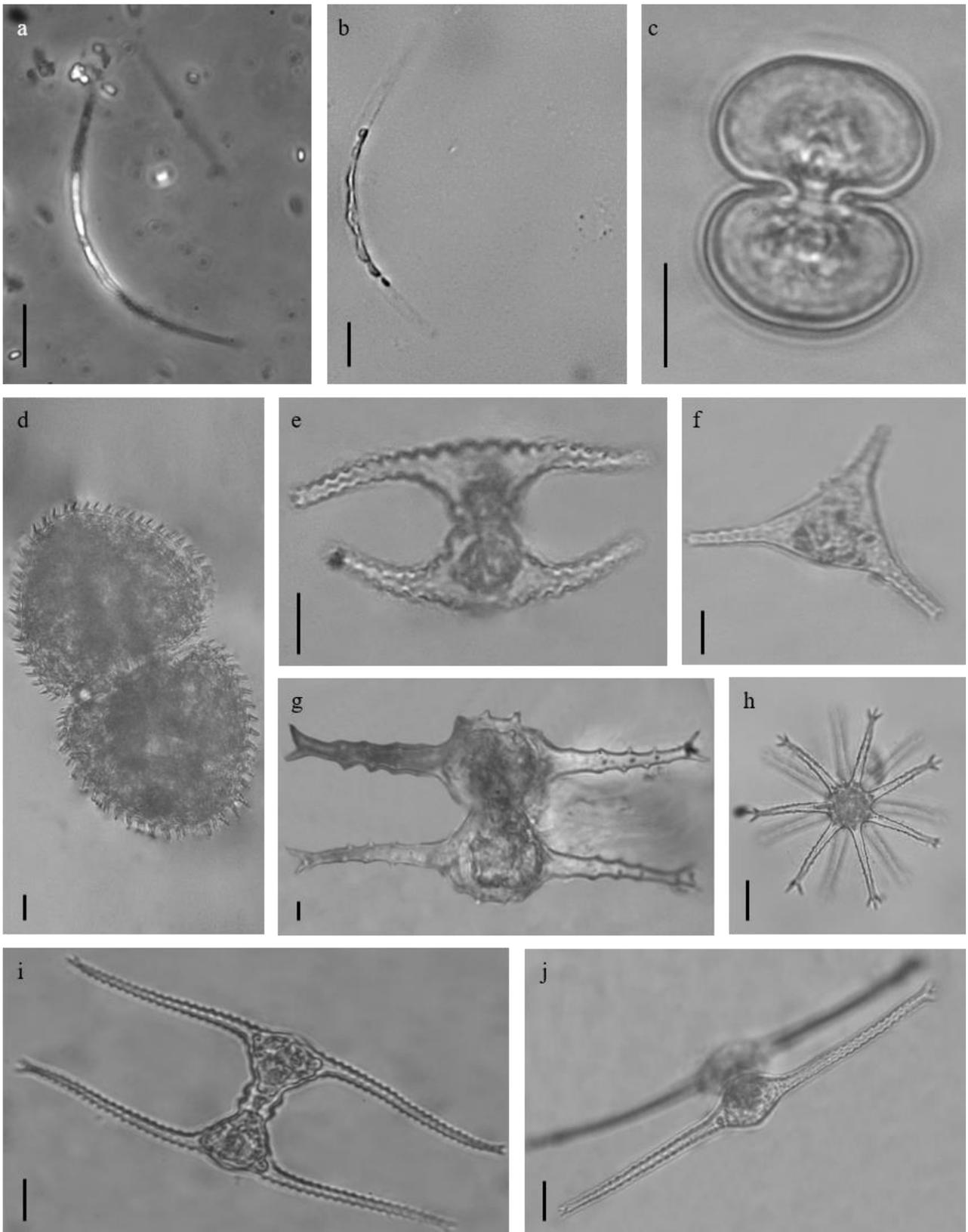
(Figura 11d)

Filamentos unisseriados simples; Células vegetativas cilíndricas com cloroplastídio axial e laminar preenchendo metade do comprimento da célula, 4-6 µm larg., 70-78 µm comp., podendo formar colônias filamentosas; 4-6 pirenóides esféricos dispostos em fila geralmente observados; reprodução sexuada não observada.

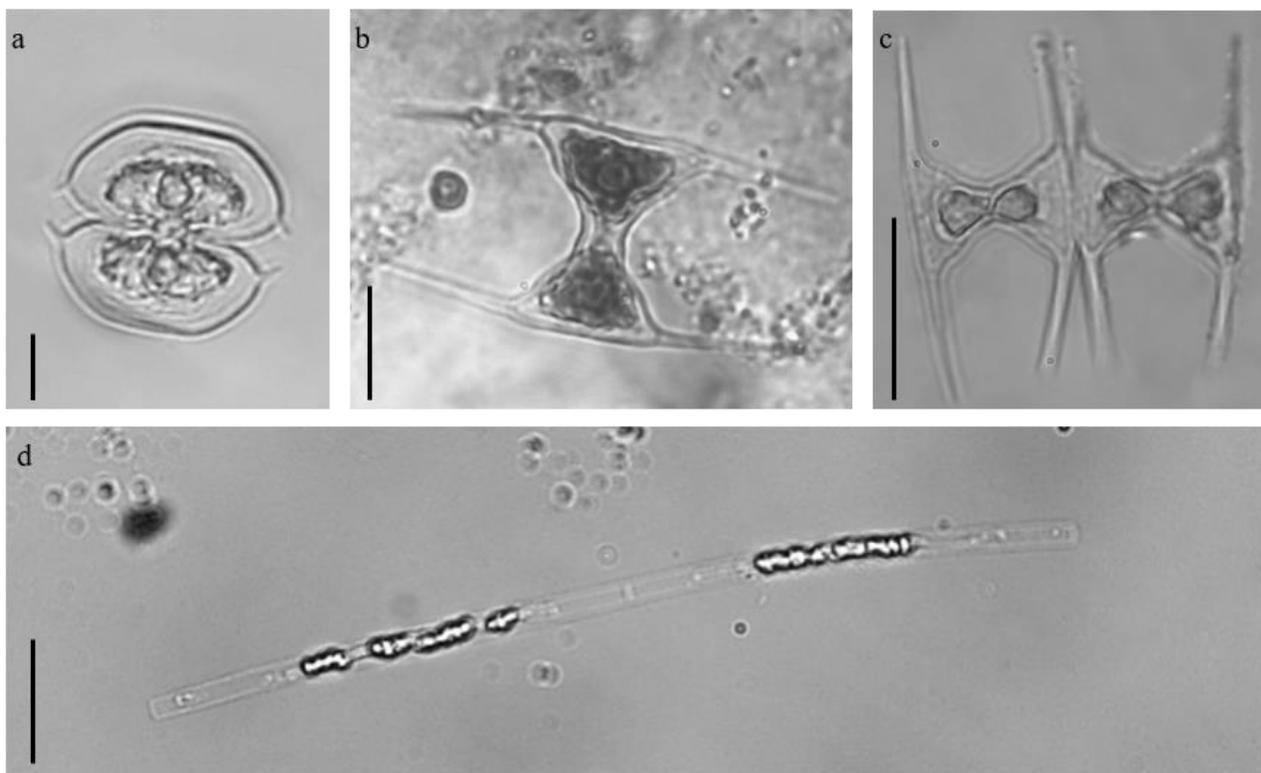
**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514029, SP514030, SP514031, SP514032, SP514033, SP514034, SP514035); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514039, SP514040, SP514041, SP514042, SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047, SP514048, SP514052, SP514053, SP514054); 14-V-2020, *E.F.*

*Rosini s.n.* (SP514057, SP514058, SP514059, SP514060, SP514061, SP514062, SP514063, SP514064, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Muito frequente.



**Figura 10a-j7.** Táxons de Zygnematophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. **a-b.** *Closterium acutum* var. *variabile*. **c.** *Cosmarium contractum*. **d.** *Cosmarium denticulatum* var. *oval*. **e-f.** *Staurastrum crenulatum*. **g-h.** *Staurastrum* cf. *limneticum* **i-j.** *Staurastrum leptocladum* var. *smithii*. Barra de escala: 10  $\mu$ m, exceto para **h** (Barra de escala: 20  $\mu$ m).



**Figura 11a-d.** Táxons de Zygnematophyceae identificadas no reservatório Biritiba Mirim, SP. **a.** *Staurodesmus* cf. *convergens*. **b-c.** *Staurodesmus triangularis*; **c.** divisão celular. **d.** *Mougeotia* sp. (foto com contraste de fase). Barra de escala: 10  $\mu$ m, exceto para **c** e **d** (Barra de escala: 20  $\mu$ m).

## EUGLENOPHYCEAE

### EUGLENIDA

#### EUGLENIDAE

*Euglena* Ehrenberg

*Euglena* sp.

(Figura 12a-b)

Célula móvel fusiforme, 43,9-60,5  $\mu$ m comp., 12-14  $\mu$ m larg., polo anterior arredondado, polo posterior atenuado com processo caudal cônico, 5-8-6  $\mu$ m comp.; R c/l = 3,6-4,3; conteúdo celular verde; cloroplastos numerosos, discóides e com margens irregulares; duplo pirenóide presente; numerosos grãos de paramido discóides; núcleo central e posterior; flagelo não observado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim, 15-VIII-2019, E.F. Rosini s.n. (SP514033, SP514035); 13-II-2020, E.F. Rosini s.n. (SP514050).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

*Phacus* Dujardin

*Phacus* sp.

(Figura 12c)

Célula móvel ovóide, 30-35 µm comp., 20-23 µm larg., polo posterior atenuado com processo caudal hialino e curto, 3,7-4 µm comp., polo anterior arredondado; R c/l = 1,5-1,8; película hialina, estrias longitudinais; cloroplastas numerosos, discóides.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514032, SP514033); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514050, SP514053); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514064, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

### *Trachelomonas* Ehrenberg

*Trachelomonas armata* (Ehrenberg) F.Stein var. *steinii* Lemmermann, Abhandlungen herausgegeben vom Naturwissenschaftlichen Verein zu Bremen 18: 143-174, pl. 12. 1905.

(Figura 12d)

Lórica móvel, obovada, 37-44,9 µm comp., 30,2-33,1 µm larg.; polos arredondados, polo posterior com coroa de espinhos ligeiramente curvados; R c/l = 1,2-1,3; espessamento do anel presente, colar ausente; parede da lórica avermelhada, pontuada, espículos menores no polo anterior, 6-8 µm comp.; cloroplastos abundantes, discóides; pirenóides presentes.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514054, SP514055); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514059, SP514062, SP514063, SP514064).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

*Trachelomonas cupula* Deflandre, Revue Générale de Botanique, 38: 584, pl. 16: figs. 97-99. 1926.

