



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

Ciências Ambientais

LARISSA GONÇALVES SANTOS

**O FITOPLÂNCTON COMO DISCRIMINADOR AMBIENTAL DOS
RESERVATÓRIOS DO SISTEMA CANTAREIRA (SP)**

Sorocaba
2016

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*



unesp
Sorocaba

LARISSA GONÇALVES SANTOS

**O FITOPLÂNCTON COMO DISCRIMINADOR AMBIENTAL DOS
RESERVATÓRIOS DO SISTEMA CANTAREIRA (SP)**

Dissertação de mestrado apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” na Área de Recursos hídricos, manejo e monitoramento ambiental.

Orientador: Prof. Dr^a. Viviane Moschini Carlos

Sorocaba

2016

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Unesp Instituto
de Ciência e Tecnologia – Câmpus de Sorocaba

Santos, Larissa Gonçalves.

O fitoplâncton como discriminador ambiental dos reservatórios
do Sistema Cantareira (SP) / Larissa Gonçalves Santos, 2016.

128 f.: il.

Orientador: Viviane Moschini Carlos.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia
(Câmpus de Sorocaba), 2016.

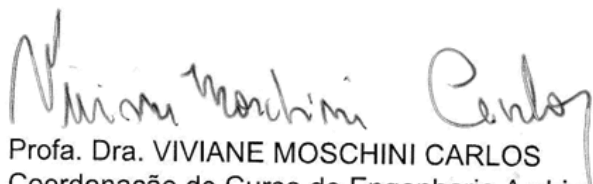
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: O fitoplancton como discriminador ambiental dos reservatórios do Sistema Cantareira (SP).

AUTORA: LARISSA GONÇALVES SANTOS

ORIENTADORA: VIVIANE MOSCHINI CARLOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental, pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. VIVIANE MOSCHINI CARLOS

Coordenação de Curso de Engenharia Ambiental - ICTS/ UNESP / UNESP-Sorocaba



Prof. Dr. ALBANO GERALDO EMÍLIO MAGRIN

Departamento de Biologia / UFSCar - Universidade Federal de São Carlos / Sorocaba



PROFESSOR ADJUNTO ANDRÉ CORDEIRO ALVES DOS SANTOS

Departamento de Diversidade e Conservação / UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Sorocaba, 09 de maio de 2016

Dedico,

a minha querida e amada família e aos meus amigos
verdadeiros!

*“Se você tem metas para um ano, plante arroz
Se você tem metas para 10 anos, plante uma árvore
Se você tem metas para 100 anos, então eduque uma criança
Se você tem metas para 1000 anos, então preserve o meio ambiente.”*

Confúcio

AGRADECIMENTOS

Neste espaço, gostaria de expressar minha gratidão a todos que colaboraram para a realização desta etapa.

Primeiramente a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada e por ter me dado pais que apesar de tudo, de todas as dificuldades e de todos os contratempos sempre me incentivaram e despertaram em mim o interesse pelos estudos, mesmo sendo básico, mas foi fundamental para que eu me transformasse no que eu sou hoje e visse o mundo com um olhar diferente. Por eles terem me ensinado sempre os caminhos corretos para lutar pelos meus objetivos e alcançá-los com dignidade e humildade.

Aos meus irmãos (Samuel e Dominique) e familiares em geral que sempre torceram para que meus objetivos fossem alcançados e concretizados com sucesso.

A todos os professores que de alguma forma contribuíram para o meu amadurecimento acadêmico, pessoal e profissional, e em especial a minha professora e orientadora Dr^a Viviane Moschini Carlos, pela paciência, compreensão, apoio e alento no amadurecimento dos meus conhecimentos e conceitos que me levaram a execução e conclusão dessa dissertação.

As técnicas dos laboratórios de biologia, solos e informática (Letícia, Sandra, Suzan e Giovana), a UNESP - Campus Experimental de Sorocaba, pela infra-estrutura e recursos oferecidos para a realização deste trabalho e a FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisas do Estado de São Paulo).

Ao Departamento do curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (docentes e funcionários, em especial a secretária Eva de Sousa Rodrigues e ao professor Leonardo Fraceto).

A todos do laboratório de Ecologia/Limnologia do Instituto de Biociências da USP, pelas análises limnológicas, em especial ao professor Dr. Marcelo Luiz Martins Pompêo, ao professor Dr. Julio Cesar López-Doval e a mestrandia Angela Lucia Pantoja Matta.

Agradeço também a banca de qualificação e de defesa, Prof. Dr. Gerson Medeiros com suas sugestões na parte de uso e ocupação do solo, ao Prof. Dr. Albano Magrin com ótimas contribuições na parte biótica (comunidade fitoplanctônica) e ao Prof. Dr. André Cordeiro.

Aos meus amigos(as) Renata, Henriette e Paulo, que mesmo estando longe, sempre me enviam mensagens positivas, alegrando os meus dias e em especial ao meu companheiro Pietro (π), pela paciência, dedicação, amor e ajuda nas traduções dos artigos em inglês.

Obrigada a todos aqueles que estiveram ao meu lado em todos os momentos, aos colegas e amigos de laboratório e Pós-Graduação:

Leila, obrigada primeiramente pela amizade que construímos nesta jornada, pelo apoio, atenção, paciência e tantas outras coisas que foi aparecendo neste mestrado e você me socorria;

Sheila, grande Doutora, pessoa maravilhosa, coração enorme, muito obrigada por todo apoio que me deu quando mais precisei e pela horas perdidas para ouvir minhas reclamações..rsrs;

Fred, muito obrigada pelos conhecimentos repassados, pela paciência em sanar minhas dúvidas, principalmente em estatística.

Bruno e Angela, obrigada pelos compartilhamentos de planilhas, conteúdos de pesquisas e explicações no geral.

Vivian, Lêda, Fabíola, Sabrina, Ariane e Dani, pessoas maravilhosas, de alma rica e transparente, obrigada pelos conselhos, apoio, e altos papos descontraídos.

E muito obrigada a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito...” (Chico Xavier).

APRESENTAÇÃO

Os resultados dessa Dissertação são frutos dos seguintes projetos de pesquisa: *“Descritores de trofia de uma série de reservatórios no Sistema Cantareira (São Paulo, SP)”* Projeto Regular de Pesquisa – FAPESP (Proc. 2013/08272-0). Coordenadora: Profa. Dra. Viviane Moschini Carlos e *"Contaminação por metais pesados no sedimento de reservatórios do Sistema Cantareira (São Paulo): perspectiva ou realidade?"* Projeto Regular de Pesquisa – FAPESP (Proc. 2012/11890-4). Coordenador: Prof. Dr. Marcelo L. M. Pompêo (Depto. De Ecologia, IB, USP). Vigência: outubro de 2012 a setembro de 2014.

Durante a etapa de coleta do projeto base foram realizadas um total de 38 amostragens, em 19 estações de coletas, nos períodos de maio/junho e em novembro/dezembro no ano de 2013, em cinco reservatórios do Sistema Cantareira nos compartimentos água e sedimento. Os reservatórios/estações amostrados foram: Jaguari (rio - R, saída Jacaré – E e barragem - D), Jacaré (rio - R, canal 7 – C7, central - C), Cachoeirinha (rio - R, canal 6 – C6, canal 7 – C7, central – C e barragem - D), Atibainha (rio - R, canal 5 – C5, canal 6 – C6, central - C e barragem - D) e Paiva Castro (rio - R, canal - C e barragem - D).

As coletas das amostras de água, do sedimento e dos organismos nos reservatórios e as análises das variáveis físicas, químicas e biológicas da água são resultados dos projetos mencionados. As análises das variáveis físicas, químicas e biológicas da água foram realizadas no laboratório de Limnologia, Depto. de Ecologia, USP e utilizados nos trabalhos dos Pós-graduandos. Na presente Dissertação foram realizadas as análises qualitativas e quantitativas na comunidade fitoplanctônica no laboratório de Limnologia da UNESP, ICT, Sorocaba.

SANTOS, L. G. **O fitoplâncton como discriminador ambiental dos reservatórios do Sistema Cantareira (SP)**. Sorocaba-SP; 2016. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais – Câmpus Experimental de Sorocaba, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2016.

RESUMO

O Sistema Cantareira é um multissistema responsável pelo abastecimento de aproximadamente 55% da população da região metropolitana de São Paulo, atuando diretamente no desenvolvimento econômico e regional. Devido aos diversos tipos de impactos gerados pelas ações antrópicas, o processo denominado de eutrofização, contribui para o aumento da degradação e perda da qualidade da água. Contudo, estudos através da identificação do fitoplâncton pelos traços funcionais têm contribuído cada vez mais dentro da ecologia, principalmente como ferramenta bioindicadora no monitoramento dos ecossistemas aquáticos. Dessa forma, essa pesquisa tem como objetivo principal caracterizar e comparar sazonalmente as massas de água, do ponto de vista do estado trófico e verificar se há uma distribuição espacial horizontal da comunidade fitoplanctônica ao longo de um eixo longitudinal em cada reservatório e entre os reservatórios utilizando o fitoplâncton como ferramenta de predição ambiental. As coletas foram realizadas em maio/junho (período seco) e em novembro/dezembro (período chuvoso) no ano de 2013, nos reservatórios Jaguari-Jacaré, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro. As análises incluíram variáveis físicas, químicas e clorofila-a da água, bem como análises qualitativas e quantitativas da comunidade fitoplanctônica. Em relação ao estado trófico o reservatório Jaguari nos dois períodos de coleta apresentou alto grau de trofia, exibindo maiores sinais de degradação da qualidade da água, com elevados teores de nitrato, amônio e clorofila-a, no sentido rio/barragem, oscilando de supereutrófico a mesotrófico, e os reservatórios a jusante variaram de mesotrófico a oligotrófico. Foi registrado 252 táxons, distribuídos em 15 classes taxonômicas, sendo as classes Chlorophyceae, Cyanophyceae e Bacillariophyceae, as que mais contribuíram para a riqueza, nos dois períodos de coleta. A densidade algal máxima ocorreu no período chuvoso, com maiores valores no reservatório Jaguari ($3.860,970 \text{ ind.ml}^{-1}$) e com maior abundância da classe Cyanophyceae ($2.966,832 \text{ ind.ml}^{-1}$), porém os menores valores ocorreram no Paiva Castro ($212.208 \text{ ind.ml}^{-1}$). O reservatório Atibainha (ponto rio), no período chuvoso, registrou alta diversidade e baixa dominância, já o reservatório Jaguari (barragem) no período seco, apresentou baixa diversidade e alta dominância da espécie invasora *Ceratium furcoides*. Através da análise de cluster (presença/ausência), observou-se a divisão de dois grandes grupos e pelo índice de Jaccard verificou-se que as comunidades são taxonomicamente diferentes. As maiores contribuições da biomassa foi no reservatório Jaguari nos dois períodos sazonais, sendo que na seca a espécie *Ceratium furcoides* foi a que mais contribuiu sobre a biomassa específica e no período chuvoso foi a espécie *Aphanizomenon gracile*. Com análise de similaridade (ANOSIM) foi possível verificar a heterogeneidade na escala espacial e sazonal, comprovando uma diferença significativa na composição de espécies entre os períodos e entre os reservatórios. E através das análises de correspondência canônica, observou-se que tanto as classes taxonômicas, grupos funcionais segundo Reynolds et al. (2002)/ Padisák et al. (2009) e grupos funcionais baseado na morfologia segundo Kruk et al. (2010), relacionaram-se significativamente entre as variáveis ambientais, apresentando um gradiente longitudinal entre os reservatórios em relação a trofia. Conclui-se que por mais que os agrupamentos taxonômicos e funcionais são ótimas ferramentas para o biomonitoramento, ainda é necessário a utilização de outros meios para complementar de forma eficiente um contínuo monitoramento desses reservatórios e aplicar de forma adequada planos de manejo sustentáveis para uma melhor gestão das bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Fitoplâncton. Estado Trófico. Grupos Funcionais. Reservatórios.

SANTOS, L. G. **Phytoplankton as environmental discriminator of the Cantareira System reservoirs (SP)**. Sorocaba-SP; 2016. 128 f. Dissertation (Master in Environmental Sciences - Campus Experimental de Sorocaba, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2016.

ABSTRACT

Cantareira System is a multi-system responsible for supplying approximately 55% of the population of the metropolitan region of São Paulo, acting directly in the economic and regional development. Due to the different types of impacts of human activities, the process called eutrophication, contribute to increased degradation and loss of water quality. However, studies by identifying the phytoplankton by functional traits has contributed increasingly in ecology, mainly as a bioindicator tool in monitoring of aquatic ecosystems. Thus, this research aims to characterize and seasonally compare the water bodies, from the point of view of the trophic state and check for horizontal spatial distribution of phytoplankton along a longitudinal axis in each reservoir and from the reservoir using phytoplankton as environmental prediction tool. Samples were collected in May/June (dry season) and in November/December (rainy season) in 2013, in Jaguari-Jacarei reservoirs, Cachoeira, Atibainha and Paiva Castro. The analysis included physical, chemical and chlorophyll to the water, as well as qualitative and quantitative analysis of the phytoplankton community. In relation to trophic state the Jaguari reservoir in the two collection periods presented high degree of hypertrophy, showing major signs of degradation of water quality, with high levels of nitrate, ammonium and chlorophyll-a, towards the river/dam, ranging from super eutrophic to mesotrophic and downstream reservoirs ranged from mesotrophic to oligotrophic. Was recorded 252 taxa, distributed in 15 taxonomic classes, and the classes Chlorophyceae, Cyanobacteria and Bacillariophyceae, contributed the most to wealth, the two collection periods. The maximum algal density occurred in the rainy season, with higher values in Jaguari reservoir ($3.860.970 \text{ ind.ml}^{-1}$) and greater abundance of cyanobacteria class ($2.966.832 \text{ ind.ml}^{-1}$), but smaller values occurred in the Paiva Castro ($212.207 \text{ ind.ml}^{-1}$). The Atibainha reservoir (river point) in the rainy season, recorded high diversity and low dominance, since the Jaguari reservoir (dam) in the dry season, showed low diversity and high dominance of invasive *Ceratium furcoides* species. Through cluster analysis (presence / absence), there was the division of two groups and the Jaccard index was found that the community are taxonomically different. The major contributions of biomass was in Jaguari reservoir in two seasonal periods, and in the dry species *Ceratium furcoides* was the most contributed on the specific biomass and the rainy season was the species *Aphanizomenon gracile*. By similarity analysis (ANOSIM) observed heterogeneity in spatial and seasonal scale, showing a significant difference in species composition between periods and between the reservoirs. And through canonical correlation analysis, it was observed that both the taxonomic class, functional groups according to Reynolds et al. (2002)/Padisák et al. (2009) and functional groups based on morphology second Kruk et al. (2010), related significantly between environmental variables, with a longitudinal gradient between the reservoirs in relation to trophic. It is concluded that while the taxonomic and functional grouping are great tools for biomonitoring, one is still required use of other means to complement efficiently a continuous monitoring of these reservoirs and to adequately apply sustainable management plans for better management watershed.

Keywords: Phytoplankton. Trophic State. Functional Groups. Reservoirs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema com os principais compartimentos e vetores de fluxos e trocas entre os compartimentos de reservatórios	19
Figura 2 - Mapa representativo dos reservatórios do Sistema Cantareira – Região Metropolitana de São Paulo.....	28
Figura 3 - Caracterização e identificação dos pontos de amostragem.....	32
Figura 4 - Dados pluviométricos do Sistema Cantareira no ano de 2013	40
Figura 5 - Valores da temperatura da água e condutividade elétrica.....	41
Figura 6 - Valores do disco de secchi, profundidade máxima e zona eufótica	43
Figura 7 - Valores de pH e oxigênio dissolvido nos reservatórios do Sistema Cantareira, de acordo com os períodos sazonais (seca e chuva).....	45
Figura 8 - Valores de sólidos em suspensão, frações orgânicas e inorgânicas nos reservatórios do Sistema Cantareira, de acordo com os períodos sazonais (seco e chuvoso)	47
Figura 9 - Valores de fósforo total nos reservatórios do Sistema Cantareira, de acordo com os períodos sazonais (seca e chuva)	48
Figura 10 - Valores de nitrogênio inorgânico dissolvido e amônio, nos reservatórios do Sistema Cantareira, de acordo com os períodos sazonais (seca e chuva).....	50
Figura 11 - Valores de nitrato e nitrito, nos reservatórios do Sistema Cantareira, de acordo com os períodos sazonais (seca e chuva).....	51
Figura 12 - Valores das variáveis bióticas, clorofila-a, feofitina e Índice de Estado Trófico, nos reservatórios do Sistema Cantareira, de acordo com os períodos sazonais (seca e chuva)	54
Figura 13 - Análise de agrupamento (cluster) a partir da matriz de dados bióticos (abundância relativa da densidade fitoplanctônica) nos pontos de amostragem dos reservatórios do Sistema Cantareira, nos dois períodos sazonais (seco e chuvoso)	64
Figura 14 - Dendrograma de similaridade entre os pontos de amostragens dos reservatórios do Sistema Cantareira realizado a partir da matriz de dados bióticos (presença/ausência), nos dois períodos sazonais (seco e chuvoso), pelo método de agrupamento completo e o uso do coeficiente de similaridade de Jaccard.....	67