(Figura 12e-f)

Lórica móvel, hemisférica, levemente triangular, 15,9-16,2 µm comp., 18,1-18,5 µm larg., polo anterior achatados, com ângulos arredondados, polo posterior levemente triangular, parede celular espessa; R c/l = 0,8; cloroplastos discóides, conteúdo celular de coloração castanho-avermelhado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514038, SP514039, SP514040, SP514041, SP514044, SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047; SP514052, SP514053, SP514055).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco Frequente.

*Trachelomonas hispida* (Perty) F.Stein, Der Organismus der Infusionsthiere, 1-10: 1-154, pls 1-24. 1878. ≡ *Chonemonas hispida* Perty, Mittheilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern: 29. 1849.

(Figura 12g)

Lórica móvel, elíptica ou obovada, 23,2-31,7 µm comp., 18-22,5 µm larg.; levemente acuminada em direção ao polo posterior; R c/l = 1,3-1,4; parede da lórica coberta por espinhos curtos e cônico, conteúdo celular verde escuro.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514038, SP514039, SP514040, SP514041, SP514044, SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

***Trachelomonas intermedia*** Dangeard, Le Botaniste, 8: 231, fig. 42. 1902.

(Figura 12h)

Lórica móvel, subsférica, 11,1 µm comp., 9 µm larg., polos arredondados, poro flagelar sem colarinho; R c/l = 1,2; parede celular espessa e lisa, 0,7 µm, ausência de espinhos ou pontos, coloração marrom médio; cloroplastos discóides, conteúdo celular esverdeado, haplopirenoides presentes.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514032, SP514036).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

***Trachelomonas oblonga*** Lemmermann var. *pulcherrima* (Playfair) Popova, Manual for identification of the freshwater algae of the USSR. Euglenids], 7: 1-282, fig. 119. 1955.

(Figura 12i)

Lórica móvel, elíptica, 18,9 µm comp., 9,2 µm larg.; laterais levemente arqueadas, polos arredondados, polo anterior com colarinho baixo; R c/l = 2, parede da lórica lisa, acastanhada; numerosos cloroplastos.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514030, SP514031, SP514032, SP514033, SP514035, SP514036).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

***Trachelomonas volvocinopsis*** Svirenko, Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde 9: 630-647. 1914.

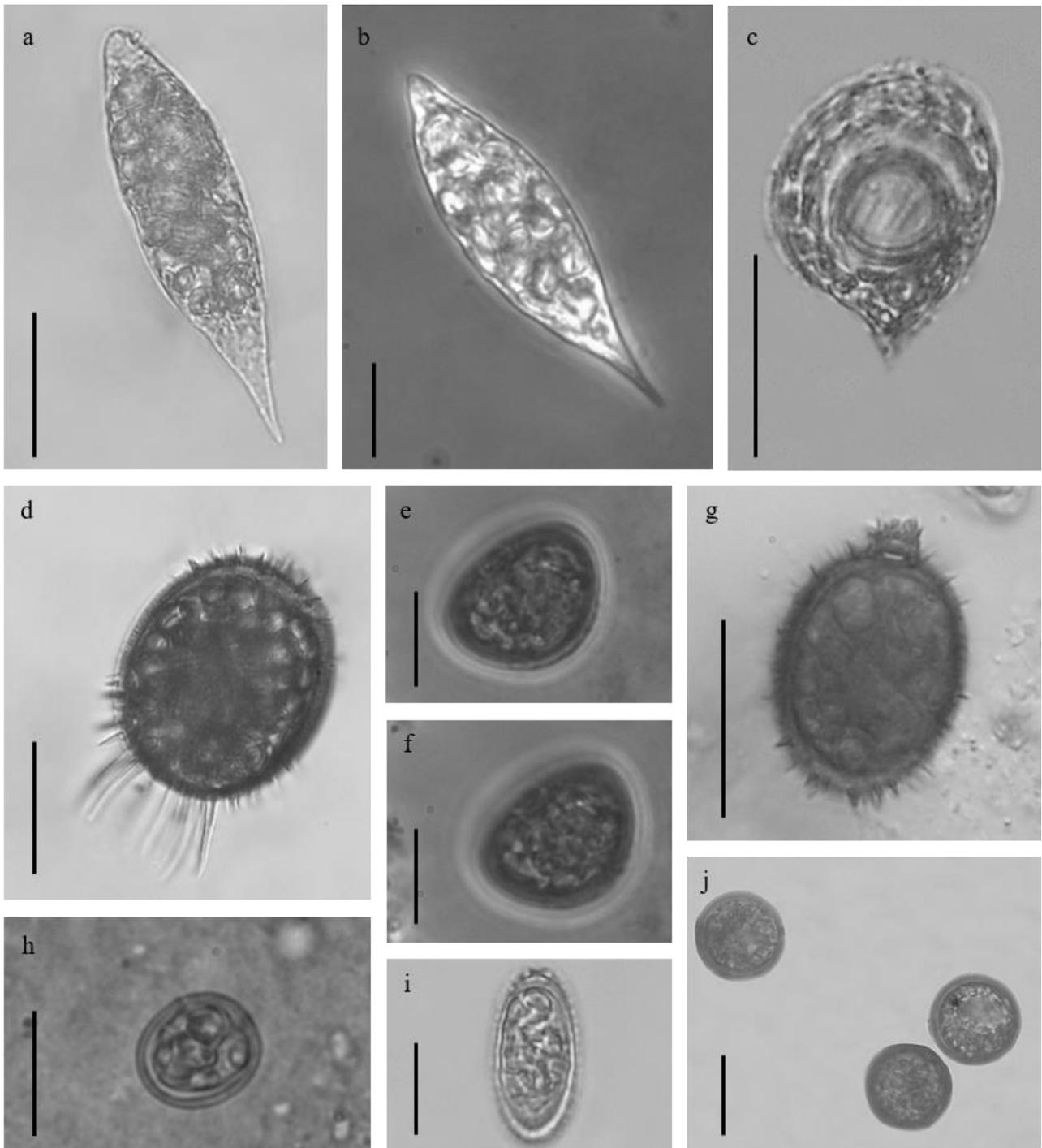
(Figura 12j)

Lórica móvel, esférica, 20,2-25,8 µm diâm.; poro anelar envolto por um colar baixo; parede da lórica lisa; coloração avermelhada; cloroplastos discóides abundantes.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514029, SP514030, SP514031, SP514032, SP514033, SP514034, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514039, SP514040, SP514041, SP514042, SP514043, SP514044, SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047, SP514048, SP514049, SP514050,

SP514051, SP514054, SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514058, SP514059, SP514060, SP514061, SP514062, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Muito frequente.



**Figura 12a-j.** Táxons de Euglenophyceae identificados no reservatório Biritiba Mirim, SP. **a-b.** *Euglena* sp; **b.** foto com contraste de fase. **c.** *Phacus* sp. **d.** *Trachelomonas armata* var. *steinii*. **e-f.** *T. cupula*. **g.** *T. hispida*. **h.** *T. intermedia*. **i.** *T. oblonga* var. *pulcherrima*. **j.** *T. volvocinopsis*. Barra de escala: 10  $\mu$ m, exceto para **a, c, d e j** (Barra de escala: 20  $\mu$ m).

## CRYPTOPHYCEAE

### CRYPTOMONADALES

#### CRYPTOMONADACEAE

*Cryptomonas* Ehrenberg

*Cryptomonas brasiliensis* Castro, Bicudo & Bicudo, Hoehnea, 18: 90, figs. 8-18. 1992.

(Figura 13a)

Organismos monadoides, com 2 flagelos, células sigmóides em vista lateral, 11,2-13,1 µm comp., 6,5-7,2 µm larg., margem dorsal assimétrica e convexa, margem ventral convexa, polo anterior obliquamente truncado, polo posterior afiliado e agudo, ocasionalmente levemente curvado; R c/l = 1,8-2; um ou dois cloroplastídios laterais, de coloração castanho escuro, de 2 à 4 pirenoides, numerosos grãos de amido, citofaringe não observada. **Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514029, SP514030, SP514031, SP514032, SP514033, SP514034, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514036, SP514040, SP514041, SP514042, SP514043, SP514044, SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047, SP514048, SP514049, SP514050, SP514051, SP514054, SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514057, SP514059, SP514060, SP514061, SP514063, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Muito Frequente.

*Cryptomonas curvata* Ehrenberg, Abhandlungen der Königlichen Akademie Wissenschaften zu Berlin, Physikalische Klasse: 57. 1832.

(Figura 13b-d)

Organismos monadoides, com 2 flagelos, células sigmóides e alongados em vista lateral, 36,8-39,1 µm comp., 15,8-17,3 µm larg., margem dorsal levemente convexa, margem ventral pouco convexa e quase reta, polo anterior oblíquo e truncado, polo posterior afiliado, obtuso ou arredondado, às vezes levemente curvado; R c/l = 2,10-2,3; dois cloroplastídios, pirenoides ausentes, numerosos grãos de amido, citofaringe não observada.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514029, SP514030, SP514031, SP514032, SP514033, SP514034, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514039, SP514040, SP514041, SP514042, SP514043, SP514044, SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047, SP514048, SP514049, SP514050, SP514051, SP514054, SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514058, SP514059, SP514060, SP514061, SP514062, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Muito Frequente.

*Cryptomonas marssonii* Skuja, Symbolae Botanicae Upsalienses, 9(3): 357, pl. 37, figs. 41, 42. 1948.

(Figura 13e-g)

Organismos monadoides, com 2 flagelos, células sigmóides em vista lateral, 18,1-20 µm comp., 12,5-13,3 µm larg., margem dorsal assimétrica, margem ventral convexa, polo anterior obliquamente truncado, polo posterior afiliado e agudo, levemente curvado em direção a lateral da

célula; R c/l = 1,4-1,5; dois cloroplastídios laterais, pirenóide não observado, numerosos grãos de amido elípticos, citofaringe não observado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514029, SP514030, SP514031, SP514032, SP514033, SP514034, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514039, SP514040, SP514041, SP514042, SP514043, SP514044, SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047, SP514048, SP514049, SP514050, SP514051, SP514054, SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514058, SP514059, SP514060, SP514061, SP514062, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Muito Frequente.

*Cryptomonas obovata* Skuja, Symbolae Botanicae Upsalienses 9(3): 356, pl. 38, figs. 4-6. 1948.

(Figura 13h-i)

Organismos monadoides, com 2 flagelos, células obovadas em vista lateral, 21,5-29,1 µm comp., 12-15,7 µm larg., margem dorsal regular ou irregularmente convexa, margem ventral convexa, polo anterior truncado, polo posterior afiliado e levemente arredondado; R c/l = 1,7-1,8; dois cloroplastos, laterais, pirenóide ausente, numerosos grãos de amido elípticos, citofaringe não observado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514029, SP514030, SP514031, SP514032, SP514033, SP514034, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514039, SP514040, SP514041, SP514042, SP514043, SP514044, SP514045, SP514046); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047, SP514048, SP514049, SP514050, SP514051, SP514054, SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514058, SP514059, SP514060, SP514061, SP514062, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Muito Frequente.