Figura 15 - Riqueza total de táxons fitoplanctônicos de acordo com os pontos de coleta e períodos sazonais dos reservatórios do Sistema Cantareira	68
Figura 16 - Riqueza de táxons de fitoplâncton por classes no período seco (maio/junho de 2013) e no período chuvoso (novembro/dezembro de 2013) nos 19 pontos de coletas dos reservatórios do Sistema Cantareira	70
Figura 17 - Contribuição taxonômica da densidade por classes no período seco - (maio/junho de 2013) nos reservatórios do Sistema Cantareira.....	73
Figura 18 - Contribuição taxonômica da densidade por classes no chuvoso (novembro/dezembro de 2013) nos reservatórios do Sistema Cantareira	74
Figura 19 - Valores dos índices de diversidade, equitabilidade e dominância, em relação aos períodos de coletas nos meses de maio/ junho (período seco) e novembro/ dezembro (período chuvoso), nos reservatórios do Sistema Cantareira	77
Figura 20 - Contribuição relativa da biomassa fitoplanctônica por classe taxonômica no período seco (maio/junho de 2013) referente aos reservatórios e pontos de amostragem do Sistema Cantareira.....	82
Figura 21 - Contribuição relativa da biomassa fitoplanctônica por classe taxonômica no período chuvoso (novembro/dezembro de 2013), referente aos reservatórios e pontos de amostragem do Sistema Cantareira	83
Figura 22 - Análise de Correspondência Canônica dos pontos de amostragem nos reservatórios do Sistema Cantareira a partir de 8 variáveis ambientais e 14 variáveis biológicas (biomassa das classes taxonômicas do fitoplâncton), durante o período seco (maio/junho de 2013). Variáveis ambientais: Zeu (zona eufótica); pH (potencial hidrogeniônico); DIN (nitrogênio inorgânico dissolvido); TP (fósforo total); Chla (clorofila-a); SS (sólidos em suspensão); %SSI (frações de sólidos inorgânicos) e EC (condutividade elétrica)	92
Figura 23 - Análise de Correspondência Canônica dos pontos de amostragem nos reservatórios do Sistema Cantareira a partir de 8 variáveis ambientais e 15 variáveis biológicas (biomassa das classes taxonômicas do fitoplâncton), durante o período chuvoso (novembro/dezembro de 2013). Variáveis ambientais: Zeu (zona eufótica); pH (potencial hidrogeniônico); OD (oxigênio dissolvido); DIN (nitrogênio inorgânico dissolvido); TP (fósforo total); Chla (clorofilas-a); SS (sólidos em suspensão) e %SSO (frações de sólidos orgânicos)	93

Figura 24 – Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canônica dos pontos de amostragem nos reservatórios do Sistema Cantareira a partir de 8 variáveis ambientais e 11 variáveis biológicas (grupos funcionais – C, E, F, J, K, Lo, M, N, P, X2 e Y), durante o período seco (maio/junho de 2013). Variáveis ambientais: pH (potencial hidrogeniônico); DIN (nitrogênio inorgânico dissolvido); TP (fósforo total); Chla (clorofila-a); SS (sólidos em suspensão); %SSI (frações de sólidos inorgânicos); CE (condutividade elétrica) e Zeu (zona eufótica).....**99**

Figura 25 - Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canônica dos pontos de amostragem nos reservatórios do Sistema Cantareira a partir de 8 variáveis ambientais e 14 variáveis bióticas (grupos funcionais – A, B, C, E, F, H1, J, K, Lo, N, P, X2, Y e W2), durante o período chuvoso (novembro/dezembro de 2013). Variáveis ambientais: Zeu (zona eufótica); DIN (nitrogênio inorgânico dissolvido); TP (fósforo total); Chla (clorofila-a); SS (sólidos em suspensão); %SSO (frações de sólidos orgânicos); OD (oxigênio dissolvido) e T (temperatura).....**100**

Figura 26 - Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canônica dos pontos de amostragem nos reservatórios do Sistema Cantareira a partir de 6 variáveis abióticas e 6 variáveis bióticas (GBMF–I, II, IV, V, VI e VII), durante o período seco (maio/junho de 2013). Variáveis ambientais: DIN (nitrogênio inorgânico dissolvido); TP (fósforo total); Chla (clorofila-a); SS (sólidos em suspensão); %SSO (fração de sólidos orgânicos) e EC (condutividade elétrica).....**104**

Figura 27 - Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canônica dos pontos de amostragem nos reservatórios do Sistema Cantareira a partir de 7 variáveis abióticas e 7 variáveis bióticas (GBMF–I, II, III, IV, V, VI e VII), durante o período chuvoso (novembro/dezembro de 2013). Variáveis ambientais: Zeu (zona eufótica); DIN (nitrogênio inorgânico dissolvido); TP (fósforo total); SS (sólidos em suspensão); EC (condutividade elétrica); T (temperatura) e Chla (clorofila- a).....**105**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição das categorias de uso do solo por bacias formadoras do Sistema Cantareira, em 2003.....	30
Tabela 2 - Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem nos reservatórios do Sistema Cantareira.....	31
Tabela 3 – Informações das características morfométricas e hidrodinâmicas do Sistema Cantareira.....	33
Tabela 4 - Variáveis e metodologias empregadas na análise da água.....	34
Tabela 5 - Índice do estado trófico de lagos e reservatórios.....	36
Tabela 6 - Presença dos táxons fitoplanctônicos nos Reservatórios do Sistema Cantareira: Jaguari (JG), Jacaré (JC), Cachoeira (CA), Atibainha (AT) e Paiva Castro (PC).....	56
Tabela 7 - Lista de espécies descritoras fitoplanctônicas com biomassa relativa > 5% e os respectivos grupos funcionais (GF) de acordo com Reynolds et al. (2002)/Padisák et al. (2009) e grupos funcionais baseados em morfologias (GFBMs) de Kruk et al. (2010), nos reservatórios do Sistema Cantareira, nos meses de maio/junho de 2013 (período seco).....	84
Tabela 8 - Lista de espécies descritoras fitoplanctônicas com biomassa relativa > 5% e os respectivos Grupos Funcionais (GF) de acordo com Reynolds et al. (2002)/Padisák et al. (2009) e Grupos Funcionais Baseados em Morfologias (GFBMs) de Kruk et al. (2010), nos reservatórios do Sistema Cantareira, nos meses de novembro/dezembro de 2013 (período chuvoso).....	86
Tabela 9 - Síntese dos resultados da análise de correspondência canônica baseada nas variáveis ambientais e biomassa da comunidade fitoplanctônica nos dois período sazonais de coletas nos reservatórios do Sistema Cantareira.....	91
Tabela 10 - Síntese dos resultados da análise de correspondência canônica baseada nas variáveis ambientais e grupos funcionais de Reynolds et al. (2002) da comunidade fitoplanctônica nos dois período sazonais de coletas nos reservatórios do Sistema Cantareira.....	98
Tabela 11 - Síntese dos resultados da análise de correspondência canônica baseada nas variáveis ambientais e grupos funcionais baseados na morfologia (KRUK et al., 2010) da comunidade fitoplanctônica nos dois período sazonais de coletas nos reservatórios do Sistema Cantareira.....	103

Tabela 12 - Valores de Médias ($\bar{X}$), Desvio Padrão (**S**), Mínimos (min.), Máximos (max.) e Coeficiente de Variação (CV) das variáveis físicas e químicas aferidas nos reservatórios do Sistema Cantareira nos meses de maio/junho 2013.....**127**

Tabela 13 - Valores de Médias ($\bar{X}$), Desvio Padrão (**S**), Mínimos (min.), Máximos (max.) e Coeficiente de Variação (CV) das variáveis físicas e químicas aferidas nos reservatórios do Sistema Cantareira nos meses de novembro/dezembro 2013.....**128**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO/REVISÃO TEÓRICA	18
1.1. CARACTERIZAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS.....	18
1.2. EUTROFIZAÇÃO.....	20
1.3. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA.....	21
1.4. ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS E GRUPOS FUNCIONAIS.....	22
2. JUSTIFICATIVA	25
3. OBJETIVOS.....	26
3.1. GERAL.....	26
3.2. ESPECÍFICOS.....	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	27
4.2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	29
4.3. METODOLOGIAS DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....	30
4.4. DADOS MORFOMÉTRICOS E HIDRODINÂMICOS.....	32
4.5. VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS – PLUVIOMETRIA.....	33
4.6. VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS.....	33
4.7. DETERMINAÇÃO DA CLOROFILA-A E FEOFITINA.....	34
4.8. COLETAS E ANÁLISE DO FITOPLÂNCTON.....	34
4.9. ANÁLISE NUMÉRICA DOS DADOS.....	35
4.9.1. Índices Ecológicos.....	35
4.9.2. Análises estatísticas.....	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
5.1. VARIÁVEIS PLUVIOMÉTRICAS.....	40
5.2. VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS ABIÓTICAS E BIÓTICAS DA ÁGUA.....	41
5.2.1. Variáveis físicas, químicas e biológicas.....	41
5.2.2. Composição da comunidade fitoplanctônica.....	55
5.2.3. Heterogeneidade espacial da comunidade fitoplanctônica.....	63
5.2.4. Análise de agrupamento – Cluster.....	65
5.2.5. Riqueza e Densidade.....	68
5.2.6. Índices de diversidade, equitabilidade e dominância.....	75
5.2.7. Contribuição da biomassa por classes fitoplanctônicas	78
5.2.8. Análise de correspondência canônica das variáveis abióticas e bióticas	89
5.2.9. Grupos Funcionais	94
6. CONCLUSÕES.....	106
REFERÊNCIAS	108
APÊNDICE	126

1. INTRODUÇÃO/REVISÃO TEÓRICA

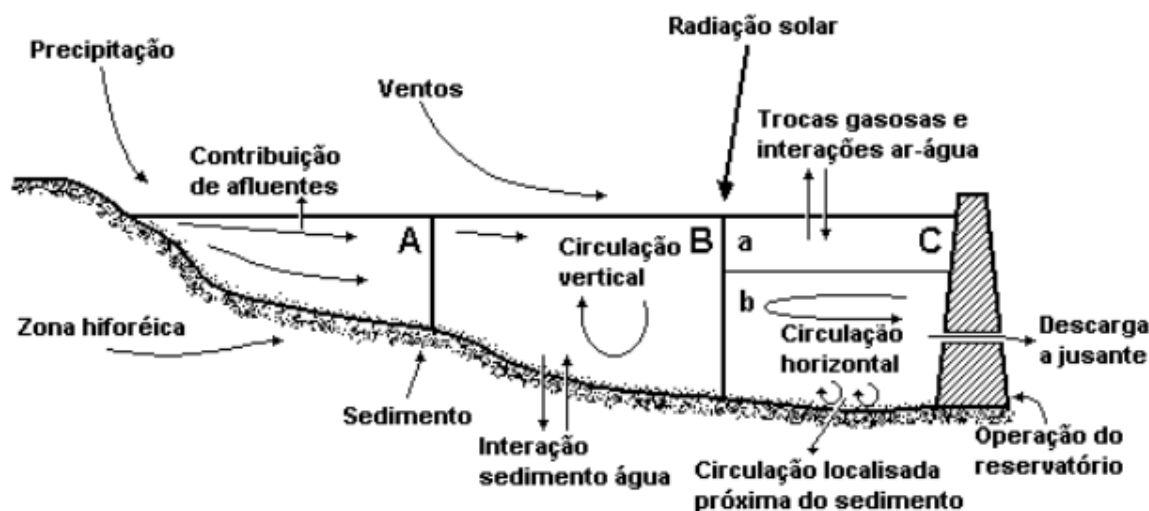
1.1. Caracterização dos reservatórios

Os reservatórios também conhecidos como represas, são considerados corpos de água semifechados com características de rios e lagos, tendo grande importância social e econômica (HENRY et al., 1998), uma vez que são construídos com a finalidade de promover múltiplos usos, como por exemplo: atender à demanda da irrigação na agricultura, o abastecimento de água para a população, a geração de energia, além de outras atividades de recreação, pesca e turismo (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Devido as construções de barragens, a dinâmica do sistema aquático modifica-se, passando de sistema lótico para lêntico e/ou semi-lêntico, alterando a velocidade da corrente e dividindo o gradiente longitudinal do corpo de água em três zonas distintas (rio, transição e lago), com características físicas, químicas e biológicas únicas (THORNTON et al., 1990).

- A zona de rio e/ou fluvial possui características semelhantes a ambientes lóticos, é relativamente estreita e em forma de canal, apresenta altos valores de turbidez, devido à elevada entrada alóctone de matéria orgânica e materiais em suspensão, que por fim, acaba interferindo na incidência de luz, e limitando o crescimento dos produtores primários (fitoplâncton). A velocidade e renovação da água são relativamente rápidas e o tempo de residência é muito baixo. Contudo, as concentrações de nutrientes, principalmente fósforo, são elevadas e frequentemente o estado trófico dessa zona é caracterizado como eutrófico;
- Na zona de transição e/ou intermediária apresenta estrutura mais larga e profunda, e é considerada a de maior produção fitoplanctônica, pois além de receber nutrientes vindos da zona de rio, a velocidade e renovação de água são mais baixas, promovendo assim uma maior sedimentação das partículas, menores valores de turbidez e consequentemente uma ampliação da zona eufótica, podendo haver um aumento relativo da produção de matéria orgânica de origem autóctone. O estado trófico geralmente é caracterizado como mesotrófico;
- A zona lacustre e/ou de lago apresenta funcionamento semelhante aos lagos, é mais extensa, profunda e com característica de um ambiente lêntico, onde a velocidade e a renovação da água são muito baixas e o tempo de residência é elevado, com baixa sedimentação de partículas inorgânicas e suficiente penetração da luz promovendo a produção primária, também pode apresentar-se estratificada. O estado trófico da zona lacustre é muitas vezes identificado como um compartimento oligotrófico. De acordo com a Figura 1, podem-se observar as distinções das três zonas.

Figura 1 - Esquema com os principais compartimentos e vetores de fluxos e trocas entre os compartimentos de reservatórios



Fonte: adaptado de Tundisi, 1999.

Legenda: (A) Zona fluvial; (B) Zona intermediária; (C) Zona lacustre; (a) epilímnion e (b) hipolímnion.

As regiões limnética e litorânea acabam se diferenciando horizontalmente, sendo que a primeira região (limnética), representa a área mais central do reservatório, com maior profundidade, aumento dos movimentos e mistura das massas de água, e consequentemente maior velocidade da vazão. Já a região litorânea, encontra-se diretamente em contato com o meio terrestre, com características de sistema lântico, porém com grande quantidade de nichos ecológicos, onde as atividades de produção primária são intensas (ESTEVES, 1998).

De um modo geral, os reservatórios estão submetidos a complexas funções de forças naturais e artificiais com particularidades dinâmicas que se distinguem de outros ecossistemas aquáticos naturais, onde rápidas mudanças nos mecanismos de funcionamento e no sistemas de circulação horizontal e vertical acabam alterando os mecanismos ecológicos (TUNDISI, 1999). Além de outros fatores como idade, altura das saídas de água, tempo de retenção, sequência de operações e morfometria complexa (STRASKRABA et al., 1993; THORTON et al., 1990).

De acordo com Hackbart et al. (2015), os reservatórios que se diferenciam pela sua morfometria dendrítica e pela presença de tributários com águas de diferentes qualidades, podem apresentar um alto grau de heterogeneidade espacial e temporal, sendo que esta heterogeneidade reflete-se na composição química, nas características físicas e na distribuição espacial das comunidades. Além da heterogeneidade espacial, há também a vertical,

decorrente da estratificação térmica, seguida por estratificações químicas e biológicas (TUNDISI, 1988).

O Sistema Cantareira ocupa uma área de 8.051 km², composto por vários reservatórios, denominando-se de multissistemas, e está entre os maiores sistemas produtores de águas do mundo. Além disso, faz parte do SIM - Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), sendo responsável pelo abastecimento de cerca de 20 milhões de habitantes distribuídos em 29 dos 39 municípios da RMSP (SABESP, 2014).

Na metade do ano de 2013, o Sistema Cantareira começou a alterar sucessivamente seu volume operacional, devido a uma estiagem anormal nas regiões que abastecem esse sistema. Os impactos de longos períodos de estiagem sobre os reservatórios e sistemas de abastecimento de água potável, são uma preocupação em diversos países e estão sendo cada vez mais discutidos, a fim de se obter respostas e consequentemente serem tomadas as medidas cabíveis para a solução dos problemas relacionados com o nível baixo dos reservatórios (WATSS et al., 2012).

Entretanto, é importante ressaltar que a queda de água no Sistema Cantareira não se deve exclusivamente à contínua falta de chuvas, mas também à má gestão dos recursos hídricos durante diversos períodos de estiagem que acabou comprometendo a quantidade e a qualidade da água disponível para o abastecimento na região.

Contudo, nos últimos anos, houve um significativo avanço no conhecimento limnológico de ecossistemas artificiais lacustres (reservatórios), aumentando o interesse de estudos nesses ecossistemas (FERRAREZE & NOGUEIRA, 2013).

1.2. Eutrofização

No Brasil, os rios das principais bacias hidrográficas, principalmente na região sudeste, foram regulados pela construção de inúmeros reservatórios, gerando significativos impactos na qualidade e na quantidade das águas (TUNDISI, 2007; ESTEVES, 2011).

O uso e ocupação desordenado do solo em áreas de mananciais acabam favorecendo o aumento de fontes de poluição como os lançamento de esgotos domésticos (fontes pontuais ou difusas), compostos tóxicos procedentes de pesticidas utilizados na agricultura e no reflorestamento e resíduos químicos das atividades industriais. Sobre tudo, estes fatores contribuem no aumento de nutrientes, principalmente do fósforo e nitrogênio, os quais podem provocar o crescimento excessivo de algas, sendo prejudicial a saúde dos seres vivos (SERAFIM-JÚNIOR et al., 2010; GALLI & ABE, 2010).

O aporte excessivo desses nutrientes, especialmente o fósforo, acabam elevando a concentração de matéria orgânica no reservatório, onde a ação da ciclagem natural não consegue decompor toda essa matéria, levando ao processo de eutrofização e resultando na degradação da qualidade da água, perda da biodiversidade e consequentemente o desperdício de recursos hídricos (STRAŠKRABA & TUNDISI, 2008; SILVA et al., 2011).

Um dos maiores problemas decorrentes da eutrofização é a ocorrência de proliferações algais, principalmente aquelas geradas pelas cianobactérias, que causam grandes problemas sociais, econômicos e ambientais nos ecossistemas de água doce, como a redução do oxigênio dissolvido na coluna d'água, mortandade de peixes, perda da qualidade turística e a produção de toxinas (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Uma maneira de se reconhecer o nível de degradação e qualificar o estado trófico de um corpo hídrico é através do monitoramento físico, químico e biológico da água. De acordo com Lamparelli (2004), os índices de estado trófico são eficazes e tem por finalidade classificar corpos aquáticos em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas, ou o potencial para o crescimento.