## PYRENOMONADALES

### PYRENOMONADACEAE

*Plagioselmis* Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall

*Plagioselmis lacustris* (Pascher & Ruttner) Javornicky: 113. 2001. ≡ *Rhodomonas lacustris* Pascher & Ruttner, in Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz: 102, 103, figs. 157, 158. 1913.

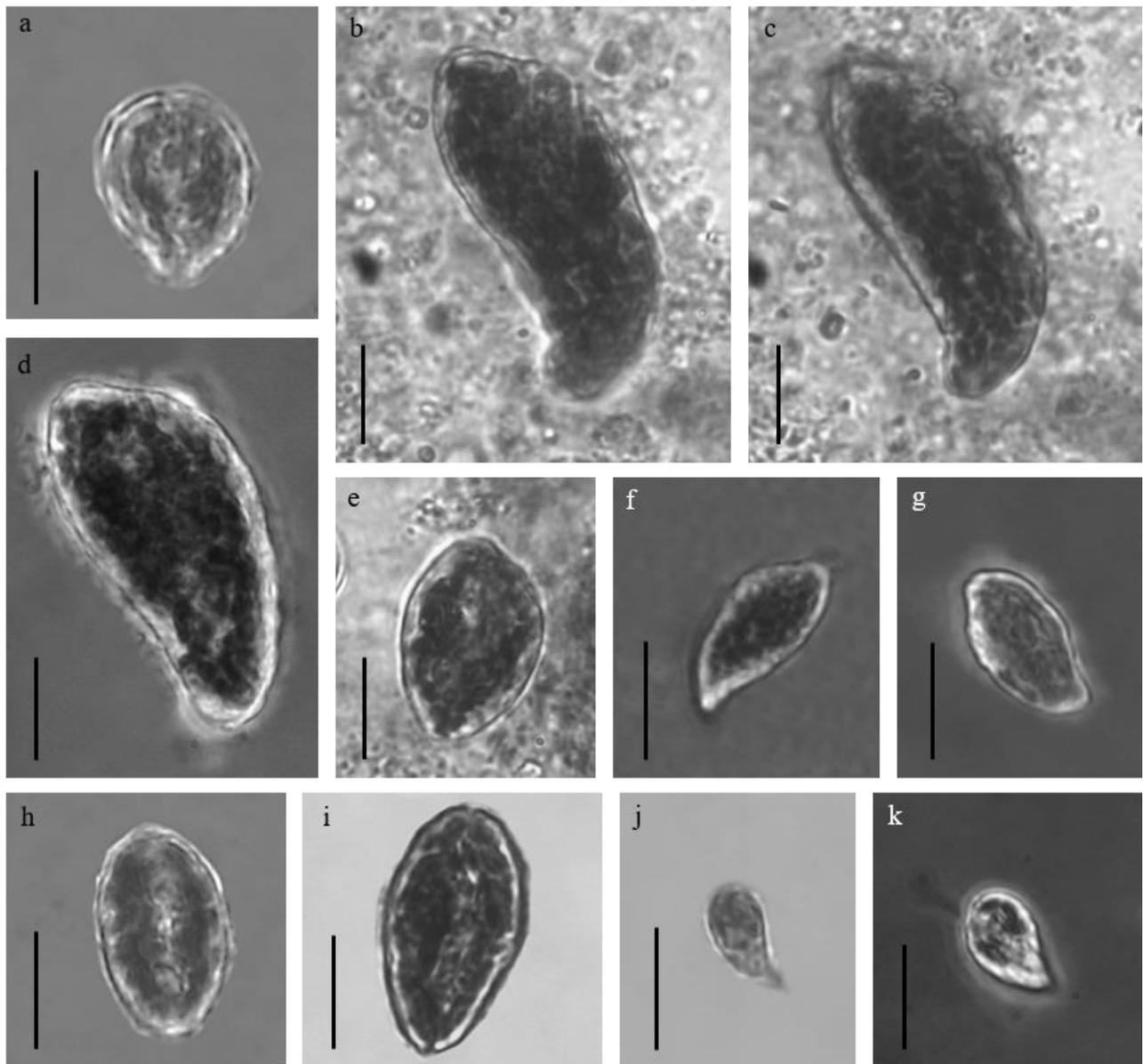
(Figura 13j-k)

Células monadoides, obovadas, quando em vista lateral, com 2 flagelos de tamanhos distintos, 10,1-13,4 µm comp., 4-6,5 µm larg., margem ventral e dorsal convexa, polo anterior obliquamente truncado, polo posterior afiliado e levemente arredondado; R c/l = 2-2,5; cloroplasto único, dorsal e avermelhado, 1 pirenóide, citofaringe não observada.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514029, SP514030, SP514031, SP514032, SP514033,

SP514034, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514039, SP514040, SP514041, SP514042, SP514043, SP514044, SP514045).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Frequente.



**Figura 13a-k8.** Táxons de Cryptophyceae identificados no reservatório Biritiba Mirim, SP. **a.** *Cryptomonas brasiliensis*. **b-d.** *C. curvata*; **d.** foto com contraste de fase. **e-g.** *C. marssonii*. **h-i.** *C. obovata*. **j-k.** *Plagioselmis lacustres*. Barra de escala: 10  $\mu$ m.

## DINOPHYCEAE

### GONYAULACALES

#### CERATIACEAE

##### *Ceratium* Schrank

*Ceratium furcoides* (Levander) Langhans, Archiv für Protistenkunde, 52: 585-602. 1925.  $\equiv$  *Ceratium hirundinella* (Müller) Dujardin var. *furcoides* Levander, cta Societatis pro Fauna et Flora Fennica, 12 (2): 53, pl. 2, fig. 24. 1894.

(Figura 14a-c)

Indivíduos isolados e ativamente natantes, células fusiformes, achatadas dorsoventralmente, 48-50 µm larg., 150 µm comp., placas reticuladas; cingulo levemente estreito; epiteca cônica com longo corno formado acima do cingulo com quatro placas apicais (1', 2', 3' e 4'), onde o 4' não atinge o ápice; cingulo levemente estreito; hipovalva grande e pequena, 2-3 cornos formados por placas antiapicais de tamanho variado; cloroplastos ovais e numerosos.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514034); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514038, SP514041); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514049, SP514064).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

## PERIDINIALES

### PERIDINIACEAE

*Peridinium* Ehrenberg

*Peridinium* sp.1.

(Figura 14dx)

Indivíduos isolados e ativamente natantes, célula assimétrica, ovóide, dorsoventralmente achatada, 18-18,5 µm larg., 18,9-19,5 µm comp.; cingulo levemente estreito; parede celular espessa, constituída por plaquetas ornamentadas; coloração parda, conteúdo celular verde escuro.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514030, SP514032); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514037, SP514039, SP514041, SP514042, SP514043); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514057, SP514058, SP514059, SP514060, SP514061, SP514062, SP514063, SP514064, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Frequente.

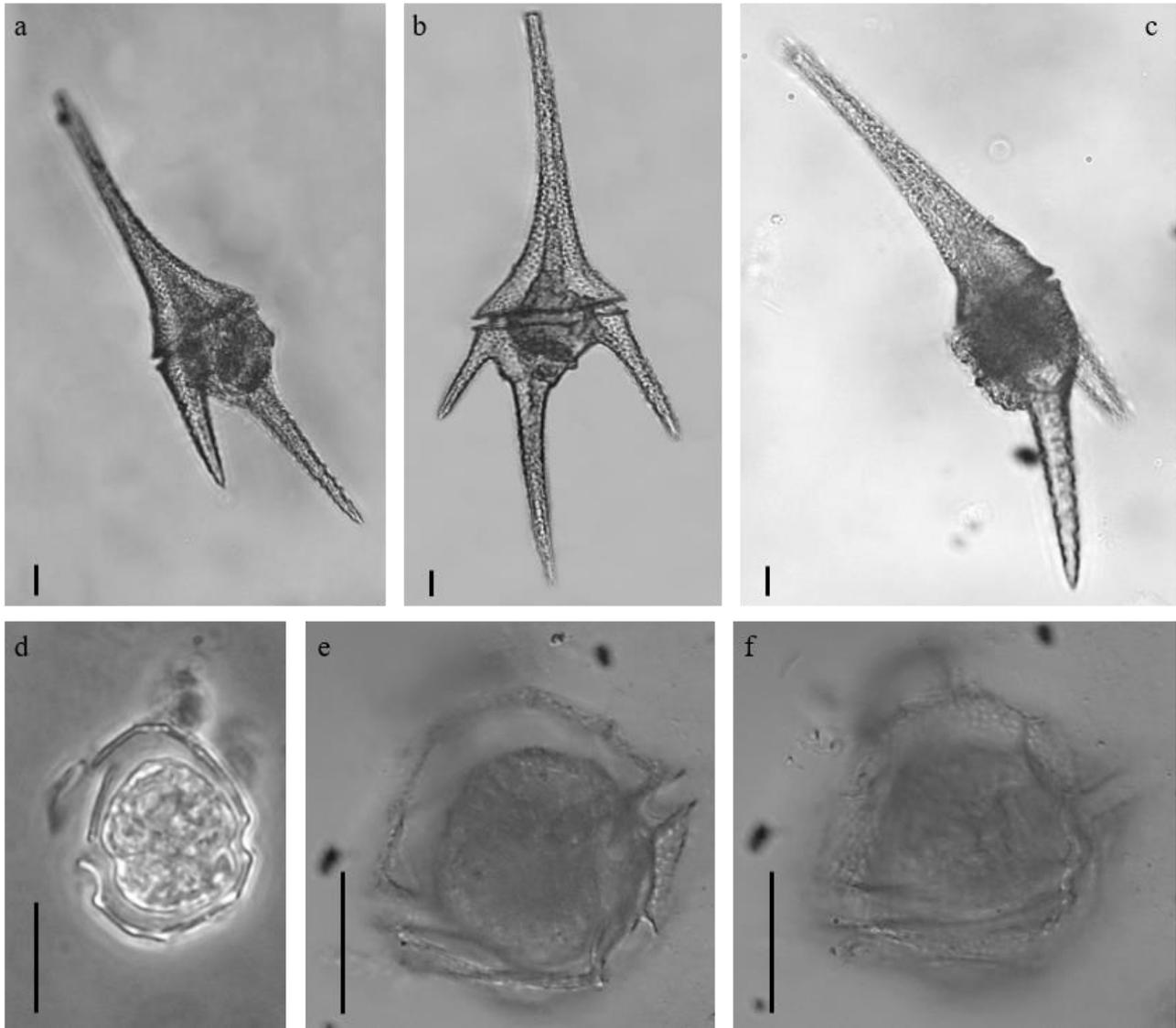
*Peridinium* sp.2.

(Figura 14e-f)

Indivíduos isolados e ativamente natantes, célula assimétrica, sub-ovóide, elíptica, 19,8-20,3 µm comp., 16,5-17 µm larg., achatados dorsoventralmente; epiteca cônica, hipoteca arredondada; cingulo levemente estreito; parede celular espessa, constituída por plaquetas ornamentadas, coloração parda e conteúdo celular verde escuro.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514030, SP514032); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514037, SP514039, SP514041); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514057, SP514058, SP514059, SP514060, SP514061, SP514065, SP514066).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco Frequente.



**Figura 14a-f.** Táxons de Dinophyceae identificados no reservatório Biritiba Mirim, SP. **a-c.** *Ceratium furcoides*. **d.** *Peridinium* sp.1. **e-f.** *Peridinium* sp.2. Barra de escala: 10 µm, exceto para e-f (Barra de escala: 20 µm).

## XANTHOPHYCEAE

### MISCHOCOCCALES

#### PLEUROCHLORIDACEAE

*Isthmochloron* (Nägeli) Skuja

*Isthmochloron lobulatum* (Nägeli) Skuja, Symbolae Botanicar Upsalienses, 9(3): 1-399, 39 pl. 1948.

≡ *Polyedrium lobulatum* Nägeli, Neue Denkschriften der Allg. Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamnten Naturwissenschaften, 10 (7): 84; pl. 4, fig. 4. 1849.

(Figura 15a)

Organismos unicelulares, quadrangulares, achatados, com lados côncavos e com quatro processos dispostos no mesmo plano; 39 µm comp.; 38 µm larg.; ângulos dos processos arredondados terminados em dois espinhos curtos e bifurcados; parede celular lisa e sem ornamentação; numerosos cromatóforos parietais, discoides.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514033, SP514034); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514042, SP514045); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514058, SP514059, SP514060, SP514061).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

### *Tetraëdriella* Pascher

#### *Tetraëdriella* sp.

(Figura 15b)

Organismos unicelulares, triangulares, margem interna levemente arredondado, 39-40 µm comp., 39-40 µm larg.; processos afiliados; parede celular lisa e sem ornamentação, numerosos cromatóforos parietais, discoides.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514028, SP514029, SP514030, SP514031, SP514032, SP514033, SP514034, SP514035, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514039, SP514040, SP514041, SP514042, SP514043, SP514044, SP514045).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Frequente.

### *Tetraplektron* Fott

*Tetraplektron torsum* (Turner) Dedusenko-Shchegoleva, *Zhelktozelenye vodorosli*: 271. 1962. ≡ *Polyedrium tetraëdricum* Nägeli f. *torsum* W.B.Turner, *Kungliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, 25 (5): 158, pl. 20, fig. 15. 1893.

(Figura 15c)

Células isoladas, em vista frontal tetraédrica ou triangular com processos sobrepostos, 50-55 µm comp., 25-29 µm larg.; vista lateral quadrangular, ângulos prolongados em quatro processos afiliados e pontiagudos, margem lateral reta, levemente côncava; parede celular espessa, lisa e incolor; numerosos cromatóforos discoides parietais, pirenóide não observado.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027, SP514036); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514037, SP514038, SP514045); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514049, SP514050, SP514051); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514060, SP514065).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.

## SCIADIACEAE

*Centrtractus* Lemmermann

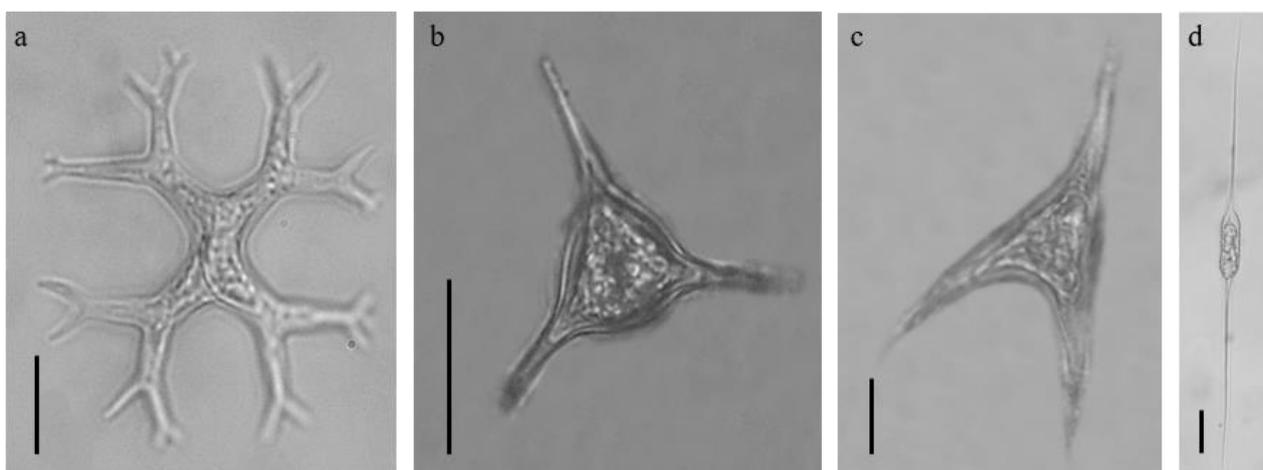
*Centrtractus belonophorus* (Schmidle) Lemmermann, Berichte der deutsche botanischen Gesellschaft 18: 272-275.1900. ≡ *Schroederia belonophora* Schmidle, Berichte der deutsche botanischen Gesellschaft, 18: 149, pl. IV: figs 6, 7. 1900.

(Figura 15d)

Organismos unicelulares, células cilíndricas, retas, 200,2-210 µm larg., 10-12,1 µm comp. sem espinhos, polos acuminado-arredondados terminados em espinhos longos, 85-89 µm comp.; parede celular lisa; 2 cromatóforos parietais, laminares, não circundado internamente toda a célula.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim, 15-VIII-2019, E.F. Rosini s.n. (SP514027, SP514032, SP514033, SP514034, SP514035); 14-V-2020, E.F. Rosini s.n. (SP514057, SP514059, SP514063).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.



**Figura 15a-d.** Táxons de Xanthophyceae identificados no reservatório Biritiba Mirim, SP. **a.** *Isthmochloron lobulatum*. **b.** *Tetradiella* sp. **c.** *Tetraplektron torsum*. **d.** *Centrtractus belonophorus*. Barra de escala: 10 µm, exceto para **b** (Barra de escala: 20 µm).

## CHRYSOPHYCEAE

### CHROMULINALES

#### DINOBRYACEAE

*Dinobryon* Ehrenberg

*Dinobryon bavaricum* Imhof, Zoologischer Anzeiger 13: 483-488. 1890.

(Figura 16a-b)

Indivíduo colonial, livre-natantes, arborescentes, indivíduos isolados às vezes presente; lórica incolor, elíptica, em forma de cálice, 42-46 µm comp., 8-10 µm larg., polo anterior com margens paralelas, polo posterior abruptamente afiliado, porção mediana da lórica com parede crenulada; R

$c/l = 4,6-5,25$ ; célula de contorno arredondado, 5,5-6,8  $\mu\text{m}$  diâm., 2 flagelos de tamanhos desiguais, inseridos apicalmente.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514032, SP514035); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047, SP514050); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514064).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

*Dinobryon* cf. *vanhoeffenii* Bachmann, Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft em Luzern, 8: 1-181, fig.19. 1921.

(Figura 16c-d)

Indivíduo colonial, livre-natantes, arborescentes, indivíduos isolados às vezes presente; lórica incolor, elíptica, alongada, em forma de cálice, 60,2-78,4  $\mu\text{m}$  comp., 6,3-8  $\mu\text{m}$  larg., polo posterior com margens retas e paralelas, polo anterior abruptamente afiliado, parede da lorica lisa;  $R\ c/l = 9,5-9,8$ ; células oblongas ou ovaladas, 9,3-10,5  $\mu\text{m}$  comp., 4,3-5,1  $\mu\text{m}$  larg., 2 flagelos de tamanhos desiguais, inseridos apicalmente.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514030); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514043); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514047).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

*Dinobryon* sp.

(Figura 16e-f)

Indivíduo colonial, livre-natantes, arborescentes, ramificadas; lórica incolor, assimétrica, em forma de cálice, 22,8-27,6  $\mu\text{m}$  comp., 8,4-10,5  $\mu\text{m}$  larg., polo posterior com margens paralelas, porção mediana e basal ampliada, polo anterior abruptamente afiliado, parede da lórica levemente ondulada em direção ao polo anterior;  $R\ c/l = 2,6-2,7$ ; célula arredondada, 5,1-5,9  $\mu\text{m}$  diâm., flagelos não observados.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim, 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514038).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Raro.

## SYNURALES

### MALLOMONADACEAE

*Mallomonas* Perty

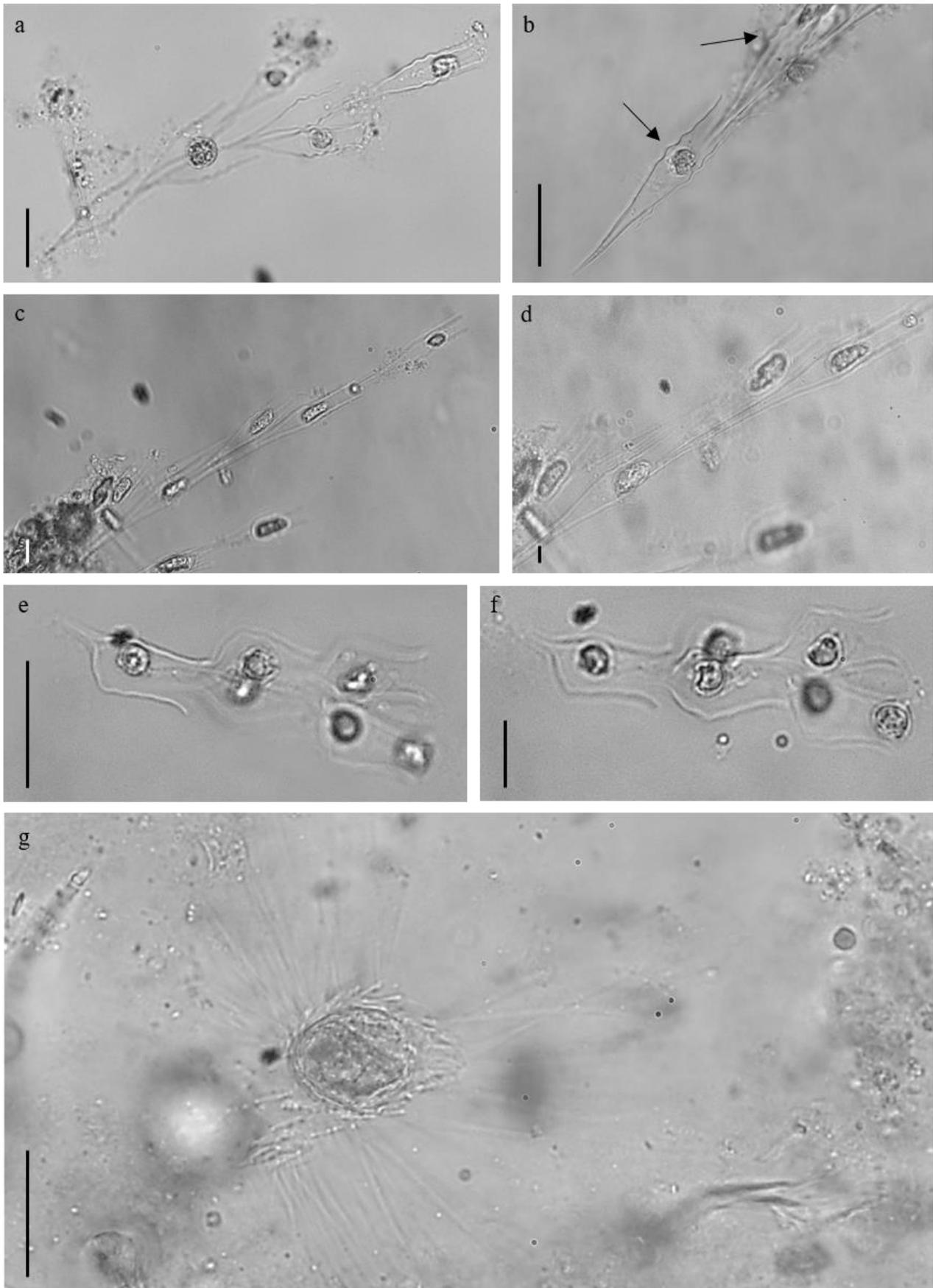
*Mallomonas* sp.