Outra maneira de se avaliar a eutrofização é através da análise da comunidade fitoplanctônica. Isto porque, o fitoplâncton é uma comunidade biológica importante nos ecossistemas aquáticos, apresentam uma distribuição espacial caracterizada por uma grande diferenciação tanto ao longo da coluna d'água (distribuição vertical) como ao longo da superfície (distribuição horizontal), são excelentes bioindicadores das condições ambientais e da saúde do meio aquático, e além disso, apresentam um curto ciclo de vida, produzindo respostas imediatas às alterações ambientais (REYNOLDS, 1997; MOSCHINI-CARLOS et al., 2007; BRASIL & HUSZAR, 2011).

Assim, essas comunidades são elementos chave para elaboração de estudos visando o manejo ambiental, modelos sobre estimativas de fluxo energético entre os diferentes níveis da cadeia trófica e a capacidade suporte do sistema (BOZELLI & HUSZAR, 2003).

1.3. Comunidade Fitoplanctônica

O fitoplâncton é definido como um conjunto de organismos microscópicos fotossintéticos, que são adaptados a viver em suspensão nos ambientes aquáticos, e que estão sujeitos ao movimento passivo provocados pelos ventos e correntes (REYNOLDS, 1984). Possuem uma ampla diversidade morfológica, ecológica e fisiológica, e são compostos por

vários grupos taxonômicos como as cianobactérias, clorofíceas, diatomáceas, euglenofíceas, crisofíceas, criptofíceas, dinofíceas, entre outros (REYNOLDS, 2006).

São importantes produtores primários, sendo responsáveis pelo início do fluxo de matéria e energia da rede trófica, contribuindo para o seu crescimento, alimentando diretamente os herbívoros e indiretamente os animais dos níveis tróficos superiores, incluindo espécies economicamente importantes (SOUZA et al., 2009).

Determinados fatores envolvidos na estruturação da comunidade fitoplanctônica resultam da relação entre as condições químicas (nutrientes, sendo o fósforo um dos responsáveis em regular a produção primária); físicas (temperatura, luminosidade e profundidade) e biológicas (composição, abundância e interações ecológicas do zooplâncton), que são reguladas pelas alterações hidráulicas e procedem em flutuações do nível da água (CALIJURI et al., 2002; NISHIMURA et al., 2015).

Padisák et al. (2006), afirmam que os estudos que envolvem a comunidade fitoplanctônica, desde as categorias ecológicas, composição e distribuição temporal e espacial, são fundamentais para o conhecimento dos principais mecanismos de funcionamento dos ecossistemas aquáticos.

Vários estudos em reservatórios do Brasil envolvendo a comunidade fitoplanctônica vem crescendo continuamente dentro do contexto taxonômico, morfológico, funcional e ecológico, como por exemplo: Salmaso & Padisák (2007); Kruk et al. (2010); Brasil & Huszar (2011); Nishimura et al. (2015); Salmaso et al. (2015); etc.

1.4. Estratégias adaptativas e Grupos funcionais

De acordo com Brasil & Huszar (2011), os organismos fitoplanctônicos possuem estratégia de vida que pode ser entendida como sendo o padrão de alocação de recursos. Sendo assim, a comunidade fitoplanctônica, constituída por vários tipos de algas, apresentam diferentes formas e estratégias adaptativas, que acabam auxiliando na produtividade primária e nas adaptações morfológicas e comportamentais.

Para compreender a estruturação e funcionalidade da comunidade fitoplanctônica em diferentes condições ambientais foi proposto agrupar esses organismos em categorias, como por exemplo, o conceito que Margalef (1978) utilizou aplicando a abordagem de estratégias adaptativas de seleção r e K na comunidade fitoplanctônica marinha, proposto por MacArthur & Wilson (1967) e Pianka (1970).

Reynolds (1988), seguindo o modelo de Margalef (1978), tentou adaptar este modelo para o fitoplâncton de água doce, porém não obteve sucesso, tendo que reclassificar

determinados organismos, adaptando-os em grupos, C, S e/ou R estrategistas, como Grime (1979) havia feito dentro da classificação de estratégias ecológicas para plantas terrestres, assim sendo, Reynolds (1980), identificou 14 grupos fitoplanctônicos.

Portanto, Reynolds et al. (2002), utilizaram fatores ambientais para estabelecer uma classificação funcional apropriada para determinados grupos fitoplanctônicos e seu nicho ecológico, e agrupou diferentes espécies em 31 grupos funcionais. Entretanto, Padisák et al. (2009), fez uma revisão em que as espécies de fitoplâncton foram agrupados em 40 grupos funcionais, designados por códigos ou códons alfanuméricos, com base em suas estratégias de sobrevivência, intolerâncias e sensibilidades.

Outros autores como Salmaso & Padisák (2007), estudaram dois lagos profundos (Lado Garda, localizado na Itália e Lago Stechlin, na Alemanha) e agruparam as espécies em grupos morfo-funcionais, onde adicionaram alguns critérios baseados em análises multivariadas, como por exemplo: mobilidade, capacidade potencial para obter CO₂ e nutrientes, presença de mucilagem, tamanho e forma.

Kruk et al. (2010), através de um estudo desenvolvido em 211 lagos distribuídos em quatro zonas climáticas na América do Sul, Europa e América do Norte, propuseram uma nova abordagem baseada exclusivamente na morfologia dos organismos, conhecida atualmente como Grupos Funcionais Baseados na Morfofologia (GFBM). Essa nova abordagem considera que as relações com a fisiologia das espécies são potencialmente bem definidas e demonstram que a classificação baseada em características morfológicas simples podem capturar a maior parte da variabilidade das propriedades funcionais dos organismos fitoplanctônicos.

Sendo assim, os organismos fitoplanctônicos foram reunidos em setes GFBMs segundo os atributos morfológicos: Grupo I - pequenos organismos com elevada superfície/volume (*Synechocystis*, *Chlorella*); Grupo II - pequenos organismos flagelados com estruturas exoesqueléticas silicosas (*Chrysophyceae* - *Dinobryon*); Grupo III - grandes filamentos com aerótopos (*Anabaena*, *Cylindrospermopsis*, *Aphanizomenon*); Grupo IV - organismos de tamanho médio e sem estruturas especializadas (*Monoraphidium*, *Closterium*, *Pediastrum*); Grupo V – organismos flagelados unicelulares ou de tamanho médio a grande (*Cryptophyceae* – *Rhodomonas*, *Euglenophyceae* – *Trachelomonas*, *Dinophyceae* – *Peridinium*); Grupo VI - organismos não flagelados com exoesqueleto silicoso (*Bacillariophyceae* – *Aulacoseira*); e Grupo VII - colônias revestidas com mucilagem (*Botryococcus*, *Aphanocapsa*, *Microcystis*).

De acordo com Nishimura (2012), os grupos funcionais baseados na morfologia são fáceis de se observar e minimizam as falhas presentes na classificação baseada em atributos morfo-funcionais mais complexos, como foi proposto por Reynolds et al. (2002): Primeiramente reduz a necessidade de boa resolução taxonômica; torna-se fácil de se aplicar e intuitiva, podendo ser utilizada por usuários menos experientes, e por fim, reduz o número de GFBMs (KRUK et al., 2010; KRUK & SEGURA, 2012).

Devido alguns grupos funcionais estarem diretamente relacionados ao estado trófico do sistema aquático, é possível utilizá-los para oferecer subsídios no gerenciamento dos recursos hídricos, aplicando uma abordagem fitossociológica que poderá apresentar indicativos do grau de enriquecimento do reservatório estudado (CUNHA & CALIJURI, 2011).

Para Salmaso et al. (2015), a primeira tentativa de vincular espécies em grupos funcionais em nível ecossistêmico, foi com base nas relações de alimentação, abrindo campos de pesquisas abordando temas sobre as interações energéticas, ecologia fisiológica e interações tróficas.

Contudo, Nishimura et al. (2015), relataram que para estudar a comunidade fitoplanctônica baseando-se apenas nas grandes divisões taxonômicas seria arriscado, sendo necessário novas abordagens que levem em consideração não apenas a classificação filogenética, mas também a forma e a função destes organismos.

De acordo com Brasil & Huszar (2011), o agrupamento de espécies com base em suas características funcionais tem sido uma tendência crescente na ecologia devido à sua maior capacidade de prever ou explicar a estrutura das comunidades e as suas respostas às condições ambientais. Porém, a maioria dos estudos sobre a aplicabilidade dos grupos funcionais fitoplanctônicos foram realizados no clima temperado e a sua utilização no estudo de reservatórios tropicais é muito menos comum (HU et al., 2013). Contudo, vale ressaltar que os modelos e teorias acerca da comunidade fitoplanctônica são testados e revisados com o uso de grupos funcionais, seja em ambientes tropicais ou subtropicais (MELO, 2012).

Portanto, os estudos referentes a taxonomia, baseada em abordagens ecológicas, fisiológicas e funcional da comunidade fitoplanctônica, são de grande importância para a conservação do sistema aquático e fornecerá maior subsídio para o desenvolvimento de ferramentas mais eficientes no monitoramento e recuperação desses sistemas, que estão submetidos a constantes ações antrópicas (NABOUT & NOGUEIRA, 2011).

2. JUSTIFICATIVA

Os reservatórios são ótimos detectores dos impactos das ações antrópicas, uma vez que fazem parte e integram as implicações do uso e ocupação do solo ao redor de sua bacia de drenagem (TUNDISI, 1996).

Devido ao desenvolvimento sócio-econômico, os reservatórios passaram a ser utilizados como base do desenvolvimento regional, intensificando os impactos devido às atividades humanas (TUNDISI et al., 1999). Os impactos mais comuns segundo um estudo desenvolvido pelo “International Lake Environment Committee” em 600 lagos e represas em todo o planeta são: (1) degradação da qualidade da água, (2) diminuição dos recursos hídricos, (3) perda de biodiversidade, (4) alteração do transporte de superfície e perturbação e (5) deterioração da pesca (TUNDISI, 2005).

O Sistema Cantareira além de estar entre os maiores produtores de água do mundo é composto por vários reservatórios que são responsáveis pelo abastecimento de aproximadamente 55% da população da região metropolitana de São Paulo.

Em fevereiro de 2014, foi publicado na mídia que o Sistema Cantareira estaria com o seu volume de água abaixo dos 20% para abastecer 8,8 milhões de pessoas na região metropolitana (BRANDT, 2014). No entanto, obteve uma sequência de recordes negativos desde o dia 3 de fevereiro de 2014, quando atingiu 21,7% de seu volume. Na ocasião, a Sabesp informou que o índice era o pior em 10 anos e decidiu oferecer desconto para economia de água (ANA, 2014).

De acordo com Watss et al. (2012), os impactos de longos períodos de estiagem sobre reservatórios e sistemas de abastecimento de água potável, são uma preocupação em diversos países e estão cada vez mais sendo discutidos, a fim de obter respostas e por seguinte tomar as medidas cabíveis para solucionar os problemas relacionados com o nível baixo dos reservatórios.

Devido aos impactos antrópicos e naturais que os sistemas aquáticos vem sofrendo, faz com que a utilização do fitoplâncton ganhe relevância nos estudos, principalmente por serem bioindicadores de qualidade da água dentro dos parâmetros de avaliação ambiental.

Sendo assim, a utilização do fitoplâncton para a realização do monitoramento nos mananciais de abastecimento tem sido uma ferramenta eficiente e complementar, apresentando respostas rápidas para tomada de medidas emergenciais. Contudo, cabe ressaltar que juntamente com as avaliações fitoplanctônicas, se faz necessário o monitoramento intensivo sistêmico e em tempo real, utilizando-se também de outros tipos de ferramentas, como por exemplo, o sensoriamento remoto, que poderá contribuir de maneira eficaz nas

implantações de medidas de manejo e recuperação ambiental, de forma a garantir a integridade dos recursos naturais e sua exploração sustentada (HANISCH & FREIRE-NORDI, 2015).

Este trabalho visa fundamentar a importância da comunidade fitoplanctônica com diferentes abordagens de classificações taxonômicas e funcionais, tendo em vista as questões ecológicas, econômicas e sociais dos ecossistemas aquáticos continentais, em particular os reservatórios do Sistema Cantareira. Vários trabalhos abordando os grupos funcionais foram e estão sendo desenvolvidos em vários lugares do país, dentre os que foram citados acima até os mais recentes como: Ruiz et al. (2014); Machado et al. (2015); Salmaso et al. (2015); Santos et al. (2015); Vieira et al. (2015); Hu et al. (2016); entre outros.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Caracterizar e comparar sazonalmente as massas de água do ponto de vista do estado trófico e verificar se há uma distribuição espacial horizontal da comunidade fitoplanctônica ao longo de um eixo longitudinal em cada reservatório e entre os reservatórios do Sistema Cantareira (Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro), utilizando o fitoplâncton como ferramenta de predição ambiental.

3.2. Específicos

- Avaliar e quantificar a comunidade fitoplanctônica quanto a sua composição, abundância e biomassa em períodos distintos;
- Verificar se ocorrem mudanças na estrutura do fitoplâncton ao longo de um gradiente de disponibilidade de recursos;
- Comparar os descritores da comunidade fitoplanctônica representados pelas classes taxonômicas, grupos funcionais (GF) e grupos funcionais baseados na morfologia (GFBM);
- Avaliar através da aplicação de agrupamentos estatísticos quais os melhores descritores da comunidade fitoplanctônica.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

O Sistema Cantareira, administrado pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), é considerado um dos maiores sistemas produtores de água do mundo, produz em torno de 33 mil litros de água por segundo. As águas produzidas pelo sistema são provenientes, em sua grande maioria, da bacia do Rio Piracicaba, e transpostas para a região da bacia do Alto Tietê, onde se localiza a grande São Paulo. Este Sistema abrange um espaço que compreende 2.279,5 Km², incluindo quatro cidades mineiras - Camanducaia, Extrema, Itapeva e Sapucaí-Mirim, e 8 municípios em São Paulo - Bragança Paulista, Caieiras, Franco da Rocha, Joanópolis, Nazaré Paulista, Mairiporã, Piracaia e Vargem (WHATELY & CUNHA, 2007).

Na Bacia do Alto Tietê a contribuição vem do rio Juquery; na do Piracicaba a água flui dos reservatórios Jaguari-Jacareí, os quais em grande parte banham Minas Gerais; também o Rio Cachoeira, integrante do Sistema, está localizado em solo mineiro. Sendo assim, 45% do potencial hidrográfico procede do estado de Minas.

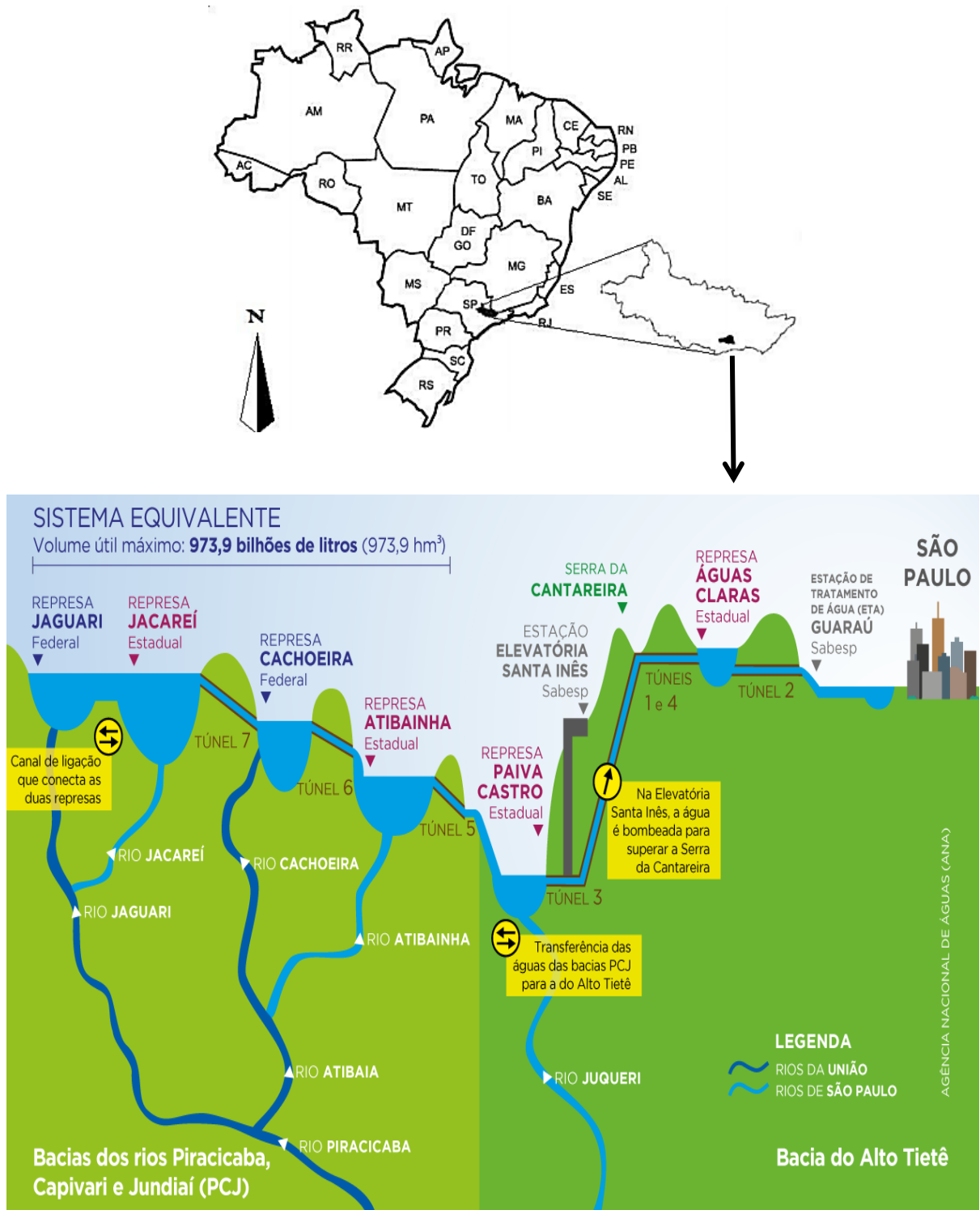
As águas do Sistema Cantareira descem pelo efeito da gravidade desde as represas de Jaguari e Jacareí, na região de Bragança Paulista, passando para as represas de Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro. De lá seguem por dutos até a Estação Elevatória de Santa Inês, que bombeia as águas para a pequena represa de Águas Claras, que por fim é enviada para a Estação de Tratamento de Água de Guaraú, onde são tratados 23,0 m³/s de água (SABESP, 2007).