(Figura 16g)

Indivíduo unicelulares, ovalados, de vida livre natante, 28-30  $\mu\text{m}$  comp., 20-22  $\mu\text{m}$  larg., 2 flagelos longos desiguais, 15-35  $\mu\text{m}$  comp.; parede celular revestida por escamas silicosas, imbricadas, com setas longas, distribuídas ao longo da célula, 2 cloroplastídios parietais.

**Material examinado:** BRASIL. SÃO PAULO. **Município de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, reservatório Biritiba Mirim**, 15-VIII-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514027); 07-XI-2019, *E.F. Rosini s.n.* (SP514042); 13-II-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514056); 14-V-2020, *E.F. Rosini s.n.* (SP514060, SP514061, SP514062).

**Frequência de ocorrência no reservatório Biritiba Mirim:** Pouco frequente.



**Figura 16a-g9.** Táxons de Chrysophyceae identificados no reservatório Biritiba Mirim, SP. **a-b.** *Dinobryon bavaricum*. **c-d.** *D. cf. vanhoeffenii*. **e-f.** *Dinobryon* sp. **g.** *Mallomonas* sp. Barra de escala: 10 µm, exceto para **a, b, e, f e g** (Barra de escala: 20 µm).

*Trachelomonas* (6) e *Monoraphidium* (5) foram os gêneros com maior número de representantes, seguido por *Aphanocapsa* (4) e *Cryptomonas* (4), destacando que *Cryptomonas* foi o gênero onde todos os representantes foram muito frequentes ( $F \geq 75\%$ ) durante o período de estudo. Além disso, para os demais gêneros citados anteriormente pelo menos um representante foi muito frequente.

Adicionalmente, cabe destacar *Dolichospermum*, *Microcystis* e *Aphanothece*, gêneros encontrados neste levantamento, que podem causar florações tóxicas (Buratti *et al.* 2017, Cirés *et al.* 2017, Kaur *et al.* 2021), dos quais *D. planctonicum*, *M. aeruginosa* e *M. protocystis* já possuem registros no Brasil de florações tóxicas, especialmente em reservatórios de abastecimento (Sant'Anna & Azevedo 2000, Costa *et al.* 2006, Panosso *et al.* 2007, Gomes *et al.* 2012, Soares *et al.* 2012, Carmo 2014).

Neste levantamento registramos a espécie *Ceratium furcoides*, que apresentou pouca frequência, ocorrendo em diferentes estações de amostragem (P1, P2, P3, P5 e P8), em quase todos os meses de coleta, com exceção de maio de 2020. Essa espécie é considerada como espécie invasora nos ecossistemas continentais da América do Sul diante da sua fácil adaptação às diferentes condições ambientais, possibilitando sua dispersão e estabelecimento nos reservatórios tropicais (Dias & Tucci 2020).

## CONCLUSÃO

Todos os táxons identificados aqui correspondem ao primeiro registro florístico para o reservatório estudado, além disso corroboram para o conhecimento da biodiversidade do Estado de São Paulo, principalmente para a RMSP. Considerando a importância dos estudos taxonômicos para a ciência, bem como a relevância deste para o conhecimento da biodiversidade local, regional e nacional, buscamos realizar este levantamento da comunidade fitoplanctônica no reservatório Biritiba Mirim. Destacamos que os táxons de Bacillariophyta estão sendo estudados separadamente. Por fim, ressaltamos que estudos que buscam conhecer e avaliar o fitoplâncton em diferentes ambientes aquáticos continentais devem ter continuidade, sobretudo diante da importância sanitária da comunidade fitoplanctônica em relação à qualidade da água em reservatórios de abastecimento.

## LITERATURA CITADA

- Alves, F.R.R., Gama, 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.
- Alves-da-Silva, S.M., Escobar, K.C., Juliano, V.B.** 2016. Novos registros de *Trachelomonas* Ehr. emend. Defl. (Euglenophyceae) para o Estado do Rio Grande do Sul e Brasil. *Hoehnea* 43(1): 1-10.
- Alves-da-Silva, S.M., Juliano, V.B., Ferraz, G.C.** 2008. Euglenophyceae pigmentadas em lagoa ácida rasa, Parque Estadual de Itapuã, sul do Brasil. *Iheringia Série Botânica*, 63(1): 15-36.
- Aquino, C.A.N., Bueno, N.C., Menezes, V.C.** 2014. Desmidióflórula (Zygnemaphyceae, Desmidiales) do rio Cascavel, oeste do estado do Paraná, Brasil. *Hoehnea*, 41(3): 365-392.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M.** 2017. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. 3 ed. RiMa Editora, São Carlos.
- Bicudo, C.E.M.** 2013. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. *Algas*, 35: Dinophyceae (família Peridiniaceae). *Hoehnea*, 40(4): 611-617.
- Bicudo, C.E.M., Azevedo, M.T.P., Castro, A.A.J.** 2014. Flora Ficológica do Estado de São Paulo – Volume 4 (Parte 1): Zygnemaphyceae. Rima Editora: FAPESP, São Carlos.
- Bicudo, D.C., Bicudo, C.E.M., Oliveira, A.M., Ferragut, C., Fonseca, B.M. Lopes, M.R., Lima, I.R.N.** 2006. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. *Algas*, 21: Xanthophyceae. *Hoehnea*, 33(3): 291-316.
- Biolo, S., Siqueira, N.S., Bueno, N.C.** 2009. Chlorococcales (Chlorophyceae) de um tributário do reservatório de Itaipu, Paraná, Brasil. *Hoehnea*, 36(4): 667-678.
- Buratti, F. M., Manganelli, M., Vichi, S., Stefanelli, M., Scardala, S., Testai, E., Funari, E.** 2017. Cyanotoxins: producing organisms, occurrence, toxicity, mechanism of action and human health toxicological risk evaluation. *Archives of Toxicology*, 91(3): 1049–1130.
- Cabala, J. & Rahmonov, O.** 2004. Cyanophyta and algae as an important component of biological crust from the Pustynia Błędowska desert (Poland). *Polish Botanical Journal*, 49(1): 93-100.
- Carmo, E.J.S.** 2014. Cianobactérias planctônicas do reservatório do Ribeirão João Leite (Goiás) durante a fase de enchimento: florística e floração. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Castro, A.A.J. & Bicudo, C.E.M.** 2007. Flora Ficológica do Estado de São Paulo – Volume 11: Cryptophyceae. RiMa Editora: FAPESP, São Carlos.
- 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.

- Cavalcanti, M.A.M.P.** 2002. A modelagem matemática associada ao Sistema de Informação Geográfica como instrumento de previsão no estudo do impacto hidrogeológico de reservatórios. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Cirés, S., Casero, M.C., Queseda, A.** 2017. Toxicity at the Edge of Life: A Review on Cyanobacterial Toxins from Extreme Environments. *Marine Drugs*, 15(7): e233.
- Costa, I.A.S., Azevedo, S.M.F.O., Senna, P.A.C., Bernardo, R.R., Costa, S.M., Chellappa, N.T.** 2006. Occurrence of toxin-producing cyanobacteria blooms in a brazilian semiarid reservoir. *Brazilian Journal of Botany*, 66(1B): 211-219.
- Costa, L.F., Wengrat, S., Bicudo, D.C.** 2017. Diatomáceas de diferentes habitats em um reservatório altamente heterogêneo, Complexo Billings, Sudeste do Brasil. *Hoehnea*, 44(4): 559-579.
- D'Alessandro, E.B. & Nogueira, I.S.** 2017. Algas planctônicas flageladas e cocoides verdes de um lago no Parque Beija-Flor, Goiânia, GO, Brasil. *Hoehnea* 44(3): 415-430.
- D'Avilla, F.A.** 2011. Estudo do impacto da construção de duas barragens na dinâmica populacional de mosquitos (Diptera: Culicidae) na Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Dalazari-Barroso, A., Sant'anna, C.L. Senna, P.A.C.** 2007. Fitoplâncton do reservatório Duas Bocas, Espírito Santo, Brasil (exceto diatomáceas). *Hoehnea*, 34(2): 211-229.
- Dias, A.S. & Tucci, A.** 2020. *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans: first record in Nova Avanhandava reservoir, Southeast Brazil. *Hoehnea*, 47: e742019.
- Domingues, C.D. & Torgan, L.C.** 2012. Chlorophyta from an artificial hypereutrophic lake, Southern Brazil. *Iheringia Série Botânica*, 67(1): 75-91.
- Ettl, H.** 1978. Xantophyceae. In: H. Ettl, J. Gerloff & H. Heynig (eds.). *Suswasserflora Von Mitteleuropa 3*. Stuttgart, Gustav Fisher Verlag. 530p.
- 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.
- Felisberto, S.A. & Rodrigues, L.** 2010. *Cosmarium* (Desmidiaceae, Zygnemaphyceae) da ficoflórula perifítica do reservatório de Rosana, bacia do rio Paranapanema, Paraná/São Paulo, Brasil. *Hoehnea*, 37(2): 267-292.
- Fernandes, S. & Bicudo, C.E.M.** 2009. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP: algas, 26: Chlorophyceae (famílias Chlorococcaceae e Coccomyxaceae). *Hoehnea*, 36(1): 173-191.
- 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.