Sendo assim, o Sistema Cantareira é composto por seis barragens e cinco reservatórios (Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibaia e Paiva Castro), sendo o principal fornecedor de abastecimento de água para a Região Metropolitana de São Paulo (Figura 2).

A Região Metropolitana de São Paulo – RMSP é o maior e mais populoso aglomerado urbano do País e um dos cinco maiores do Mundo, abrange 39 municípios, concentrando quase 20 milhões de habitantes (ANA, 2014).

No entorno dos reservatórios, o desmatamento ocorreu no século XIX para abrigar as plantações de café e em meados do século XX, a atividade desenvolvida foi à pastagem. A vegetação original pertence ao bioma de mata atlântica, variando em Floresta Ombrófila densa e mista, e, atualmente, consiste em mata secundária (OLIVEIRA et al., 2008; WHATELY & CUNHA, 2007).

Figura 2 – Esquema representativo dos reservatórios do Sistema Cantareira – Região Metropolitana de São Paulo



Fonte: Modificado de ANA (2015).

4.2. Uso e ocupação do solo

Foi constatado em um estudo realizado em 2003 pelo Instituto Sócio Ambiental (ISA), que 69,4% do uso e ocupação na área do Sistema Cantareira era de atividades antrópicas e 21% era de vegetação nativa - Mata Atlântica (OLIVEIRA et al., 2008).

Desde a década de 60, o Sistema Cantareira vem sofrendo inúmeras pressões antrópicas devido ao uso e ocupação irregular do solo, desmatamento e atividades industriais, agrícolas e mineradoras, e atualmente o que mais preocupa a população é a queda contínua dos níveis de água disponíveis para fins de abastecimento (MARTINS, 2014), (Tabela 1).

Em um estudo realizado a partir de análise de mapas por Oliveira et al. (2008) nos anos de 1984 a 2006, na bacia hidrográfica dos rios Jaguari e Jacaré, os quais são responsáveis por 45% da água produzida no Sistema Cantareira, foi constatado que a qualidade da água tem sofrido grande pressão nas últimas décadas devido às alterações no uso e ocupação do seu entorno, como por exemplo o aumento populacional, a expansão da silvicultura e a especulação imobiliária; e também ocasionou uma diminuição da classe de agropecuária (agricultura, solo exposto, pecuária intensiva, pastagens, estufas para diversos tipos de culturas, etc).

O reservatório Cachoeira representa cerca de 17% do volume total de água, juntamente com outras quatro bacias hidrográficas, que compõe o Sistema Cantareira. Com o mapeamento das áreas de preservação e a interceptação com a informação de uso na sub-bacia do Cachoeira, verificou-se que 48% da área está sob atividades antrópicas, desenvolvidas em áreas legalmente protegidas pela legislação ambiental. O desmatamento, a impermeabilização do solo e o descaso com as nascentes afetam diretamente a disponibilidade hídrica (BERNARDO & NOSSACK, 2015).

De acordo com Andrade et al. (2015), o reservatório Atibanha evidenciou a presença de 55,9% de mata nativa; 29,3% de vegetação rasteira; 6,9% de reflorestamento; 4,5% de água e 3,4% de área edificada na bacia contribuinte. Da área total do reservatório (1.596,24 km²), 98,5% encontra-se em zona rural. O desenvolvimento urbano de residências e clubes ao redor da represa torna-se preocupante devido atingir a Área de Preservação Permanente (APP). Além disso, o crescimento da industrialização que levou à duplicação da Rodovia Fernão Dias em curto prazo, trouxe impactos sócio-ambientais, tais como ocupação desordenada do solo, geração de resíduos e alteração da biodiversidade (SOUZA, 2007).

Por fim, o reservatório Paiva Castro com um alto crescimento demográfico envolvendo o entorno da bacia hidrográfica, como por exemplo a cidade de Mairiporã. É importante registrar que os principais problemas no município são relativos a saneamento

básico e precariedade na infra-estrutura básica das residências, as quais, na maioria estão irregulares. No contexto econômico, a mineração, indústrias, especulações imobiliárias, duplicação da rodovia Fernão Dias, aumentaram o risco de contaminação e poluição dos mananciais, assoreamento do leito dos rios e reservatórios, colocando em risco a qualidade e produção do Sistema Cantareira. Por mais que 80,1% do município de Mairiporã esteja dentro de uma área de proteção de mananciais, isso não é respeitado e não está salvo de problemas oriundos de uma urbanização desenfreada (GIATTI, 2000).

Tabela 1 - Distribuição das categorias de uso do solo por bacias formadoras do Sistema Cantareira, em 2003

CLASSES/BACIA	USOS ANTRÓPICOS ¹		USOS URBANOS ²		VEGETAÇÃO NATURAL ³		CORPOS D'ÁGUA		OUTROS	
	Área (ha)	% *	Área (ha)	% *	Área (ha)	% *	Área (ha)	% *	Área (ha)	% *
Atibainha	20.683,70	65,7	896,4	2,8	7.871,10	25	1.832	5,8	194,70	0,6
Cachoeira	31.097,40	79,4	310,1	0,8	6.867,20	17,5	672	1,7	220,60	0,6
Jacaré	14.026,10	69,1	598,5	2,9	2.352,40	11,6	3.227,20	15,9	85,80	0,4
Jaguari	74.757,10	72,4	2.490,90	2,4	18.285,20	17,7	515,10	0,5	7.195,20	7
Paiva Castro/Juquery	17.638,90	52,2	3.140,20	9,3	12.488,30	37	472,80	1,4	30,80	0,1

Fonte: Whately & Cunha, 2007. Uso do solo a partir de interpretação de imagem de satélite Landsat (Fonte: ISA).

Legenda: *Em relação à área total de cada bacia formadora do Sistema Cantareira em 2003.

¹Agricultura, campo antrópico, indústria, lazer, mineração, reflorestamento e solo exposto.

²Ocupação urbana de alta e média densidade, ocupação dispersas e condomínios.

³Campo de altitude, campo cerrado, várzea, Mata Atlântica secundária em estágio médio ou inicial, e Mata Atlântica secundária em estágio avançado ou primária.

4.3. Metodologias de coleta e análise dos dados

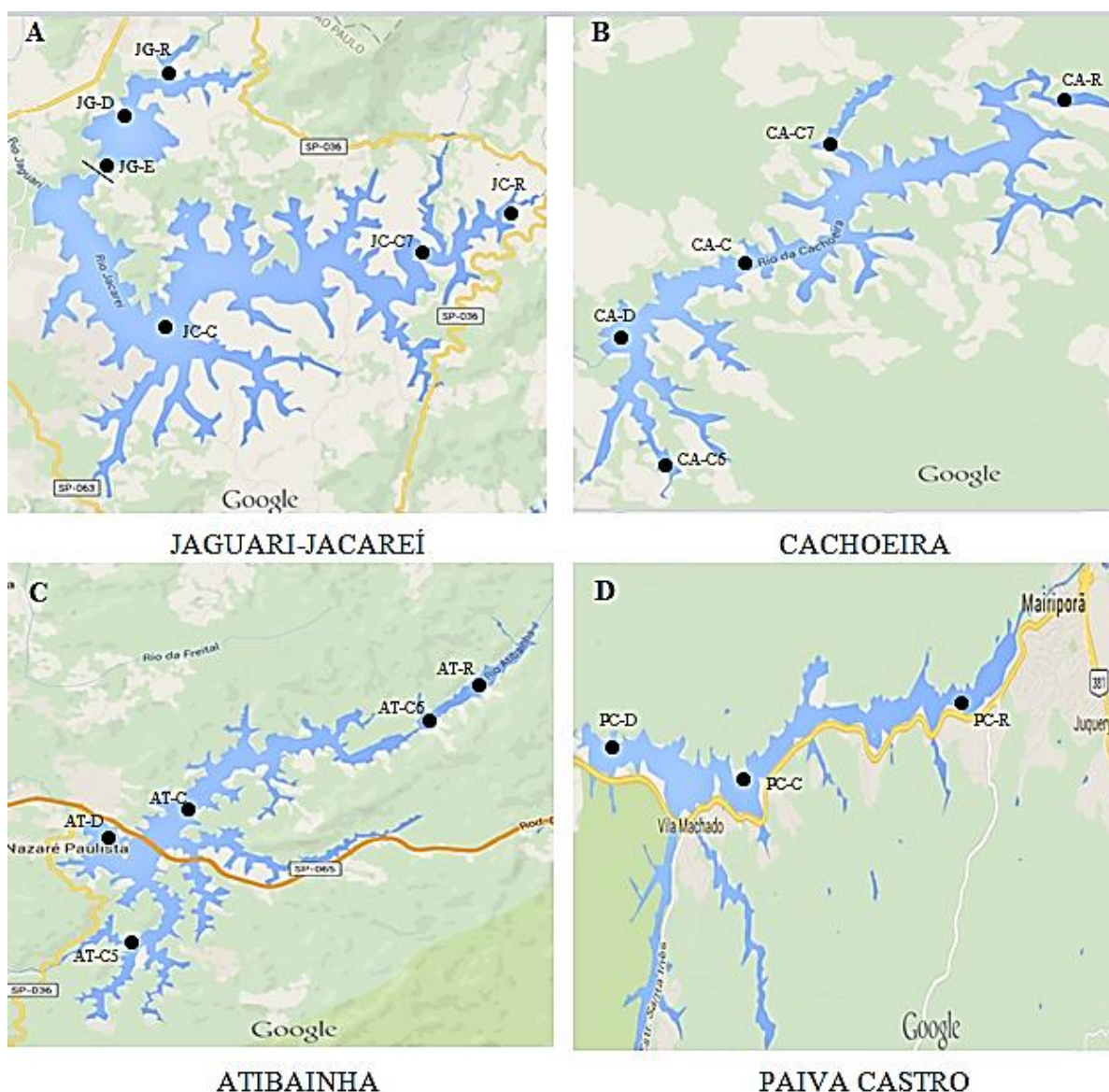
As coletas a campo foram realizadas em dois períodos sazonais, sendo: maio/junho (estação seca) e novembro/dezembro (estação chuvosa), do ano de 2013. Foi estabelecido 19 pontos de amostragem, sendo três para os reservatórios Jaguari (Rio, Barragem e Saída), Jacaré (Central, Rio e Canal 7) e Paiva Castro (Rio, Canal e Barragem) e cinco para os reservatórios Cachoeira (Rio, Canal 7, Central, Barragem e Canal 6) e Atibainha (Rio, Canal 6, Central, Barragem e Canal 5) (Figura 3). A localização geográfica dos pontos estão dispostos na (Tabela 2). As amostras físicas, químicas e biológicas da água foram processadas nos laboratórios de Limnologia do Depto. de Ecologia (IB, USP, SP) e as análises qualitativas e quantitativas do fitoplâncton no laboratório de Limnologia e Taxonomia de Algas da UNESP - Sorocaba.

Tabela 2 - Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem nos reservatórios do Sistema Cantareira

Reservatórios	Data coleta	Simbologia	Coordenadas	Descrição
JAGUARI (JG)	21/06/2013 11/12/2013	JG-R	23K 0355745 UTM 7465323 23K 0355751 UTM 7465297	Entrada do rio Jaguari
		JG-D	23K 0354115 UTM 7463800 23K 0354100 UTM 7463896	Barragem
		JG-E	23K 354190 UTM 7462807 23K 0354060 UTM 7462875	Saída para o reservatório Jacaré
JACAREÍ (JC)	21/06/2013 11/12/2013	JC-C	23K 0355758 UTM 7458048 23K 0353448 UTM 7459932	Região central
		JC-R	23K 0365259 UTM 7460887 23K 0364386 UTM 7460017	Entrada do rio Jacaré
		JC-C7	23K 0363398 UTM 7459240 23K 0363446 UTM 7459097	Saída de água para o reservatório Cachoeira
CACHOEIRA (CA)	13/06/2013 28/11/2013	CA-R	23K 0371005 UTM 7454767 23K 0370729 UTM 7454793	Entrada do rio Cachoeira
		CA-C7	23K 0367864 UTM 7454158 23K 0368002 UTM 7454356	Entrada de água para o reservatório Jacaré
		CA-C	23K 0366627 UTM 7451824 23K 0366860 UTM 7451874	Região central
		CA-D	23K 0365003 UTM 7450572 23K 0365216 UTM 7450760	Barragem
		CA-C6	23K 0365593 UTM 7448362 23K 03656003 UTM 7448342	Saída de água para o reservatório Atibainha
ATIBAINHA (AT)	26/06/2013 04/12/2013	AT-R	23K 368908 UTM 7443243 23K 0368939 UTM 7443336	Entrada do rio Atibainha
		AT-C6	23K 368035 UTM 7442070 23K 0368162 UTM 7442213	Saída de água para o reservatório Atibainha
		AT-C	23K 360222 UTM 7437283 23K 0360818 UTM 7438236	Região central
		AT-D	23K 357951 UTM 7436093 23K 0357690 UTM 7436419	Barragem
		AT-C5	23K 358829 UTM 7432274 23K 0359580 UTM 7432904	Saída de água para o reservatório Paiva Castro
PAIVA CASTRO (PC)	29/05/2013 21/11/2013	PC-R	23K 0335357 UTM 7419369 23K 0335357 UTM 7419369	Entrada do rio Juqueri e do canal 5
		PC-D	23K 0329460 UTM 7416405 23K 0329400 UTM 7416405	Barragem
		PC-C	23K 0329752 UTM 7416746 23K 0329752 UTM 7416746	Braço de transporte d' água através de bombeamento para estação Santa Inês

Fonte: Autoria própria.

Figura 3 - Caracterização e identificação dos pontos de amostragem



Fonte: Google Imagens (2015).

Legenda: A) JG-R=Jaguari Rio; JG-D=Jaguari Barragem; JG-E=Jaguari Saída; JC-C=Jacaréi Centro; JC-C7=Jacaréi Canal 7; JC-R=Jacaréi Rio. B) CA-C6=Cachoeira Canal 6; CA-D=Cachoeira Barragem; CA-C=Cachoeira Centro; CA-C7=Cachoeira Canal 7; CA-R=Cachoeira Rio. C) AT-C5=Atibainha Canal 5; AT-D=Atibainha Barragem; AT-C= Atibainha Centro; AT-C6=Atibainha Canal 6. D) PC-D=Paiva Castro Barragem; PC-C=Paiva Castro Canal; PC-R=Paiva Castro Rio.

4.4. Dados morfométricos e hidrodinâmicos

De acordo com as características morfométricas das represas Jaguari, Jacaréi, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro as amostras foram coletadas em estações localizadas nas zonas de influência dos rios principais, nas regiões lacustres (nas proximidades da barragem) e nas estações localizadas nas regiões de influência das transferências hídricas, já que os reservatórios são interligados por túneis e canais (Tabela 3).

Tabela 3 – Informações das características morfométricas e hidrodinâmicas dos cinco reservatórios do Sistema Cantareira

Informações/ Reservatórios	Jaguari/Jacarei	Cachoeira	Atibainha	Paiva Castro
Área de drenagem (km ²)	1027/203	392	312	369
Volume útil (hm ³)	808,12	69,75	95,26	7,61
Vazão média (m ³ /s)	25,2	8,5	6,0	4,6
Cota altimétrica (m)	844,0	821,88	786,72	745,61
Tempo de retenção (dias)	368,5	40,1	105,8	10,7
Ano de Operação	1982	1974	1975	1973
Municípios	Vargem, Bragança Paulista, Joanópolis e Piracaia	Piracaia	Nazaré Paulista	Mairiporã

Fonte: Modificado-Netto & Barros (2010) e ANA (2014).

4.5. Variáveis Climatológicas – Pluviometria

O clima da região é tropical, com temperaturas médias anuais que vão desde 18 a 22 °C, e precipitação média anual de 1400 mm (MORAES et al., 1998).

Nos anos de 2013 e 2014, tradicionalmente é um período chuvoso na região sudeste, porém passou por uma estiagem inesperada, onde os índices pluviométricos observados não foram suficientes para repor a água consumida diariamente no Sistema Cantareira.

As informações sobre os dados pluviométricos do Sistema Cantareira de precipitação média anual, foram obtidos através dos dados disponíveis no site da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

4.6. Variáveis físicas, químicas e biológicas

Para a caracterização da massa de água e de seu estado trófico, em cada estação de coleta foram realizadas medidas em perfil de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, turbidez e condutividade elétrica da água (sonda multiparâmetros YSI 556 MPS), a transparência foi medida pela profundidade de desaparecimento do disco de Secchi e a zona eufótica foi determinada multiplicando-se o valor da transparência da água por 2,7 (COLE, 1994). Com a água coletada foram determinadas as concentrações das variáveis físicas, químicas e biológicas e efetuados cálculos como descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Variáveis e metodologias empregadas na análise da água

Variáveis	Métodos	Equipamentos	Referências
Penetração da Luz	Medida direta	Disco de Secchi	-
Nitrito	Espectrofotométrico	Femto UV/VIS Cirrus 80	Mackereth et al. (1978)
Nitrato	Espectrofotométrico	Femto UV/VIS Cirrus 80	Mackereth et al. (1978)
Ortofosfato	Espectrofotométrico	Femto UV/VIS Cirrus 80	Strickland & Parsons (1960)
Amônia	Espectrofotométrico	Femto UV/VIS Cirrus 80	Koroleff (1976)
Ortosilicato	Espectrofotométrico	Femto UV/VIS Cirrus 80	Golterman et al. (1978)
Sólidos Totais	Gravimetria	-	Wetzel & Likens (1991)
Material Particulado em Suspensão	Gravimetria	-	Wetzel & Likens (1991)
Clorofila a / Feofitina	Espectrofotométrico	Femto UV/VIS Cirrus 80	Lorenzen (1967)
Fósforo Total	Espectrofotométrico	Femto UV/VIS Cirrus 80	Valderrama (1981)
Nitrogênio Total	Espectrofotométrico	Femto UV/VIS Cirrus 80	Valderrama (1981)
IET (Índice de Estado Trófico)	-	-	Lamparelli (2004)

Fonte: Autoria própria.

4.7. Determinação da clorofila-a e feofitina

Para determinar as concentrações de clorofila a e feofitina, foram filtradas alíquotas de volume variável em um sistema de filtração, com filtros modelo AP40 de fibra de vidro com 25 milímetros de diâmetro e 1,2 µm de abertura de poro. Para a extração dos pigmentos, a clorofila a foi analisada utilizando como solvente acetona 90% e os cálculos efetuados segundo Wetzel & Likens (2001).

4.8. Coletas e análise do fitoplâncton

Para a coleta das amostras de fitoplâncton utilizou-se redes de malha de 20 µm e fixado com formaldeído a 4% para análise qualitativa. Para auxiliar na determinação da composição fitoplanctônica, a identificação das algas foi realizada até o menor nível taxonômico possível e agrupadas por classes, utilizando-se de chaves de classificação disponíveis nas literaturas impressas e digitais. As análises qualitativas foram feitas em

microscópio óptico marca Zeiss, modelo Axio Imager A2 e Axio Scope A1, e quando necessário foram fotografadas.

Para análise quantitativa, as amostras integradas do fitoplâncton foram coletadas com uma mangueira entre 0-5 m de profundidade de cada reservatório e fixadas com lugol acético 1%. Em laboratório o fitoplâncton foi contado em microscópio invertido Zeiss (Axiovert 40C), com o uso de objetivas de 40x e ocular de 10x.

A densidade foi estimada de acordo com o método de Utermöhl (1958), sendo que para cada amostra analisada, foi estabelecido um tempo de sedimentação de acordo com o volume da câmara utilizada (APHA, 2006). Foram registrados os principais descritores morfológicos do fitoplâncton (células ou colônias), em 60 ou mais campos contados em transectos (UHELINGER, 1964), com o objetivo de quantificar 100 organismos da espécie dominante (LUND et al., 1958). Os resultados foram expressos em ind/mL⁻¹ e o cálculo foi estimado de acordo com a equação 1 da American Public Health Association – APHA (1992).

$$\bullet \quad N^{\circ} \cdot \text{mL}^{-1} = N \times (At \times Vt) / (Ac \times Vs) \dots \dots \dots (1)$$

Onde:

N = número de organismos (e/ou células) contado

At = área total da câmara (mm²)

Ac = área contada da câmara x número de campos contados na amostra

Vt = volume total

Vs = volume sedimentado

At = 530,9292

Ac = 0,0625 x n. campos contados

4.9. Análise numérica dos dados

4.9.1. Índices Ecológicos

• Índice de Estado Trófico (IET)

Existem diversos métodos para que seja avaliado a trofia de um corpo d'água, e para isso foi utilizado o Índice de Estado Trófico (IET) de Carlson (1977) e modificado por Lamparelli (2004). Baseado numa série de equações a partir das concentrações de fósforo total, clorofila-a e medida da profundidade do disco de Secchi (medida de penetração de luz). Conforme os valores obtidos os corpos hídricos partem de uma condição ultraoligotrófica à hipereutrófica.

O índice do estado trófico (IET) dos corpos de água foi calculado baseando-se nos dados de fósforo e clorofila-a de acordo com as seguintes equações (2, 3 e 4):

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

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

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

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.

De acordo com Lamparelli (2004), a tabela 5 classifica as categorias tróficas para reservatórios.

Tabela 5 - Índice do estado trófico de lagos e reservatórios

Estado Trófico	Critério	P- total	Clorofila-a
UltraOligotrófico	IET < 47	$P \leq 8$	$CL \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} < 52$	$8 < P \leq 19$	$1,17 < CL \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} < 59$	$19 < P \leq 52$	$3,24 < CL \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < \text{IET} < 67$	$52 < P \leq 120$	$11,03 < CL \leq 30,55$
Supereutrófico	$\text{IET} > 67$	$120 < P \leq 233$	$30,55 < CL \leq 69,05$
Hipereutrófico	> 67	$233 < P$	$69,05 < CL$

Fonte: CETESB (2007).

- **Riqueza específica (S)**

A riqueza de espécies em cada reservatório foi avaliada com base no número de táxons encontrados.

- **Índice de diversidade (H')**

O índice de diversidade de espécies (H' , bits.ind^{-1}) foi calculado através da equação 5, proposta por Shannon & Weaver (1963).

$$H' = - \sum p_i \cdot \log_2(p_i) \quad (5)$$

Onde:

$p_i = n_i / N$; n_i : número de indivíduos da espécie i ; N : número total de indivíduos.

- **Índice de equitabilidade (J)**

O índice de equabilidade representa a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes, pertence ao intervalo [0,1], sendo 1 a uniformidade máxima. Sendo assim, a equitabilidade (%) foi calculada através da equação 6 sugerida por Pielou (1966).

$$J = H' / H_{\text{máx}} \quad (6)$$

Onde:

$H_{\text{máx}} = \ln(S)$.

J = Equabilidade de Pielou

S = número total de espécies amostradas.

H' = índice de diversidade de Shannon-Weaver.

- **Índice de dominância**

Este índice não considera apenas o número de espécies e o total de números de indivíduos, mas também a proporção do total de ocorrência de cada espécie. Neste índice, quanto menor for a diversidade maior será o valor de “D”, que é estimado através da equação 7 sugerida por Simpson (1949).

$$D = \sum_{i=1}^s p_i^2 \quad (7)$$

Onde:

p_i = Abundância relativa (proporção) da espécie i na amostra.

$p_i = n_i/N$; n_i = número de indivíduos amostrados para a i-ésima espécie; N = número total de indivíduos amostrados.

- **Medidas de semelhanças - Índice de similaridade de Jaccard**

O índice de similaridade de Jaccard baseado na presença ausência das espécies fitoplancônicas entre os pontos. Definido de acordo com a equação 8 proposta por Jaccard (1901).

$$J = \frac{a}{a+b+c} \quad (8)$$

Onde:

a = as duas espécies ocorrem

b = somente a primeira ocorre

c = somente a segunda ocorre

*Esta medida de associação exclui a dupla-ausência.

- **Espécies descritoras da comunidade**

A abundância relativa foi calculada segundo os critérios estabelecidos por Lobo & Leighon (1986), no qual, foram consideradas espécies dominantes aquelas cuja ocorrência em densidade e/ou biomassa mostrou-se superior a 50% da densidade e/ou biomassa total da amostra e as espécies abundantes aquelas com ocorrência em densidade e/ou biomassa superiores à densidade e/ou biomassa média de cada amostra.

- **Biovolume**

O biovolume das algas foi estimado multiplicando-se as densidades de cada espécie pelo volume médio de suas células ou colônias (TORGAN, 1997). Os volumes dos indivíduos foram calculados com base em formas geométricas apresentadas por Hillebrand et al. (1999) e Sun & Liu (2003). O resultado do biovolume ($\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) assumiu o peso úmido sendo expresso em biomassa, onde $1\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1} = 1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (WETZEL & LIKENS, 2000).

As espécies que contribuíram com mais de 5% para a biomassa total do fitoplâncton foram classificadas em grupos funcionais, utilizando-se os critérios de Reynolds et al. (2002) revisto por Padisák et al. (2009) para descrever as maiores mudanças da estrutura do fitoplâncton ao longo de um gradiente de disponibilidade recursos (nutrientes e luz) nos reservatórios. Além disso, foi feita uma classificação de acordo com os conceitos de grupos funcionais baseados em morfologia, que consideram as razões superfície/volume dos organismos, bem como sua máxima dimensão linear (KRUK et al., 2010).

4.9.2. Análises estatísticas

Inicialmente, foi realizado uma análise exploratória dos dados abióticos e bióticos utilizando os métodos descritivos básicos (mínimo, máximo, média, desvio padrão e coeficiente de variação) para caracterizar o ambiente durante o período de estudo e o comportamento do fitoplâncton frente às variações espaciais e temporais.

Os dados das variáveis abióticas foram previamente padronizados de acordo com a equação 9 (score z) e os dados das variáveis bióticas utilizou-se do $\log(x+1)$.

$$\bullet \quad Z = (X - \bar{X})/s \quad (9)$$

Onde:

X = valor bruto;

$\bar{X}$ = média;

s = desvio padrão.

Para verificar a heterogeneidade na escala espacial, os valores de abundância relativa da densidade fitoplanctônica foram submetidas à análise de similaridade (ANOSIM) de entrada dupla a partir do método Ward (Distância Euclideana), testando-se as diferenças entre os pontos de coleta dos reservatórios do Sistema Cantareira (Jaguari/Jacareí e Paiva Castro com três pontos de coleta, Cachoeira e Atibainha com cinco pontos de coleta), com a possível influência do período sazonal (seco e chuvoso).

A similaridade na composição taxonômica das comunidades fitoplanctônicas entre os pontos de amostragens dos reservatórios foram determinadas por meio da análise de agrupamento (do tipo *cluster*), a partir de presença e ausência dos organismos fitoplanctônicos, utilizando-se do algoritmo do grupo pareado, e como medida de similaridade, o coeficiente de Jaccard.

A análise de correspondência canônica (ACC) (Ter Braak, 1986), foi aplicada a partir de dados biológicos - biomassa das classes fitoplanctônicas, grupos funcionais de Reynolds et al. (2002) e grupos morfofuncionais segundo Kruk et al. (2010) e dados ambientais referentes aos dois períodos de coleta (seco e chuvoso) amostrais estudados. Contudo, antes de realizar a ACC, os dados foram padronizados e foi realizado análises de correlação linear de Pearson ($p < 0,05$) dos dados abióticos para eliminação do efeito de colinearidade, já os dados bióticos optou-se por não excluir nenhuma das classes fitoplanctônicas.

Todos estes testes foram realizados com auxílio dos pacotes estatísticos:

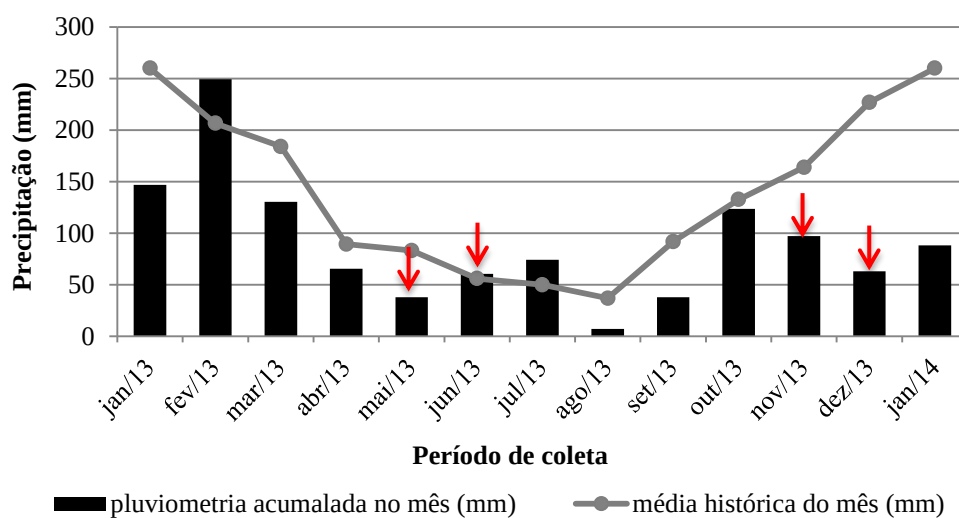
Excel para tabulação dos dados e cálculos estatísticos como soma, média, desvio padrão, coeficiente de variação, mínimo e máximo, gráficos e tabelas. Programa Past Paleontological Statistics Software (HAMMER et al., 2001) para elaboração do cluster por similaridade - coeficiente de Jaccard (1901), correlação linear de Pearson, análise de correspondência canônica, índices ecológicos, ANOSIM.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Variáveis Pluviométricas

Durante o presente estudo, o índice pluviométrico que abrangeu o Sistema Cantareira, obteve precipitação máxima durante o mês de fevereiro com 249,2 mm, ficando acima da média histórica que foi de 206,5 mm, e no mês agosto a precipitação foi a menor, apresentando 7,1 mm. Entretanto, nos meses de coleta (maio/junho e novembro/dezembro), ficaram abaixo da média histórica, porém, os meses de novembro/dezembro caracterizado como chuvoso apresentou-se como um período atípico de estiagem (Figura 4). O mesmo ocorreu no trabalho de Macedo (2011), em que a precipitação durante todo mês de maio e junho de 2009 foi atípica e contribuiu para a entrada de material em suspensão total, sólidos totais e fósforo total no reservatório Paiva Castro.

Figura 4 - Dados pluviométricos do Sistema Cantareira no ano de 2013



Fonte: SABESP (2015).

Legenda: A seta indica os meses de coleta.

5.2. Variáveis limnológicas abióticas e bióticas da água

5.2.1. Variáveis físicas, químicas e biológicas

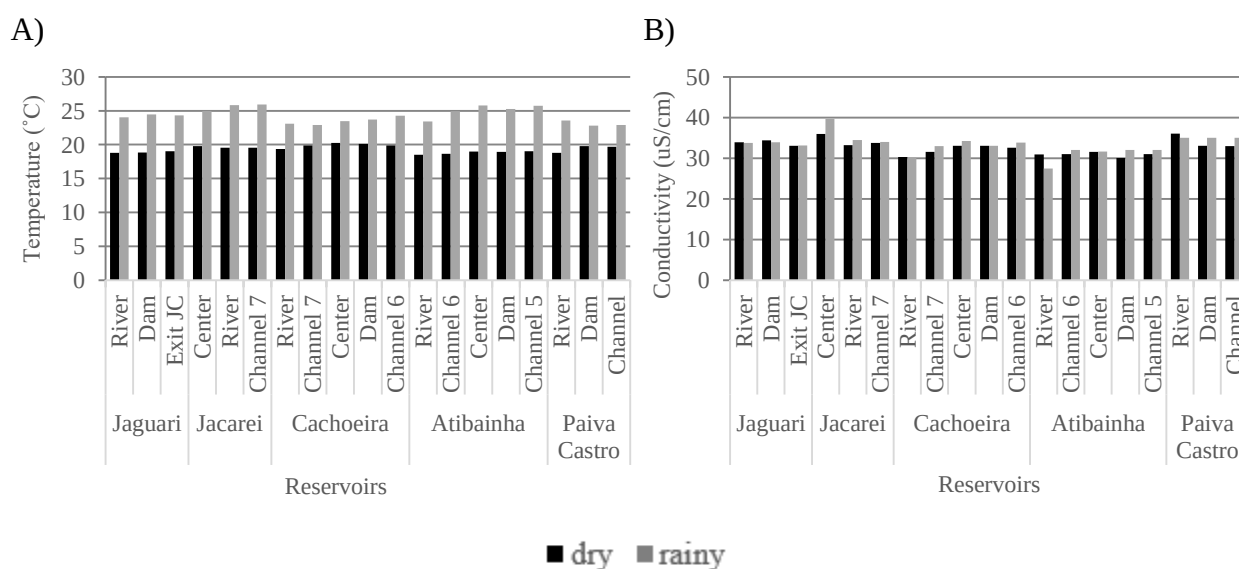
Durante o período de estudo, a temperatura da água ao longo dos reservatórios do Sistema Cantareira teve uma maior elevação no período chuvoso, com máxima de 25,9 °C no canal 7 do reservatório Jacareí e a mínima registrada foi de 18,5 °C na entrada do reservatório Atibainha, no período seco. Contudo, não foi observado nenhum padrão de tendência de aumento ou diminuição entre os períodos analisados (Figura 5-A).

Em relação à condutividade elétrica da água, no período seco a média foi de $(32,7 \pm 1,7 \mu\text{S/cm})$ e no período chuvoso $(33,3 \pm 2,4 \mu\text{S/cm})$ (Figura 6-B).

Rosa et al. (2015), encontraram no reservatório de Itupararanga, valores da condutividade elétrica abaixo de $100 \mu\text{S/cm}$, indicando que a área de estudo estava pouco impactada. Na presente pesquisa também detectamos valores de condutividade elétrica abaixo de $100 \mu\text{S/cm}$, corroborando com a afirmação acima.

Entretanto, em outros reservatórios da região metropolitana essa situação se diferencia com elevados valores de condutividade elétrica, como por exemplo, Nishimura et al. (2015), que registraram altos valores da C.E. no reservatório Billings-SP, com média $225 \pm 7 \mu\text{S/cm}$ e Guarapiranga (112 ± 15), ultrapassando os $100 \mu\text{S/cm}$, e indicando que estes ambientes estão impactados (ESTEVEZ, 2011).

Figura 5 - Valores da temperatura da água (A) e condutividade elétrica (B)



A transparência da água varia de alguns centímetros a dezenas de metros. Sendo assim, a transparência da água oscilou entre 1,4 a 4,3 m no período seco, e no período chuvoso, entre 0,4 a 3,4 m. Foi observado que os maiores valores da transparência ocorreram principalmente nos pontos de barragem e das regiões centrais dos reservatórios (Figura 6-A).