- Gomes, L.N.L., Oliveira, S.M.A.C., Giani, A., Von Sperling, E.** 2012. Association between biotic and abiotic parameters and the occurrence of cyanobacteria in a Brazilian reservoir. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184: 4635-4645.
- Jati, S., Borsalli, C.C.J., Train, S.** 2018. Pigmented Euglenophyceae of a lentic environment at the Upper Paraná River Floodplain, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 30: e212.
- Kaur, S., Srivastava, A., Ahluwalia, A.S., Mishra, Y.** 2021. Cyanobacterial blooms and Cyanotoxins: Occurrence and Detection. *In: S.K. Mandotra, A.K. Upadhyay & A.S. Ahluwalia (eds). Algae - Multifarious Applications for a Sustainable World.* Springer, Cingapura, pp. 339-352.
- Komárek J., Kaštovský J., Mareš J., Johansen J. R.** 2014. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia*, 86: 295–335.
- 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, p548.
- 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, p759.
- Komárek, J. & Fott, B.** 1983. Chlorophyceae (Günalgen), Ordnung Chlorococcales. *In: Huber-Pestalozzi, G. (ed). Das Phytoplankton des Süßwassers. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.*
- Krienitz, L. & Bock, C.** 2012. Present state of the systematics of planktonic coccoid green algae of inland waters. *Hydrobiologia*, 698: 295-326.
- Kufner, D.C.L. & Giani, A.** 2017. Euglenophyta de lagoas da região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Matogrossense, Brasil. *Hoehnea*, 44(2): 277-294.
- Labrum, M. J. & Gomulkiewicz, R.** 2019. Metapopulation Allee effects, habitat destruction, and extinction in metacommunities. *Journal of Mathematical Biology*, 80(1-2): 93-110.
- Loaiza-Restano, A.M. & Bicudo, C.E.M.** 2014. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. *Algas 40: Chlorophyceae (Hydrodictyaceae).* *Hoehnea*, 41(3): 353-364.
- Medeiros, Y., Aquino, C.A.N., Bortolini, J.C., Medeiros, G., Amaral, M.W.W., Favaretto, C.C.R., Bueno, N.C.** 2021. Planktonic chlorophyceans of a Brazilian subtropical river: taxonomy and ecological aspects. *Rodriguésia*, 72: e02192019.

- Menezes, V.C., Bueno, N.C., Bortolini, J.C., Biolo, S., Siqueira, N.S.** 2011. Euglenophyceae pigmentadas em lagoa ácida rasa, Parque Estadual de Itapuã, sul do Brasil. *Hoehnea*, 38(3): 483-493.
- Nogueira, I.S. & Leandro-Rodrigues, N.C.** 1999. Algas planctônicas de um lago artificial do Jardim Botânico Chico Mendes, Goiânia, Goiás: florística e algumas considerações ecológicas. *Revista Brasileira de Biologia*, 59(3): 377-395.
- Nogueira, I.S.** 1999. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica da represa Samambaia, Goiás, Brasil. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Oliveira, I.B., Bicudo, C.E.M., Moura, C.W.N.** 2016. O gênero *Staurastrum* Meyen ex Ralfs (Zygnemaphyceae, Desmidiaceae) da Área de Proteção Ambiental (APA)Litoral Norte, Bahia, Brasil. *Iheringia Série Botânica*, 71(3): 230-256.
- Oliveira, S.A., Ferragut, C., Bicudo, C.E.M.** 2020. Relationship between phytoplankton structure and environmental variables in tropical reservoirs with different trophic states. *Acta Botanica Brasilica*, 34(1): 83-93.
- Panosso, R., Costa, I.A.S., Souza, N.R., Attayde, J.L., Cunha, S.R.S., Gomes, F.C.F.** 2007. Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Oecologia Brasiliensis*, 11(3): 433-449.
- Pereira, J.S.** 2013. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica no período de cinco anos em ambiente mesotrófico (Lago das Ninfeias), Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Pires, D.A.** 2014. Diversidade (alfa, beta e gama) da comunidade fitoplanctônica de quatro reservatórios do Alto Tietê, Estado de São Paulo, com diferentes graus de trofia. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Popovský, J. & Pfister, 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., 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.
- 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.
- Ramos, G.J., Bicudo, C.E.M., Goés-Neto, A., Moura, C.W.** 2016. Hydrodictyaceae (Chlorophyceae, Chlorophyta) do Pantanal dos Marimbus, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Iheringia Série Botânica*, 71(1): 13-21.

- Ramos, G.J.P.** 2013. Algas verdes cocóides (Chlorophyta) de duas áreas do Pantanal dos Marimbus (Baiano e Remanso), APA Marimbus-Iraquara, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia.
- Ramos, G.J.P., Bicudo, C.E.M., Moura, C.W.N.** 2018. Diversity of green algae (Chlorophyta) from bromeliad phytotelmata in areas of rocky outcrops and "restinga", Bahia state, Brazil. *Rodriguésia*, 69(4): 1973-1985.
- 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(2): 247-264.
- Rosini, E.F. & Tucci, A.** 2020. Fitoplâncton do parque aquícola Ponte Pensa, Reservatório de Ilha Solteira, SP. *Pesquisas, Botânica.*, 74: 381-421.
- Rosini, E.F.** 2010. Fitoplâncton de Pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo: Levantamento Florístico. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Rosini, E.F.** 2015. 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 de Doutorado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Rosini, E.F., Sant'Anna, C.L., Tucci, A.** 2012. Chlorococcales (exceto Scenedesmaceae) de pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Brasil: levantamento florístico. *Hoehnea*, 39(1): 11-38.
- Rosini, E.F., Sant'Anna, C.L., Tucci, A.** 2013. Cyanobacteria de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo, Brasil. 2013. *Rodriguésia*, 64(2): 399-417.
- Roy, A.S. & Pal, R.** 2015. Plancktonic Chlorophytes from Indian Ramsar Site. An investigation on Morphotaxonomy and Diversity of Planktonic Chlorophytes from fresh water Eutrophic Wetland of Indian Ramsar Site. *Phykos*: 45(2): 29-42.
- Sant'Anna, C.L., Melcher, S.S., Carvalho, M.C., Gelmego, M.P., Azevedo, M.T.P.** 2007. Planktic Cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs, SP, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 30(1): 1-17.
- Santana, L. M., Nabout, J. C., Ferragut, C.** 2017. Taxonomic and functional classifications of phytoplankton in tropical reservoirs with different trophic states. *Brazilian Journal of Botany*, 41(1): 91-102.
- Sant'Anna, C.L. & Azevedo, M.T.P.** 2000. Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil. *Nova Hedwigia*, 71: 359-385.
- Sartori, A.C.** 2015. Qualidade física e química da água e sedimentos de fundo da porção SW do reservatório de Biritiba-Mirim (SP) e sua implicação ambiental. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Sendacz, S. Júnior, A.J.M., Mercante, C.T., Menezes, L.C.B., Moraes, J.F.** 2006. Sistemas em Cascata: Concentrações e Cargas de Nutrientes no Sistema Produtor Alto Tietê, São Paulo. *In:* M.G. Nogueira, R. Henry & A. Jorcin (eds). *Ecologia de reservatórios* (2ed). RiMa, São Carlos, pp. 417-434.
- Senna, P.A.C. & Magrin, A.G.E.** 1999. A importância da "boa" identificação dos organismos fitoplanctônicos para estudos ecológicos. *In:* M.L.M. POMPEO (ed). *Perspectivas da limnologia no Brasil*. Gráfica e Editora União, São Luís, pp.131-146.
- Servat, L.C., Bueno, N.C., Alves-da-Silva, S.M.** 2015. New records of *Trachelomonas* Ehrenberg (Euglenophyceae) in lotic environments of the buffer zone of Iguazu National Park, Paraná, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 38: 343–356.
- Silva, L.H.S.** 1999. Fitoplâncton de um reservatório eutrófico (lago Monte Alegre), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 59(2): 281-303.
- Soares, M.C.S., Marinho, M.M., Azevedo, S.M.O.F., Branco, C.W.C., Huszar, V.L.M.** 2012. Eutrophication and retention time affecting spatial heterogeneity in a tropical reservoir. *Limnologica*, 42: 197-203.
- Sorrini, E.** 2015. Atividades agrícolas e proteção ciliar na porção leste do reservatório de Biritiba Mirim (SP) e sua implicação na qualidade da água e sedimentos de fundo. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Starmach, K.** 1983. Euglenophyta. *In:* K. Starmach. *Flora Slodkowodna Polski*. 3. Warszawa, Polska Academia Nauk.
- Tell, G. & Conforti, V.T.D.** 1986. Euglenophyta pigmentadas de la Provincia del Chaco (Argentina). *Nova Hedwigia* 41:353-391.
- Trindade, C.S.** 2016. Relação entre a qualidade da água e sedimentos no reservatório de Biritiba-Mirim-SP face ao uso do solo em áreas sob vegetação natural e áreas agrícolas. Tese de Doutorado, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Tucci, A., Sant’Anna, C.L., Azevedo, M.T.P., Malone, C.F.S., Werner, V.R., Rosini, E.F., Gama, W.A., Hentschke, G.S., Osti, J.A.S., Dias, A.S., Jacinavicius, F.R., Santos, K.R.S.** 2019. Atlas de Cianobactérias e Microalgas de Águas Continentais Brasileiras. Publicação eletrônica, Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Ficologia. Disponível em: [https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/wp-content/uploads/sites/235/2020/01/atlas-algas-e-cianobacterias-ibt-2019\\_versao-dezembro-2019.pdf](https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/wp-content/uploads/sites/235/2020/01/atlas-algas-e-cianobacterias-ibt-2019_versao-dezembro-2019.pdf) (acesso em 12-X-2019).
- Urakawa, M.K.** 2011. Avaliação do conteúdo de metais e defensivos agrícolas na área de influência do reservatório de Biritiba-Mirim (SP). Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Vieira, R.S., Ricarte, E.M.F., Oliveira, N.M., Rodrigues, J.L.G., Oliveira, E.C.C., Góes, M.I.L. Silva, T.A., Lacerda, S.R. 2021. Composição do fitoplâncton em reservatório de abastecimento no semiárido nordestino. *Brazilian Journal of Development*, 7(7): 65397-65414.

Wetzel, R.G. 1993. *Limnology*. Fundação Coloust Gulbenkian, Lisboa. 1016p.

## 6. CONCLUSÃO GERAL

A partir do estudo ecológico e taxonômico da estrutura, dinâmica e composição da comunidade fitoplanctônica realizado no reservatório Biritiba Mirim (Sistema Alto Tietê, São Paulo), utilizando abordagem comparativa observacional entre dois diferentes tipos de uso do solo que caracterizam o entorno do reservatório, sendo vegetação preservada e atividade agrícola, durante o período de um ano pode-se concluir:

- Ao contrário do que hipotetizamos, os diferentes tipos cobertura do solo, no que diz respeito ao uso e ocupação no entorno do reservatório, não promoveram mudanças significativas na dinâmica da comunidade fitoplanctônica, muito menos nas variáveis limnológicas, ao longo do período de estudo. Apesar de vários estudos em âmbito internacional discutem a distribuição heterogênea da estrutura da comunidade em relação à diferentes usos e ocupações do solo no entorno de reservatórios, para o objeto do presente estudo (reservatório Biritiba Mirim), a principal função de força para as mudanças observadas na comunidade se às mudanças temporais causadas pela sazonalidade;
- Os índices biológicos (índice de diversidade, equitabilidade e dominância) e riqueza específica responderam principalmente à influência, provocada pela sazonalidade e período hidrológico, sob as variáveis físicas e químicas, mesmo diante da ocorrência de atividade agrícola no entorno do reservatório;
- Os maiores resultados de biovolume encontrados neste estudo foram observados no inverno (período seco), associados aos maiores valores nas propriedades físicas e químicas, possivelmente resultado da estabilidade da coluna d'água. Essas características provavelmente permitiram o desenvolvimento da comunidade, o que não foi visto no verão (período chuvoso), este associado às menores concentrações de biovolume e nutrientes, como resultado da menor estabilidade da coluna d'água;
- Foi possível observar **a relação entre o tempo de residência da água** e o biovolume. Mesmo não sendo possível validar a correlação por meio da estatística foi possível observar a sua influência na dinâmica da comunidade, ao passo que o tempo de

residência da água aumentava o biovolume também tendia a aumentar, e o mesmo foi observado com a diminuição. Estudos recentes já validaram a influência do controle do homem na vazão da água e a maneira como este afeta a comunidade fitoplanctônica, assim nossos resultados estão de acordo com o encontrado em literatura;

- A influência das ações antrópicas nos ambientes aquáticos normalmente não é observada facilmente, já que esta depende da sua frequência, intensidade e da duração para que os resultados dessas atividades sejam vistos de fato no corpo hídrico. Por outro lado, as mudanças temporais causadas pela sazonalidade são mais pontuais, ocorrendo em questões de horas ou dias, numa maior intensidade, frequência e menor tempo, provocando respostas mais imediatas por parte do fitoplâncton;
- O reservatório apresentou alta riqueza específica de táxons, distribuídos em 9 classes taxonômicas. Esse resultado entra em concordância e se assemelha aos resultados obtidos em outros reservatórios de abastecimento de água mesotróficos, onde Chlorophyceae e Cyanophyceae são as classes que mais contribuem para o biovolume total das amostras, assim como o ocorrido no reservatório Biritiba Mirim;
- Dentre os indivíduos analisados tanto na análise quantitativa quanto na qualitativa pode-se destacar gêneros que possuem alta importância sanitária, principalmente quando se trata de reservatórios de abastecimento de água. *Microcystis* spp., *Dolichospermum planctonicum*, *Aphanothece* sp., *Synechocystis aquatilis*, *Artrospira* sp. e *Leptolyngbya* sp., alguns dos gêneros de Cyanophyceae registrados neste estudo, possuem potencial tóxico e já foram associados a florações em diferentes sistemas aquático no Brasil. Disso a importância de continuar o monitoramento desses ambientes sobretudo para o manejo, desenvolvimento e gerenciamento sustentável desses ambientes;
- A espécie *Ceratium furcoides*, embora com baixa e ocasional frequência de ocorrência nas estações de amostragem. Este é um táxon invasor para ambientes aquáticos da América de Sul que vêm sendo registrado em diversos reservatórios de diferentes regiões brasileiras, e está associado a florações que causa mortandade de peixes, possivelmente tornando-se um risco ecológico.

Esses pontos destacados acima possivelmente foram os precursores dos resultados obtidos neste estudo. De maneira geral as mudanças observadas na comunidade fitoplanctônica se devem à influência do **tempo de residência da água** e **sazonalidade** sob as propriedades limnológicas. Podemos afirmar que embora nossos resultados não corroboram, não significa que as atividades agrícolas não estejam causando quaisquer tipos de perturbação na estrutura do fitoplâncton,

possivelmente estas estão sendo atenuadas diante da forte influência da variação temporal que acaba sobressaindo.

Assim, como todo corpo hídrico, principalmente aqueles com importância para o ser humano, por conta dos seus inúmeros múltiplos usos, o reservatório Biritiba Mirim deve continuar sendo monitorado e palco de estudos futuros para verificar a situação da dinâmica ecológica da comunidade fitoplanctônica.

Os reservatórios de abastecimento de água do Estado de São Paulo, sobretudo na Região Metropolitana de São Paulo, estão entre os mais estudados do Brasil. Aqui ressaltamos a importância de estudos ecológicos e taxonômico em reservatórios de abastecimento de água, principalmente sobretudo em função do conhecimento, avaliação, monitoramento biológico e da importância da comunidade fitoplanctônica diante da qualidade da água e saúde humana, animal e ambiental. Nossos resultados representam uma contribuição científica para o reservatório Biritiba Mirim e para os ecossistemas de abastecimento de água no Estado de São Paulo ou no Brasil.

## APÊNDICE A – Táxons inventariados, seu biovolume e hábito.

Táxons	Biovolume ( $\mu\text{m}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ )	Hábito
<b>Coccinodisciphyceae</b>		
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen*	3.484,20	Filamento
<i>Aulacoseira</i> cf. <i>brasiliensis</i> Tremarin, Torgan & Ludwig	4.749,13	Filamento
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs*	3.484,20	Filamento
<i>Aulacoseira</i> sp.	---	Filamento
<i>Aulacoseira tenella</i> (Nygaard) Simonsen	118,49	Filamento
<i>Dicostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee*	861,40	Unicelular
<i>Urosolenia eriensis</i> (H.L.Smith) Round & R.M.Crawford****	613,00	Unicelular
<b>Bacillariophyceae</b>		
<i>Achnantheidium</i> sp.	55,60	Unicelular
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin***	57,10	Unicelular
<i>Encyonema</i> cf. <i>minutum</i> (Hilse) Mann*	129,60	Unicelular
<i>Eunotia asterionelloides</i> Hustedt	207,43	Unicelular
<i>Eunotia</i> cf. <i>minor</i> (Kützing) Grunow*	1.979,20	Unicelular
<i>Eunotia zazuminensis</i> (Cabejsz.) Körner	134,59	Unicelular
<i>Navicula</i> cf. <i>notha</i> Wallace*	171,50	Unicelular
<i>Navicula</i> sp.	---	Unicelular
<b>Fragillariophyceae</b>		
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton****	398,00	Unicelular
<b>Trebouxiophyceae</b>		
<i>Actinastrum</i> cf. <i>aciculare</i> Playfair*	24,10	Colonial
<i>Botryococcus brauni</i> Kützing*	14.137,20	Colonial
<i>Crucigenia fenestrata</i> (Schmidle) Schmidle*	238,60	Colonial
<i>Crucigenia quadrata</i> Morren*	92,00	Colonial
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze*	89,70	Colonial
<i>Crucigeniella crucifera</i> (Wolle) Komárek*	98,30	Colonial
<i>Micractinium belenophorum</i> (Korshikov) Proschold, Block, Luo & Kreinitz	84,82	Unicelular
<i>Dictyosphaerium erenberghianum</i> Nägeli*	527,80	Colonial
<i>Dictyosphaerium sphagnale</i> Hindák**	533,30	Colonial
<i>Didymogenes palatina</i> Schmidle	40,44	Cenóbio
<i>Granulocystis helenae</i> Hindák	2.895,29	Colonial
<i>Granulocystis</i> sp.	---	Colonial
<i>Hindakia tetrachotoma</i> (Printz) C.Bock, Proschold & Krienitz**	459,80	Colonial
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C. Wood) C. Bock, Proschold & Krienitz*	310,90	Colonial
<i>Nephrocytium agardhinianum</i> Nägeli*	2.520,30	Colonial
<i>Nephrocytium schilleri</i> (Kammerer) Comas*	2.650,70	Colonial
<i>Nephrocytium</i> sp.	---	Colonial
<i>Oocystis borgei</i> Snow*	2.356,20	Colonial
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat*	242,00	Colonial
<i>Oocystis marssonii</i> Lemmermann**	2.462,00	Colonial
<i>Oocystis</i> sp.	---	Colonial
<i>Willea rectangularis</i> (Braun) John, Wynne & Tsarenko	256,00	Colonial
<b>Chlorophyceae</b>		
<i>Ankyra judayi</i> Smith Fott**	61,10	Unicelular
<i>Characiellopsis skujae</i> (Fott) Komárek	1.688,73	Unicelular
<i>Chlorella minutissima</i> (Gickelh.) Bourrelly**	41,30	Unicelular
<i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck*	145,80	Unicelular
<i>Chlorolobion braunii</i> (Naegeli) Komarek	79,59	Unicelular
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli*	1.344,90	Colonial
<i>Coelastrum pulchrum</i> Schmidle*	278,30	Colonial