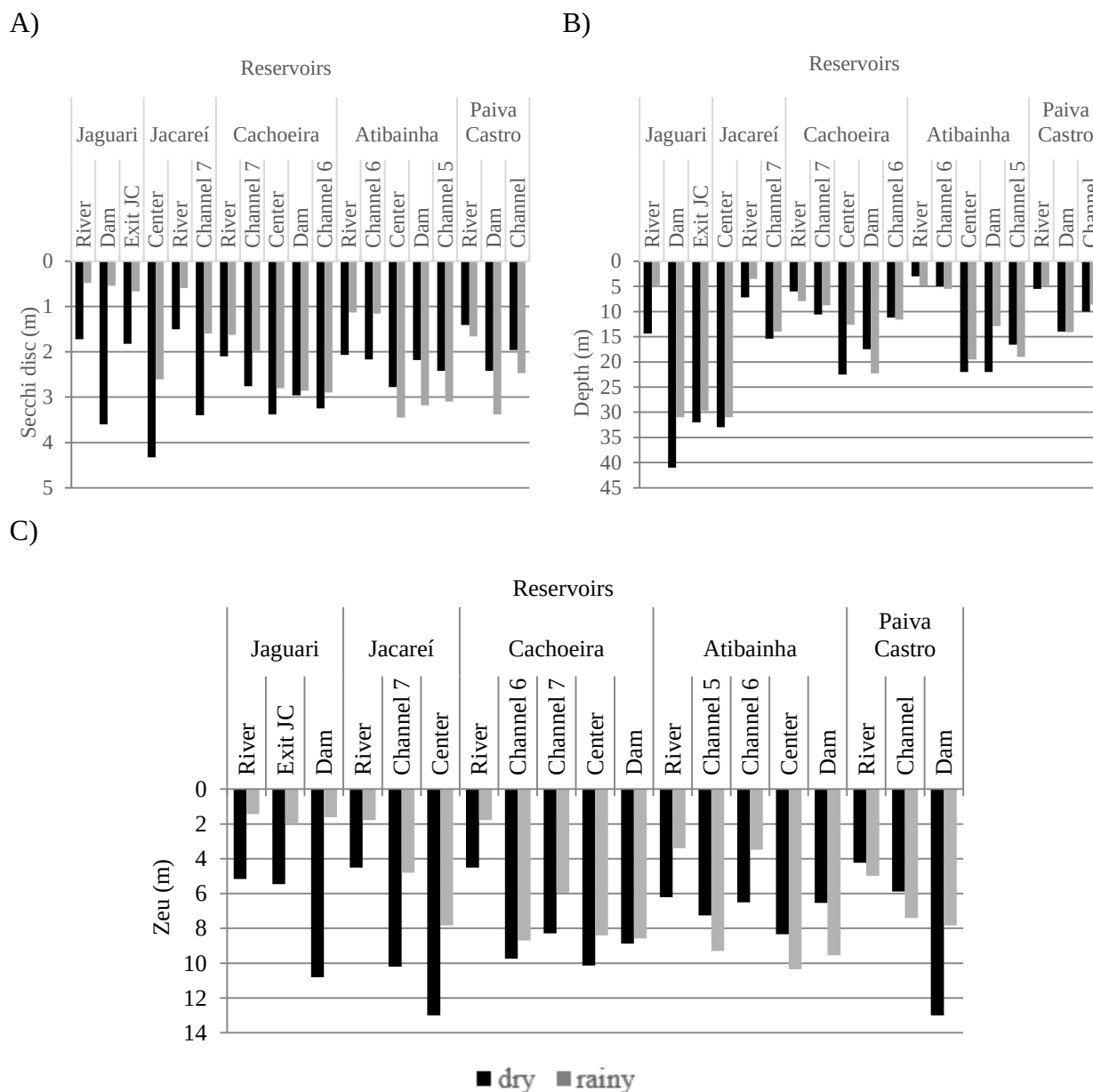
No geral, a transparência foi maior no período seco, no reservatório Jacareí, na zona de barragem (4,3 metros), onde as águas estão mais limitadas às turbulências e consequentemente a menor turbidez, facilitando a maior incidência luminosa. Porém, no período chuvoso, houve uma redução da transparência, principalmente na zona de rio do reservatório Jaguari (0,4 metros). Este resultado é esperado já que no período chuvoso há maior entrada de sólidos suspensos nos corpos hídricos pela lavagem da bacia hidrográfica.

A limitação de incidência luminosa é o principal fator que induz à redução da produção fitoplanctônica, representada inclusive pelos reduzidos valores de clorofila-a (MOLISANI et al., 2010).

Nogueira et al. (2006), em um estudo realizado no médio Paranapanema, relataram que as ações da agricultura intensiva, proporcionaram a diminuição dos valores de transparência da água, e essa tendência é ainda mais evidente quando se comparam os reservatórios aos seus tributários, cujas cargas de sedimentos e nutrientes geralmente são muito elevadas.

A profundidade máxima no período de seca, apresentou mínima de 3 metros na entrada do reservatório Atibainha e máxima de 41 metros na área de barragem do reservatório Jaguari. Porém, no período chuvoso, a profundidade variou entre 3,5 metros na entrada do reservatório Jacareí a 31 metros na área central do reservatório Jacareí (figura 6-B).

Logo a zona eufótica variou de 12,9 a 4,2 metros no período seco, e no período chuvoso foi de 10,35 a 1,44 metros. De acordo com Esteves (2011), a zona eufótica é a camada de água desde a superfície até a profundidade onde a intensidade de luz atinge 1% da luz incidente na superfície. É nesta camada que ocorre alta produtividade fitoplanctônica devido ao aumento dos nutrientes necessários para produção fitoplanctônica e também maior concentração de sólidos em suspensão, e esses fatores acabam influenciando e interferindo na estrutura da comunidade (Figura 6-C).

Figura 6 - Valores do disco de secchi (A), profundidade máxima (B) e zona eufótica (C)

Os valores de pH registrados durante o ano de coleta, variaram entre levemente ácido a alcalino, logo, no período de seca esses valores foram de 6,0 a 8,5 e no período chuvoso de 5,7 a 8,4 (Figura 7-A). O mesmo ocorreu nas três lagoas que formam o reservatório de Jurumirim-SP (Lagoas do Coqueiral e do Camargo e Lagoa dos Cavalos), onde o pH na maioria dos sistemas foi neutro, porém em agosto variou de ácido a alcalino (HENRY et al., 2006).

De acordo com Taniwaki et al. (2013), em um estudo realizado no reservatório de Itupararanga-SP, foi observado um aumento contínuo do pH no sentido montante a jusante, corroborando os resultados apresentados neste trabalho, onde o reservatório Jaguari a

montante e no período seco apresentou os maiores valores de pH (8,0) e o reservatório Paiva Castro a jusante registrou os menores valores (6,0).

Os reservatórios Jaguari, na zona de rio e durante o período seco, e o Paiva Castro, no canal, durante o período chuvoso, foram os que registraram os maiores valores de pH (8,5 e 8,4), sendo essas águas consideradas alcalinas. No entanto, este resultado diverge daquele encontrado por Schiavone et al. (2012), que registraram valores de pH entre 6,4 a 7,1 nos pontos de coleta do reservatório Jaguari. Logo, o reservatório Atibainha foi o que apresentou os menores valores de pH, nos dois períodos, caracterizando essas águas como levemente ácidas. Vale ressaltar que o pH é uma variável importante no meio aquático, pois além de alterar a composição molecular de determinadas substâncias químicas, como por exemplo, dos metais pesados, podem causar sérios problemas nas comunidades bióticas quando correlacionadas com a temperatura (ESTEVES, 2011), é que quando aumenta-se a temperatura, as moléculas de água tendem a separarem-se em íons hidrogênio e oxigênio. Ao aumentar a proporção de moléculas decompostas, é produzido mais hidrogênio, aumentando o potencial hidrogeniônico e devido a essas mudanças a comunidade acaba se alterando.

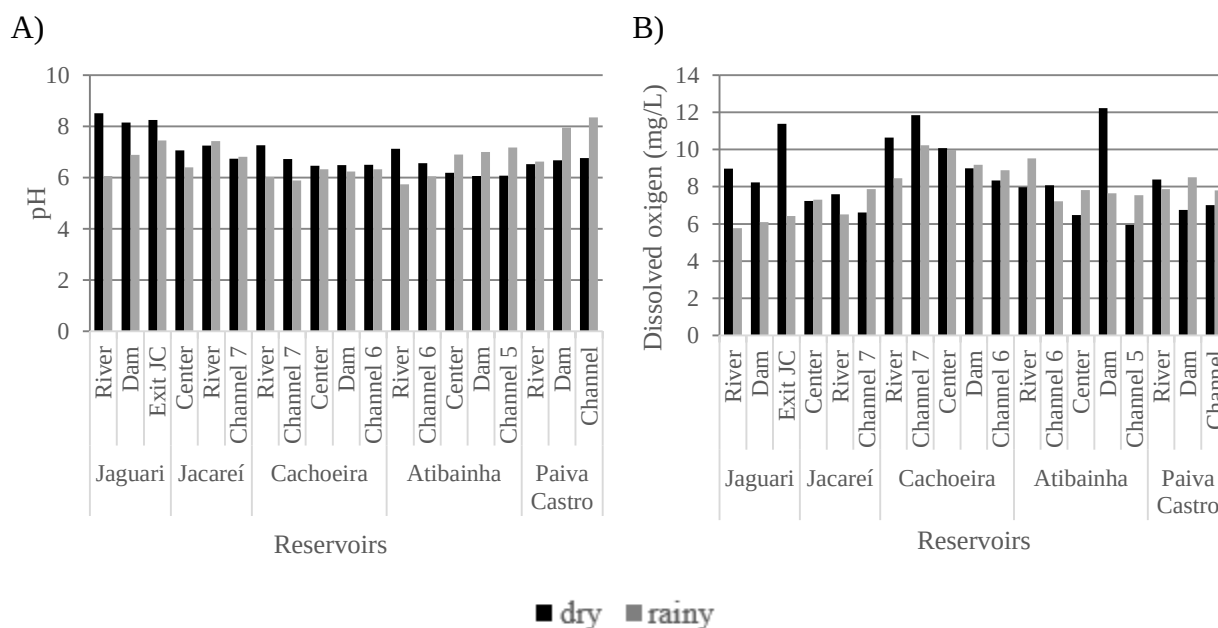
Nesta pesquisa, as maiores concentrações de oxigênio dissolvido (OD) foram observadas no período seco, principalmente na área de barragem do reservatório Atibainha, com 12,2 mg/L, o qual apresentou-se saturado, caso típico de ambientes eutróficos. Já a menor concentração de OD, foi no canal 5, com 5,9 mg/L, apresentando boas condições de oxigenação. De acordo com Moreno et al. (2014), os reservatórios Jaguari, Jacaré e Atibainha apresentaram valores de OD acima do limite da classe 1 estabelecido pelo CONAMA, corroborando com os resultados apresentados para o reservatório Atibainha, porém contradizendo com os resultados apresentados para o Jaguari.

Já no período chuvoso, os valores máximos foram registrados no canal 7, do reservatório Cachoeira (10,2 mg/L) e o mínimo valor, foi no reservatório Jaguari, na área de rio, com 5,7 mg/L, não apresentando variações significativas em relação ao período sazonal, sendo que no período seco o coeficiente de variação para esses reservatórios foram de 13,8 e 17,3% e no período chuvoso foram de 7,9 e 5,4%. (Figura 7-B).

O oxigênio dissolvido é um bom indicador de poluição das águas por despejos orgânicos. Com a deterioração da matéria orgânica, pode ocorrer a redução da concentração de oxigênio dissolvido no meio, dependendo da magnitude dessa redução, os organismos aquáticos podem morrer devido à anóxia (MARGALEF, 1983).

De uma forma ampla, o presente trabalho corrobora os resultados de Schiavone et al., (2012). Estes autores observaram que as águas dos reservatórios Jaguari e Jacareí são neutras e bem oxigenadas, apresentando condutividade elétrica relativamente baixa.

Figura 7 - Valores de pH (A) e oxigênio dissolvido (B) nos reservatórios do Sistema Cantareira, de acordo com os períodos sazonais (seca e chuva)



Os sólidos totais em suspensão obtiveram uma dinâmica semelhante com as de reservatório em cascata, onde os reservatórios a montante apresentaram maiores teores de sólidos em suspensão em relação aos reservatórios a jusante (Figura 8-A). No todo, a matéria orgânica superou a inorgânica nos pontos analisados (Figura 8-B e C).

Na entrada do reservatório Jaguari, no período chuvoso, a máxima concentração de sólidos em suspensão foi de 27,4 mg/L, e a mínima foi de 1,0 mg/L no reservatório Atibainha. Com o acúmulo da matéria particulada, as trocas de substâncias com a água diminuí, promovendo o sombreamento e consequentemente a redução da riqueza, da densidade e da biomassa fitoplanctônica.

As concentrações dos sólidos totais das amostras de água do reservatório de Barra Bonita foram $100,0 \pm 6,0$ mg/L (período de estiagem) e $156,0 \pm 31,0$ mg/L (período de chuvas), apresentando mais alta que nos reservatórios do Sistema Cantareira. Devido ao excesso de sólidos na água a comunidade aquática pode sofrer grandes modificações decorrentes das alterações nas condições de luminosidade da água e que acaba interferindo no metabolismo dos organismos autotróficos submersos, dificultando a realização da fotossíntese

e consequentemente prejudicando os demais organismos heterotróficos dependentes do oxigênio dissolvido produzido na fotossíntese para respiração (BUZELLI & CUNHA-SANTINO, 2013).

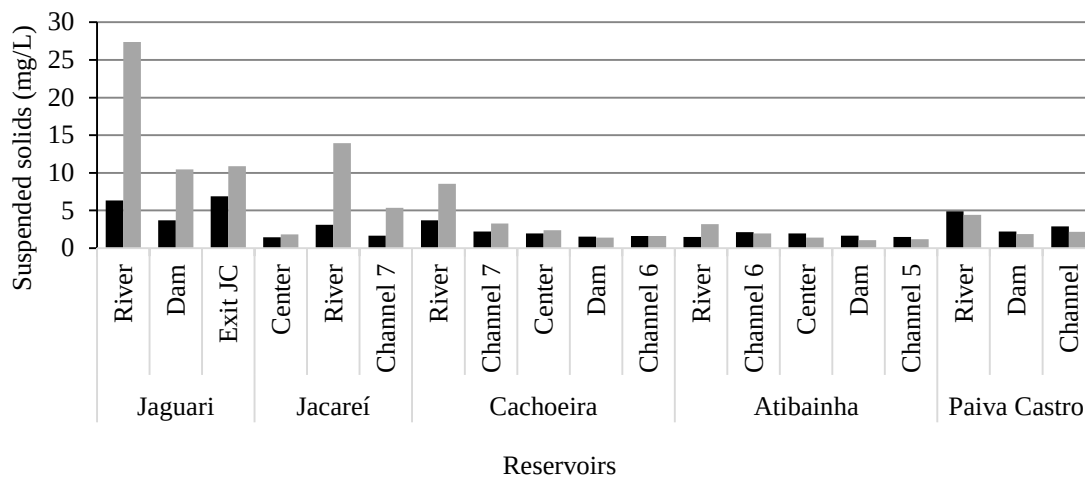
Wachholz et al. (2009), também observaram que nas principais entradas de água dos reservatórios em cascata do alto Jacuí-RS, concentrava-se os maiores valores de material orgânico, relacionados diretamente a quantidade de sólidos em suspensão. Corroborando esta afirmação, também foi observado, que na maioria das entradas dos reservatórios, o acúmulo de sólidos foi maior, principalmente na época de chuva, com destaque para os sólidos inorgânicos.

Contudo, no reservatório Paiva Castro ocorreu ao contrário, no período seco, na área de rio houve um aumento no valor de sólidos totais (4,8 mg/L). Possivelmente isso ocorreu devido uma mudança na dinâmica da velocidade do fluxo d'água, diminuindo a velocidade e consequentemente a entrada dos sólidos. Uma das causas desse acontecimento deve-se ao uso e ocupação do entorno da bacia hidrográfica. Já os sólidos orgânicos obteve um aumento neste período principalmente na saída do reservatório Jaguari (95,1 mg/L).

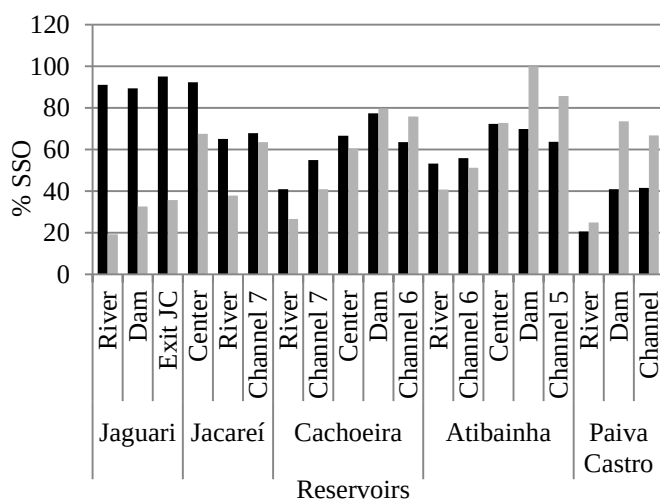
De acordo com Nogueira et al. (2008), no período chuvoso, o aumento na entrada de água dilui os recursos disponíveis e consequentemente provoca alterações limnológicas no lago, como redução da transparência e aumento de sólidos totais em suspensão. Para Train & Rodrigues (1997), a diminuição da transparência d'água, afeta diretamente a disponibilidade de radiação solar, provocando um estresse na comunidade fitoplanctônica.

Figura 8 - Valores de sólidos em suspensão (A), frações orgânicas (B) e inorgânicas (C) nos reservatórios do Sistema Cantareira, de acordo com os períodos sazonais (seco e chuvoso)

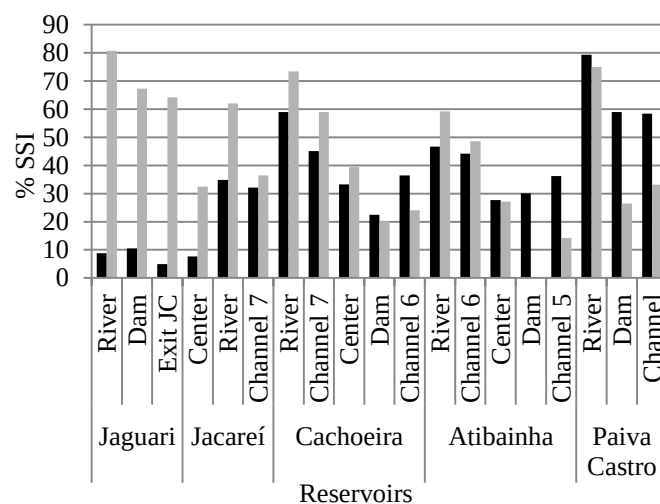
A)



B)



C)



Para fósforo total no período de seca, os maiores valores foram registrados na zona de saída do reservatório Jaguari (47,3 mg/L). A média do reservatório Jaguari foi de $10,4 \pm 1,3$ mg/L, com variação de 40,7%, e no período chuvoso ($6,6 \pm 6,8$ mg/L), com variação de 91,4% (Figura 9). O valor de fósforo total no Jaguari, ficou acima do que é recomendado pela legislação ambiental vigente no Brasil, CONAMA n° 357/2005, onde o máximo permitido para ambientes lênticos classe II é de $30 \mu\text{g/L}^{-1}$. A partir do ponto central do reservatório Cachoeira até o reservatório Paiva Castro, as concentrações de fósforo ficaram abaixo do limite de detecção do método.