<i>Coenochloris korsikovii</i> Hindák	300,03	Colonial
<i>Coenochloris planoconvexa</i> Hindák*	266,00	Colonial
<i>Coenocystis subcylindrica</i> Korshikov	2.042,04	Colonial
<i>Coenocystis</i> sp.	---	Colonial
<i>Desmodesmus denticulatus</i> Lagerheim*	414,50	Colonial
<i>Desmodesmus lunatus</i> (West & West) Hegewald	94,66	Colonial
<i>Hariotina reticulata</i> Dangeard	605,24	Colonial
<i>Kirchneriella diana</i> (Bohlin) Gonzalez*	404,70	Colonial
<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda*	3.117,30	Colonial
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Koršikov) Hindák*	104,30	Unicelular
<i>Monoraphidium caribeum</i> Hindák**	51,10	Unicelular
<i>Monoraphidium circinale</i> (Nygaard) Nygaard*	117,40	Unicelular
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová*	26,50	Unicelular
<i>Monoraphidium flexuosum</i> Komárek*	36,80	Unicelular
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová*	163,10	Unicelular
<i>Monoraphidium indicum</i> Hindák	442,55	Unicelular
<i>Monoraphidium irregulare</i> (Smith) Komárková-Legnerová*	219,20	Unicelular
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard*	215,70	Unicelular
<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová*	92,30	Unicelular
<i>Monoraphidium nanum</i> (Ettl) Hindák*	27,50	Unicelular
<i>Monoraphidium</i> cf. <i>obtusum</i> (Korshikov) Komárková-Legnerová	112,80	Unicelular
<i>Pseudodidymocystis planctonica</i> (Koršikov) Hegewald & Deason*	206,20	Colonial
<i>Quadrigula chodatii</i> (Tanner-Füllemann) Smith*	1.193,00	Colonial
<i>Radiococcus fotti</i> (Hindák) Kostikov, Darienko, Lukešová & Hoffmann**	2.144,70	Colonial
<i>Radiococcus piscinalis</i> Kostikov, Darienko, Lukesová, & Hoffmann	1.596,26	Colonial
<i>Radiococcus polycoccus</i> (Korshikov) Kostikov, Darienko, Lukesová & Hoffmann	5.575,28	Colonial
<i>Raphidocelis contorta</i> (Schmidle) Marvan, Komárek & Comas*	15,60	Colonial
<i>Raphidocelis danubiana</i> (Hindák) Marvan, Komárek & Comas	117,82	Colonial
<i>Raphidiocellis subcapitata</i> (Koršikov) Nygaard, Komárek, Kristiansen & Skulberg*	10,50	Colonial
<i>Scenedesmus</i> sp.	---	Colonial
<i>Tetrallantos lagerheimii</i> Teiling*	1.024,90	Colonial
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hindák*	202,20	Cenóbio
<b>Klebsormidiophyceae</b>		
<i>Elakatotrix gelatinosa</i> Wille*	25,80	Colonial
<i>Elakatothrix genovens</i> (Reverdin) Hindák**	68,60	Colonial
<b>Chlamydomphyceae</b>		
<i>Chlamydomonas debaryana</i> Goroschankin*	303,00	Unicelular flagelado
<i>Chlamydomonas planctoglea</i> Skuja*	19,20	Unicelular flagelado
<i>Chlamydomonas sordida</i> Ettl*	27,30	Unicelular flagelado
<i>Chlamydomonas</i> sp1.	---	Unicelular flagelado
<i>Chlamydomonas</i> sp2.	---	Unicelular flagelado
<i>Chlamydomonas typha</i>	---	Unicelular flagelado
<b>Chrysophyceae</b>		
<i>Dinobryon bavaricum</i> Imhof***	141,00	Unicelular flagelado
<i>Dinobryon divergens</i> Imhof	93,00	Unicelular flagelado
<i>Dinobryon korshikovii</i> Matvienko ex Kapustin	134,17	Unicelular flagelado
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg**	512,80	Unicelular flagelado
<i>Mallomonas elongata</i> Reverdin	4.735,95	Unicelular flagelado
<i>Mallomonas helvetica</i> Pascher	---	Unicelular flagelado
<i>Mallomonas matvienkoae</i> Asmund & Kristiansen	1.235,43	Unicelular flagelado
<i>Mallomonas monograptus</i> Harris & Bradley	1.800,39	Unicelular flagelado

<i>Mallomonas paludosa</i> Fott	983,58	Unicelular flagelado
<i>Mallomonas</i> sp.	---	Unicelular flagelado
<i>Mallomonas splendens</i> (West) Playfair	737,96	Unicelular flagelado
<i>Mallomonas tonsurata</i> Teiling*	763,40	Unicelular flagelado
<b>Cryptophyceae</b>		
<i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bicudo & Bicudo*	550,80	Unicelular flagelado
<i>Cryptomonas curvata</i> Ehrenberg*	8.225,90	Unicelular flagelado
<i>Cryptomonas cylindrica</i> Ehrenberg**	4.547,00	Unicelular flagelado
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg*	1.441,10	Unicelular flagelado
<i>Cryptomonas lobata</i> Korshikov	763,41	Unicelular flagelado
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja*	672,00	Unicelular flagelado
<i>Cryptomonas obovata</i> Czosnowski*	452,10	Unicelular flagelado
<i>Cryptomonas parapyrenoidifera</i> Skuja	921,67	Unicelular flagelado
<i>Cryptomonas phaseolus</i> Skuja*	272,20	Unicelular flagelado
<i>Cryptomonas pyrenoidifera</i> Geitler	405,53	Unicelular flagelado
<i>Cryptomonas</i> sp.	---	Unicelular flagelado
<i>Cryptomonas tetrapyrenoidosa</i> Skuja*	2.732,00	Unicelular flagelado
<i>Cryptomonas borealis</i> Skuja	6.520,52	Unicelular flagelado
<i>Cryptomonas obovoidea</i> Pascher	1.360,57	Unicelular flagelado
<i>Pseudocryptomonas</i> sp1.	---	Unicelular flagelado
<i>Pseudocryptomonas</i> sp2.	---	Unicelular flagelado
<i>Cryptomonas sucylindrica</i> Ehrenberg	12.357,20	Unicelular flagelado
<i>Rhodomonas lacustris</i> Pascher & Ruttner*	216,00	Unicelular flagelado
<b>Cyanobacteria</b>		
<i>Aphanizomenon flexuosum</i> Komárek & Kováčik	1.763,64	Filamentoso
<i>Aphanocapsa annulata</i> McGregor	842,32	Colonial
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West & West*	41,00	Colonial
<i>Aphanocapsa elachista</i> West & West*	303,90	Colonial
<i>Aphanocapsa</i> sp.	---	Colonial
<i>Anathece</i> cf. <i>smithii</i> (Komárková-Legnerová & Cronberg) Komárek, Kastovsky & Jezberová*	73,20	Colonial
<i>Artospira</i> sp.	---	Filamentoso
<i>Coelosphaerium evidenter-marginatum</i> Azevedo & Sant'Anna*	44.602,30	Colonial
<i>Coelosphaerium minutissimum</i> Lemmermann*	15,70	Colonial
<i>Eucapsis</i> cf. <i>aphanocapsoides</i> (Skuja) Komárek & Hindák	41,00	Colonial
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann**	523,20	Colonial
<i>Eucapsis microscopica</i> (Komárková-Legnerová & Cronberg) Komárek & Hindák	23,89	Colonial
<i>Chroococcus minimus</i> (Keissler) Lemmermann*	109,80	Unicelular
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	120,48	Unicelular
<i>Chroococcus</i> sp.	---	Unicelular
<i>Cyanogranis ferruginea</i> (Wawrik) Hindák ex Hindák	21,21	Colonial
<i>Dolichospermum planctonicum</i> (Brunnthaller) Wacklin, Hoffm & Komárek*	28.686,10	Filamentoso
<i>Dolichospermum solitarium</i> (Klebahn) Wacklin, Hoffmann & Komárek	13.341,29	Filamentoso
<i>Epigloeosphaera brasílica</i> Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková**	441,00	Colonial
<i>Geitlerinema splendidum</i> (Greville ex Gomont) Anagnostidis*	129,70	Filamentoso
<i>Leptolyngbya</i> sp.	---	Filamentoso
<i>Merismopedia</i> cf. <i>tenuissima</i> Lemmermann*	78,80	Unicelular
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing**	45.266,10	Colonial
<i>Sphaerocavum brasiliense</i> Azevedo & Sant'Anna	14.162,70	Colonial
<i>Microcystis protocystis</i> Crow*	6.986,00	Colonial
<i>Pseudanabaena galeata</i> Böcher*	630,50	Filamentoso
<i>Synechococcus elongatus</i> (Nägeli) Nägeli	172,20	Colonial
<i>Synechococcus</i> cf. <i>nidulans</i> (Pringsheim) Komárek*	6,20	Unicelular

<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauvageau*	32,70	Unicelular
<b>Euglenophyceae</b>		
<i>Euglena polymorpha</i> Dangeard*	1.782,30	Unicelular flagelado
<i>Lepocinclis acus</i> (O.F. Müller) Marin & Melkonian*	11.297,30	Unicelular flagelado
<i>Phacus acuminatus</i> Stokes*	607,10	Unicelular flagelado
<i>Phacus pleuronectes</i> (O.F. Müller) Nitzsch ex Dujardin*	2.957,00	Unicelular flagelado
<i>Phacus cf. alatus</i> Klebs	2.500,22	Unicelular flagelado
<i>Trachelomonas armata</i> (Ehrenberg) Stein*	21.197,10	Unicelular flagelado
<i>Trachelomonas cf. caudata</i> (Ehrenberg) Stein	2.616,66	Unicelular flagelado
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein*	7.054,10	Unicelular flagelado
<i>Trachelomonas intermedia</i> Dangeard	5.772,68	Unicelular flagelado
<i>Trachelomonas kelloggii</i> Skvortzov*	16.463,30	Unicelular flagelado
<i>Trachelomonas lacustris</i> Drezepolski*	2.127,10	Unicelular flagelado
<i>Trachelomonas magdaleniana</i> Deflandre	314,00	Unicelular flagelado
<i>Trachelomonas cf. oblonga</i> Lemmermann	432,60	Unicelular flagelado
<i>Trachelomonas</i> sp.	---	Unicelular flagelado
<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg*	1.015,30	Unicelular flagelado
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Svirenko*	1.912,30	Unicelular flagelado
<i>Trachelomonas woycickii</i> Koczwara	2.641,14	Unicelular flagelado
<b>Xanthophyceae</b>		
<i>Peridinium</i> sp.	---	Unicelular flagelado
<b>Total de Dinophyceae</b>		
<i>Centrtractus belenosporus</i> (W. Schmidle) Lemmermann*	1.152,70	Unicelular
<i>Isthmochlorom lobulatum</i> (Nägeli) Skuja*	4.999,30	Unicelular
<i>Tetraplekton laevis</i> (Bourrelly) Ettl*	6.510,10	Unicelular
<i>Tetraplektron torsum</i> (Turner) Dedusenko-Shchegoleva	1.933,88	Unicelular
<b>Prasinophyceae</b>		
<i>Pedinomonas minutissima</i> Skuja*	18,80	Unicelular flagelado
<i>Ophiocytium capitatum</i> Wolle*	282,70	Unicelular
<b>Zygnemaphyceae</b>		
<i>Euastrum</i> sp.	---	Unicelular
<i>Closterium acutum</i> Brébisson**	430,30	Unicelular
<i>Cosmarium cf. subtumidum</i> Nordstedt	904,80	Unicelular
<i>Cosmarium</i> sp1.	---	Unicelular
<i>Cosmarium</i> sp2.	---	Unicelular
<i>Cosmarium</i> sp3.	---	Colonial
<i>Cosmocladium saxonicum</i> De Bary**	36.633,30	Unicelular
<i>Staurastrum leptocladum</i> Johnson**	14.678,60	Unicelular
<i>Stauroidesmus cf. cuspidatus</i> (Brébisson) Teiling**	2.769,70	Unicelular
<i>Stauroidesmus incus</i> (Hassal ex Ralfs) Teiling*	109,40	Unicelular
<i>Stauroidesmus triangularis</i> (Lagerheim) Teiling	12,04	Unicelular
<i>Mougeotia</i> sp.	1.931,00	Unicelular

\*Fonseca *et al.* (2014); \*\* Rosini (2015); \*\*\*Osti (2013); \*\*\*\* INAG (2011).