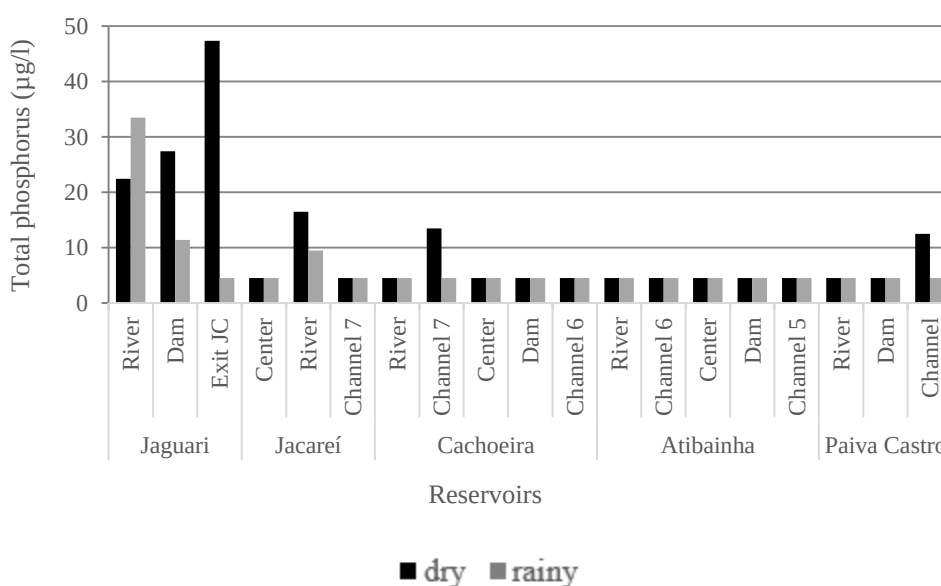
Assim, o mesmo processo que foi observado na diminuição dos teores de sólidos, também ocorreu para o fósforo, nitrogênio inorgânico dissolvido, amônio, nitrato e nitrito.

Este processo é característico de reservatórios em cascata, onde os altos valores desses componentes químicos, se concentraram principalmente nos reservatórios a montante (Jaguari e Jacareí) e vão se depositando nos reservatórios a jusante, podendo ser atribuídos aos usos e ocupação do solo. As bacias formadoras dos reservatórios Jaguari e Jacareí apresentam 80% de seu território ocupadas por atividades antrópicas, que vai desde a agropecuária, silvicultura, lazer e moradia (WHATELY & CUNHA, 2007).

Outros reservatórios que também apresentaram suas águas impactadas por elevados teores de nutrientes foram os reservatórios de Itupararanga e Guarapiranga. Rosa et al., (2015), por exemplo, no reservatório de Itupararanga registraram variações sazonais para os nutrientes fósforo e nitrogênio, contudo, os níveis observados para o fósforo total, apresentaram-se elevados em dois pontos de amostragem, devido a estes pontos receberem água diretamente de tributários vindo das cidades mais próximas. Cardoso-Silva et al. (2015) e Lamparelli (2004) na represa de Guarapiranga, também registraram altos valores para o fósforo total, com valores acima de 25 µg/L, não estando em conformidade com a legislação vigente CONAMA n° 357/2005.

Para Esteves (1998), o fósforo, é um elemento químico que na maioria das águas continentais, destaca-se por ser o principal fator limitante da produtividade, e também, por ser um dos maiores responsáveis pelos processos de eutrofizações artificiais destes ecossistemas.

Figura 9 - Valores de fósforo total nos reservatórios do Sistema Cantareira, de acordo com os períodos sazonais (seca e chuva)



O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, devido à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos dos seres vivos. Quando presente em baixas concentrações, pode atuar como fator limitante na produção primária dos lagos e reservatórios (GADELHA, 2011). O mesmo apresenta-se sob várias formas: nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos, etc.), nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos), amônia (NH_3), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio molecular (N_2), entre outros (ESTEVES, 1998).

Para o nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN), registrou-se maiores concentrações na estação chuvosa (900 $\mu\text{g/L}$), com destaque para a entrada (rio) do reservatório Jaguari. Em contrapartida, foi registrado uma queda dessa concentração nos reservatórios a jusante e o reservatório Atibainha, no canal 5, apresentou a menor concentração nos dois períodos, sendo no chuvoso 178 $\mu\text{g/L}$ e no seco 229 $\mu\text{g/L}$. Contudo para o período seco a máxima concentração foi no reservatório Cachoeira, na área de barragem (439 $\mu\text{g/L}$), (Figura 10-A). Em junho de 2002 (período seco), no reservatório de Mourão (PR) na área fluvial, também foi registrado altas concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (537,1 $\mu\text{g/L}$) (MORETI et al., 2013).

Os maiores teores de amônio foram observados na entrada (rio) do reservatório Jaguari (177,9 $\mu\text{g/L}$), no período chuvoso, decaindo nos reservatórios a jusante, com mínima de 9 $\mu\text{g/L}$ na barragem do reservatório Paiva Castro (Figura 10-B).

Entretanto, na estação seca observou-se uma diferença em relação ao gradiente horizontal nos teores de amônio, a partir da saída do reservatório Atibainha e entrada do reservatório Paiva Castro.

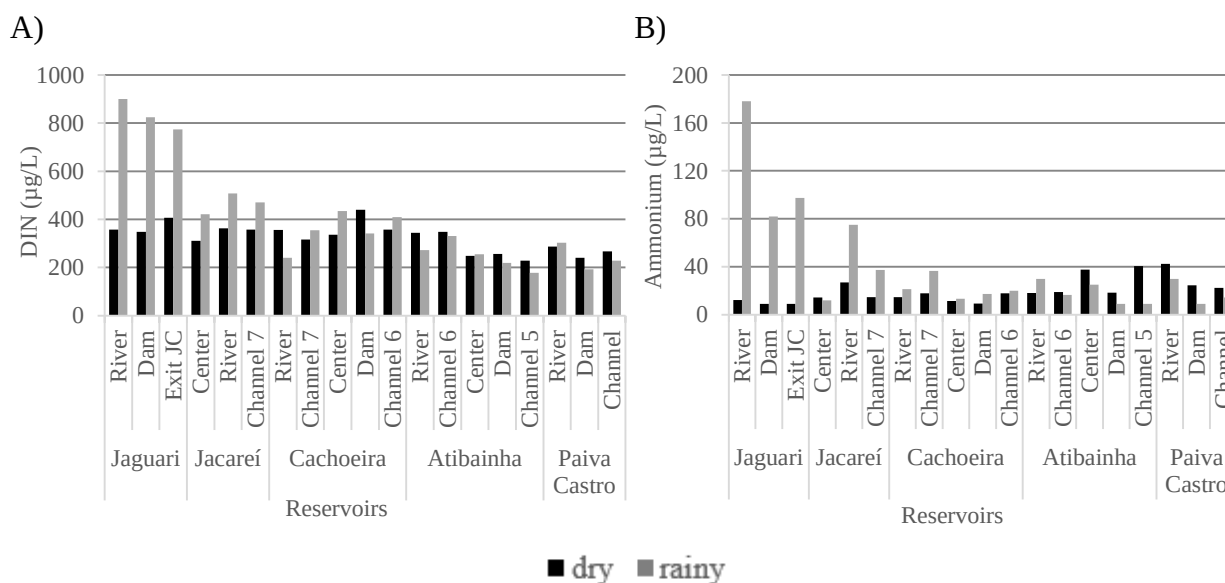
A entrada do reservatório Paiva Castro foi observada maiores concentrações de amônio (42,5 $\mu\text{g/L}$), possivelmente devido ao uso e ocupação do entorno e presença de fontes de poluição (esgoto doméstico), já no reservatório Jaguari os menores valores foram registrado (9 $\mu\text{g/L}$), modificando assim a dinâmica clássica de um sistema de reservatórios em cascata.

De acordo com Alaburda & Nishiara (1998), o composto químico amônio pode estar presente naturalmente em águas superficiais ou subterrâneas, sendo que usualmente sua concentração é bastante baixa devido à sua fácil absorção por partículas do solo ou à oxidação a nitrito e nitrato.

Pinto-Coelho et al. (2005), em um estudo no reservatório de São Simão (MG/GO), compararam os tributários e o reservatório entre si, e observaram que houve uma grande

diferença em relação às concentrações da série nitrogenada, onde as concentrações de amônio foram mais elevadas em diferentes pontos do reservatório, principalmente no período seco e as de nitrato nos tributários, no período chuvoso.

Figura 10 - Valores de nitrogênio inorgânico dissolvido (A) e amônio (B), nos reservatórios do Sistema Cantareira, de acordo com os períodos sazonais (seca e chuva)



Nos reservatórios do Sistema Cantareira, as concentrações de nitrato variaram de 187 µg/L a 429,5 µg/L no período seco e 164,9 µg/L a 713,4 µg/L no período chuvoso (Figura 11-A), onde as maiores concentrações apresentaram-se nas barragens dos reservatórios Jaguari (713,4 µg/L) e Cachoeira (429,5 µg/L), e a menor concentração de nitrato foi no canal 5 do reservatório Atibainha (164,9 e 187 µg/L).

Hackbart et al. (2015), observaram menores concentrações de nitrato para o reservatório Jaguari do que aquelas registradas neste trabalho, sendo que o maior valor para nitrato, foi na área de saída, com 113,10 µg/L e, o menor valor foi na área de rio, com 83,6 µg/L. Entretanto, Cunha & Calijuri (2011), registraram máximas concentrações de nitrato no reservatório de Itupararanga-SP (4,5 µg/L). O nitrato é um dos íons mais encontrados em águas naturais, geralmente ocorrendo em baixos teores nas águas superficiais, mas podendo atingir altas concentrações em águas profundas (APHA, 1992).

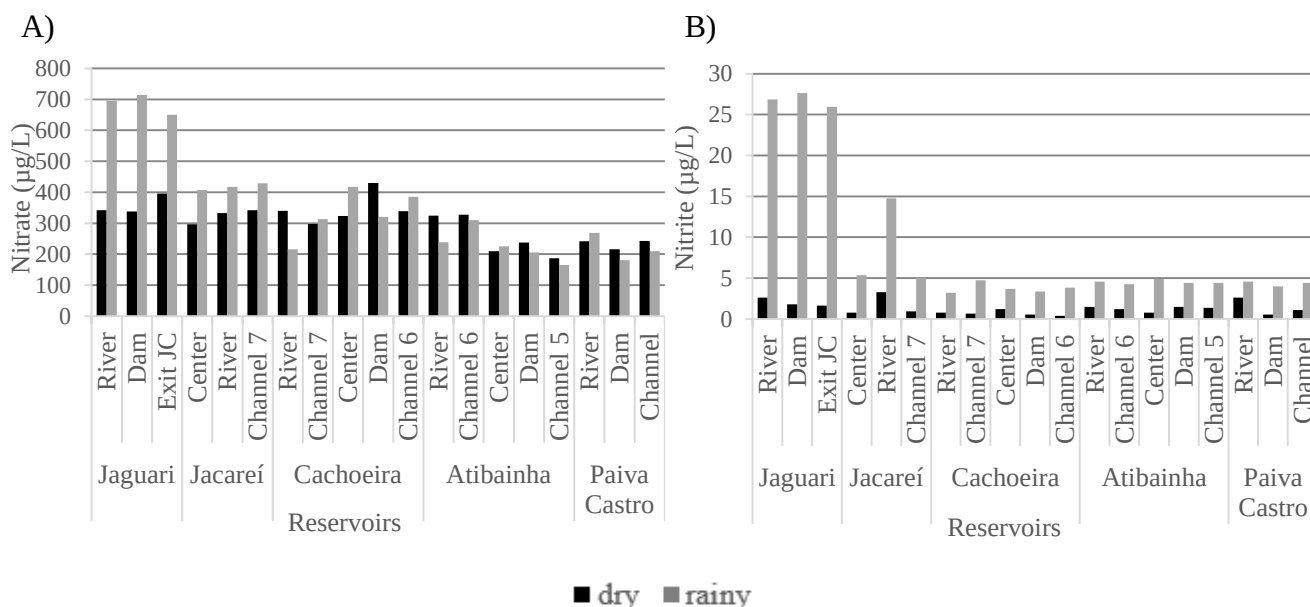
O nitrito no período de seca foi menor que no chuvoso, oscilando de 0,4 a 2,6 µg/L e de 3,2 a 27,6 µg/L (Figura 11-B). Pode-se verificar que as concentrações de nitrito apresentaram variação sazonal, no qual os maiores valores foram observados no período chuvoso (27,6 µg/L), uma vez que, a chuva ao escoar pela superfície da bacia de drenagem

transfere nitrogênio para o reservatório. O valor mais alto observado foi na barragem do reservatório Jaguari, sendo os valores mais elevados de nitrato explicados, principalmente, pelo aporte de nutrientes carregados pelas chuvas e pelas reações de decomposição da matéria orgânica. As menores concentrações foram no canal 6 (1,2 µg/L) e rio (3,2 µg/L) do reservatório Cachoeira. Notou-se um gradiente horizontal decrescente, com valores maiores de nitrato quando mais próximo dos reservatório a montante.

Para Hackbart et al. (2015), os valores de nitrato variaram entre 2,4 µg/L (no reservatório Jacareí) a 8,5 µg/L no Jaguari, corroborando os resultados apresentados acima para o reservatório Jaguari. As concentrações de nitrato e nitrato no corpo d'água, revelam fontes pontuais de poluição por despejos domésticos e industriais.

O nitrato (NO_3^-) é um intercessor tanto no processo da nitrificação quanto no da desnitrificação. Em ambientes aquáticos tropicais com boa aeração, o processo de nitrificação ocorre de forma rápida. A concentração de nitrato, geralmente, é muito pequena e difícil de ser detectada (ESTEVES, 2011).

Figura 11 - Valores de nitrato (A) e nitrato (B), nos reservatórios do Sistema Cantareira, de acordo com os períodos sazonais (seca e chuva)



A concentração de clorofila-a na estação chuvosa, apresentou o maior valor na entrada do reservatório Jaguari (14,1 µg/L), provavelmente devido ao elevado aporte de nutrientes; em seguida, as concentrações de clorofila a foram diminuindo nos reservatórios a jusante com a menor concentração na área de barragem do reservatório Atibainha (1,1 µg/L) (Figura 12-A). Porém as concentrações de clorofila a para os reservatórios Atibainha e Paiva Castro respectivamente, foram baixos (CV=24,2 e 22,5%).

Hackbart et al., (2015), também registraram maior concentração de clorofila-a no reservatório Jaguari (14,7 µg/L), na área de saída e a menor concentração foi na área central do reservatório Jacaré (1,3 µg/L).

Na estação seca os resultados foram semelhantes, a clorofila-a concentrou-se principalmente na entrada do reservatório Jaguari com máxima de 11,9 µg/L e mínima de 0,8 µg/L no canal 6 do reservatório Cachoeira. Contudo, no reservatório Atibainha nos dois períodos sazonais, foram registrados picos entre os canais 5 e 6 (3,1-3,6 µg/L).

Cardoso-Silva et al. (2014), em um estudo realizado na represa Billings-SP observaram menores concentrações de clorofila-a nos pontos dos braços Capivari (CAP2) e Rio Pequeno (RP1, RP2 e RP3), e destaca que a urbanização nos arredores dos braços Rio Pequeno e Capivari não é intensa, o que acaba favorecendo uma melhor qualidade da água.

A clorofila-a é uma importante variável nos ecossistemas aquáticos, sendo o principal pigmento responsável pelo processo de fotossíntese, e também é frequentemente utilizada como indicadora da biomassa fitoplanctônica, ou seja, um indicador do crescimento de algas e cianobactérias devido ao enriquecimento por nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, fenômeno este denominado eutrofização (ESTEVES, 2011).

Para a concentração de feofitina a estação chuvosa foi a que apresentou maiores valores (8,9 µg/L) na saída do Jaguari, e (1,1 µg/L) na barragem do Atibainha. Já na estação seca foi de 5,1 µg/L no centro do reservatório Atibainha e 0,6 µg/L no canal 6 do reservatório Cachoeira. Através da concentração de feofitina pode-se descobrir a quantidade da decomposição dos organismos fotossintéticos, como as algas (Figura 12-B).

Através do cálculo do índice do estado trófico (IET), elaborado por Lamparelli (2004), podemos classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas. Sendo assim, os reservatórios do Sistema Cantareira oscilaram entre Oligotrófico a Supereutrófico (Figura 12-C).

O reservatório Jaguari no período de seca, ficou classificado entre supereutrófico (64) na área de saída e, eutrófico nas áreas de rio (62) e barragem (61). Contudo, no período de

chuva, o IET classificou-se entre supereutrófico na entrada do reservatório (64) e mesotrófico no ponto de barragem (59) e saída (57).

O reservatório Jacaré no período de seca, oscilou entre oligotrófico no ponto central (52) a mesotrófico no ponto de rio (59) e canal 7 (53), já no período de chuva não obteve alteração na classificação do IET, continuando mesotrófico com oscilação de 53 a 59.

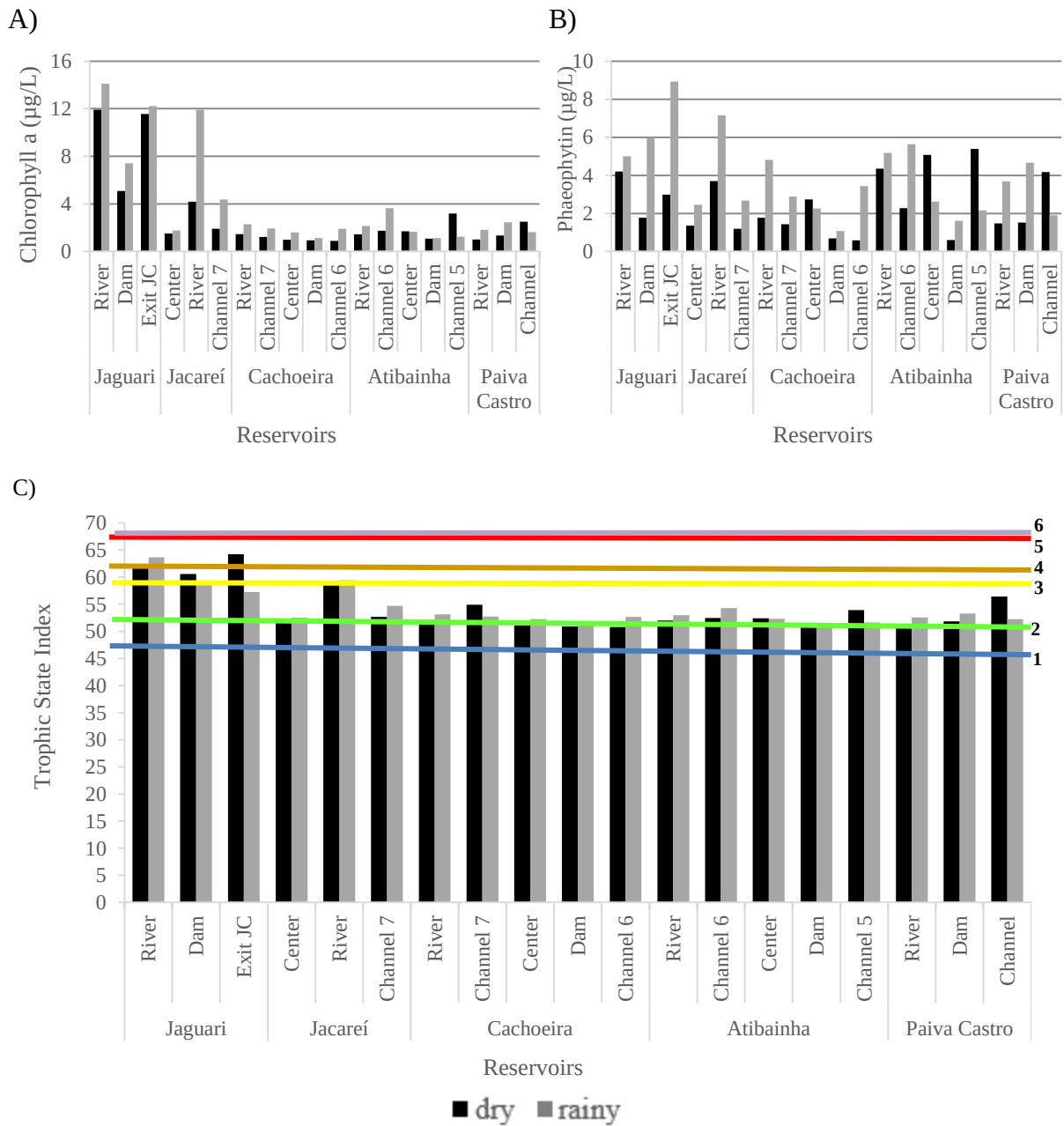
De uma forma geral, Hackbart et al. (2015), classificou os reservatórios Jaguari e Jacaré como meso a hipereutrófico, variando entre 54 a 69, sendo o Jaguari quem apresentou os maiores IET, assim como o apresentado neste trabalho para o mesmo reservatório.

Já os reservatórios Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro a maioria dos pontos, classificaram-se como oligotróficos, tanto no período de seca quanto no chuvoso, com variação entre 51 a 54. Exceto os pontos canal 7 (Cachoeira), canal 5 (Atibainha) e Canal (Paiva Castro), no período de seca, os quais foram classificados como mesotróficos, assim como os pontos de rio, canal 6 e 7 (Cachoeira), rio e canal 6 (Atibainha), rio e barragem (Paiva Castro), no período chuvoso.

Em um estudo de caso realizado por Otomo et al. (2015), nas represas de Guarapiranga e Paiva Castro, durante todo o período analisado (2006 a 2011), a represa de Guarapiranga permaneceu em estado eutrófico, já o reservatório Paiva Castro fixou-se no estado mesotrófico em boa parte do tempo, porém com fortes tendências a atingir o estado eutrófico.

De acordo com Cigagna et al. (2016), em um estudo realizado em períodos sazonais distintos, sendo seco (setembro de 2012) e chuvoso (janeiro de 2013), no reservatório FEENA, localizado na borda leste da cidade de Rio Claro, observaram que o IET também variaram em função da sazonalidade, permitindo classificar o reservatório como mesotrófico durante a estação seca e eutrófico durante a estação chuvosa.

Figura 12 - Valores das variáveis bióticas, clorofila-a (A), feofitina (B) e Índice de Estado Trófico (C), nos reservatórios do Sistema Cantareira, de acordo com os períodos sazonais (seca e chuva)



Trophic State	Weighing
1-Ultraoligotrophic	$IET \leq 47$
2-Oligotrophic	$47 < IET \leq 52$
3-Mesotrophic	$52 < IET \leq 59$
4-Eutrophic	$59 < IET \leq 63$
5-Supereutrophic	$63 < IET \leq 67$
6-Hipereutrophic	$IET > 67$

5.2.2. Composição da comunidade fitoplanctônica

De acordo com Gentil et al. (2008), os estudos sobre a composição taxonômica e diversidade da comunidade fitoplanctônica, são importantes para avaliar a saúde do ambiente e intervir nas prováveis causas de danos ecológicos.

Baseando-se na análise qualitativa foram identificados 252 táxons (espécie e gênero) distribuídos em 15 classes taxonômicas, sendo Cyanophyceae (42), Chlorophyceae (66), Conjugatophyceae (20), Trebouxiophyceae (26), Klebsormidiophyceae (3), Bacillariophyceae (30), Coscinodiscophyceae (18), Fragilariophyceae (8), Cryptophyceae (7), Dinophyceae (10), Euglenophyceae (14), Chrysophyceae (4), Synurophyceae (1), Xanthophyceae (2) e Eustigmatophyceae (1) (Tabela 6).

No período seco foi registrado 201 táxons distribuídos em 14 classes taxonômicas, sendo: Cyanophyceae (27), Chlorophyceae (57), Conjugathophyceae (17), Trebouxyophyceae (19), Klebsormidiophyceae (3), Bacillariophyceae (23), Coscinodiscophyceae (14), Fragilariophyceae e Cryptophyceae (7) cada, Dinophyceae (8), Euglenophyceae (13), Chrysophyceae (4), Synurophyceae e Xanthophyceae (1) cada, e no período chuvoso 167 táxons distribuídos em 15 classes taxonômicas, sendo: Cyanophyceae (29), Chlorophyceae (41), Conjugathophyceae (11), Trebouxyophyceae (19), Klebsormidiophyceae (2), Bacillariophyceae (20), Coscinodiscophyceae (15), Fragilariophyceae (4), Cryptophyceae (7), Dinophyceae (6), Euglenophyceae (8), Chrysophyceae (2), Synurophyceae, Xanthophyceae e Eutigmathophyceae (1) táxon cada classe.

A classe Chlorophyceae foi a que mais se destacou nos dois períodos de coleta (seco e chuvoso), apresentando respectivamente 66 e 57 táxons, com destaque para o gênero *Scenedesmus*, em seguida as classes Cyanophyceae com (42 e 27) e a classe Bacillariophyceae com 30 e 23.

Tabela 6 - Presença dos táxons fitoplancônicos nos reservatórios do Sistema Cantareira de acordo com os períodos sazonais

Táxons	(Continua) Período de coleta	
	Seco	Chuvoso
Cyanophyceae		
<i>Anabaena</i> sp. Bory de Saint-Vincent ex Bornet & Flahault		X
<i>Anathece</i> sp. Komárek & Anagnostidis	X	
<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmermann, E.		X
<i>Aphanizomenon</i> sp. Morren, A. ex Bornet, É. & Flahault, C.		X
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West & West, G.S.	X	
<i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemmermann) Cronberg, G. & Komárek		X
<i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemmermann) Cronberg, G. & Komárek	X	
<i>Aphanocapsa</i> sp. Nägeli, C	X	X
<i>Chroococcus</i> sp. Nägeli, C	X	X
<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> Usachev	X	
<i>Cuspidothrix</i> sp. Komárek, J.; Kastovsky, J.; Mares, J. & Johansen, J.R.		X
<i>Cyanodictyon</i> sp. Pascher, A.	X	
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju	X	X
<i>Dolichospermum planctonicum</i> (Brunnthal) Wacklin, P.; Hoffmann, L. & Komárek, J.		X
<i>Dolichospermum sigmoideum</i> (Nygaard) Wacklin, L. Hoffmann & Komárek		X
<i>Dolichospermum</i> sp. Ralfs ex Bornet & Flahault Wacklin, P.; Hoffmann, L. & Komárek, J.		X
<i>Geitlerinema amphibium</i> (Agardh, C ex Gomont) Anagnostidis	X	X
<i>Geitlerinema</i> sp. (Anagnostidis & Komárek) Anagnostidis	X	X
<i>Gloeocapsa</i> sp. Kützing	X	
<i>Limnothrix</i> sp. Meffert, M.E.		X
<i>Lyngbya</i> sp. Agardh, C. ex Gomont	X	X
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	X	X
<i>Merismopedia trolleri</i> Bachmann, H.	X	
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kützing, F.T.	X	
<i>Microcystis protocystis</i> Crow, W.B.	X	
<i>Microcystis</i> sp. Kützing ex Lemmermann	X	X
<i>Myxobaktron</i> sp. Schmidle, W.	X	
<i>Nostoc</i> sp. Vaucher ex Bornet, É. & Flahault, C		X
<i>Oscillatoria</i> sp. Vaucher ex Gomont, M.		X
<i>Planktolynghya</i> sp. Anagnostidis, K. & Komárek		X
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	X	
<i>Planktothrix isothrix</i> (Skuja) Komárek, J. & Komárková, J.		X
<i>Planktothrix</i> sp. Anagnostidis, K. & Komárek, J	X	X
<i>Pseudanabaena galeata</i> Böcher, T.W.	X	X
<i>Pseudanabaena mucicola</i> (Naumann & Huber-Pestalozzi) Schwabe	X	X
<i>Pseudanabaena</i> sp. Lauterborn	X	X
<i>Snowella lacustri</i> (Chodat, R.) Komárek & Hindák	X	
<i>Snowella</i> sp. Elenkin, A.A.		X
<i>Spirulina</i> sp. Turpin, P.J.F. ex Gomont, M		X
<i>Synechococcus</i> sp. Nägeli, C.	X	X

Tabela 6- Presença dos táxons fitoplantônicos nos reservatórios do Sistema Cantareira de acordo com os períodos sazonais

Táxons	(Continuação)	
	Período de coleta	
	Seco	Chuvoso
Cyanophyceae		
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauvageau, C.	X	
<i>Synechocystis</i> sp. Sauvageau, C.	X	X
Chlorophyceae		
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda, J.A.C.	X	
<i>Ankistrodesmus</i> sp. Corda, J.A.C.	X	X
<i>Asterococcus</i> sp. Scherffel, A.	X	
<i>Carteria</i> sp. Diesing	X	
<i>Characium</i> sp. Braun, A. in Kützing	X	X
<i>Chlamydomonas debaryana</i> Goroschankin [Goroshankin]	X	
<i>Chlamydomonas</i> sp. Ehrenberg	X	X
<i>Chlorella</i> sp. Beyerinck [Beijerinck], M.W.	X	X
<i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck [Beijerinck], M.W.	X	
<i>Chlorococcum minimum</i> Ettl, H. & Gärtner, G.	X	
<i>Chlorococcum</i> sp. Meneghini, G.	X	
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli in Braun, A.	X	X
<i>Coelastrum proboscideum</i> Bohlin in Wittrock	X	
<i>Coelastrum pseudomicroporum</i> Korshikov, O.		X
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dangeard, P.A.) Senn, G.	X	X
<i>Coelastrum sphaericum</i> Nägeli, C.	X	
<i>Coelastrum</i> sp. Nägeli, C.	X	X
<i>Coenocystis</i> sp. Korshikov, O.	X	
<i>Desmodesmus brasiliensis</i> (Bohlin) Hegewald, E.	X	
<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerheim) An, S.S., Friedl, T. & Hegewald, E.		X
<i>Desmodesmus komarekii</i> Hegewald, E.H.	X	
<i>Desmodesmus</i> sp. (Chodat, R) An, S.S.; Friedl, T. & Hegewald, E.	X	X
<i>Dispora</i> sp. Printz, H.	X	X
<i>Eudorina</i> sp. Ehrenberg, C.G.	X	X
<i>Eutetramorus</i> sp. Walton, L.B.	X	X
<i>Golenkinia</i> sp. Chodat, R.	X	
<i>Kirchneriella lunares</i> Möbius, K.	X	
<i>Kirchneriella</i> sp. Schmidle, W.	X	X
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák, F.	X	X
<i>Monoraphidium circinale</i> Nygaard, G.	X	
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová, J.	X	X
<i>Monoraphidium dyboswkii</i> (Woloszynska) Hindák & Komárkova Legnerová	X	X
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	X	
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard, G.	X	
<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová	X	X
<i>Monoraphidium setiforme</i> (Nygaard) Komárková-Legnerová	X	
<i>Monoraphidium</i> sp. Komárková-Legnerová in Fott	X	X

Tabela 6 - Presença dos táxons fitoplanctônicos nos reservatórios do Sistema Cantareira de acordo com os períodos sazonais

Táxons	(continuação)	
	Período de coleta	
	Seco	Chuvoso
Chlorophyceae		
<i>Monoraphidium tortile</i> (West & West) Komárková-Legnerová	X	X
<i>Neochloris</i> sp. Starr, R.C.	X	X
<i>Oedogonium</i> sp. Link ex Hirn, K.E)		X
<i>Pandorina</i> sp. Bory de Saint-Vincent, J.B.G.M.	X	X
<i>Pediastrum</i> sp. Meyen, F.J.F.	X	
<i>Phythelios viridis</i> Frenzel	X	
<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> (Korshikov) Hindák, F.	X	
<i>Quadrigula closterioides</i> (Bohlin) Printz, H.		X
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat, R	X	X
<i>Scenedesmus acunae</i> Comas	X	X
<i>Scenedesmus acutus</i> f. <i>alternans</i> Hortobagyi	X	
<i>Scenedesmus arcuatus</i> Lemmermann, E.	X	
<i>Scenedesmus armatus</i> Chodat, R.		X
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenberg) Chodat, R	X	X
<i>Scenedesmus linearis</i> Komárek, J.	X	
<i>Scenedesmus obliquus</i> (Turpin) Kützing, F.T.	X	
<i>Scenedesmus obtusus</i> f. <i>alternans</i> (Reinsch) Compère		X
<i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen, F.J.F.	X	
<i>Scenedesmus ovalternus</i> Chodat, R.		X
<i>Scenedesmus quadricauda</i> Brébisson, L.A. & Godey, L.L.	X	X
<i>Scenedesmus</i> sp. Meyen, F.J.F.	X	X
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korshikov) Bourrelly in Fott	X	X
<i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chodat, R.	X	X
<i>Sphaerocystis</i> sp. Chodat, R.	X	X
<i>Tetraedron minimum</i> (Braun, A.) Hansgirg, A.		X
<i>Tetraedron</i> sp. Kützing, F.T.	X	X
<i>Tetraedron trigonum</i> (Nägeli) Hansgirg, A.		X
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hindák, F.	X	X
<i>Tetrastrum</i> sp. Chodat, R.	X	X
Conjugatophyceae		
<i>Actinotaenium globosum</i> (Bulnheim) Kreiger & Gerloff	X	
<i>Actinotaenium</i> sp. (Nägeli) Teiling, T.		X
<i>Closterium acutum</i> Ralfs, J.	X	X
<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs, J.	X	
<i>Closterium navicula</i> (Brébisson) Lütkenmüller, J.	X	
<i>Closterium</i> sp. Nitzsch ex Ralfs, J.	X	X
<i>Cosmarium contractum</i> Kirchner, O.	X	
<i>Cosmarium minutum</i> Delponte	X	
<i>Cosmarium punctulatum</i> Brébisson, L.	X	
<i>Cosmarium sphagnicolum</i> West & West, G.S.	X	X

Tabela 6 - Presença dos táxons fitoplanctônicos nos reservatórios do Sistema Cantareira de acordo com os períodos sazonais

Táxons	(continuação)	
	Período de coleta	
	Seco	Chuvoso
Conjugatophyceae		
<i>Cosmarium</i> sp. Corda ex Ralfs, J.	X	X
<i>Mougeotia</i> sp Agardh, C.A.		X
<i>Netrium</i> sp. (Nägeli) Itzigsohn & Rothe	X	
<i>Staurastrum asterias</i> Nygaard	X	
<i>Staurastrum excavatum</i> West & West, G.S.		X
<i>Staurastrum leptacanthum</i> Johnson, L.N.	X	X
<i>Staurastrum pseudotetracerum</i> (Nordstedt) West & West, G.S.	X	X
<i>Staurastrum</i> sp. Meyen ex Ralfs, J.	X	X
<i>Staurodesmus patens</i> (Nordstedt) Croasdale, H.T	X	
<i>Staurodesmus</i> sp. Teiling, E	X	X
Trebouxiophyceae		
<i>Acanthosphaera zachariasii</i> Lemmermann, E.	X	
<i>Actinastrum</i> sp. Lagerheim, G.	X	
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing, F.T.	X	X
<i>Botryococcus</i> sp. Kützing, F.T.	X	X
<i>Botryococcus terribilis</i> Komárek, J. & Marvan, P.		X
<i>Closteriopsis acicularis</i> (Chodat) Belcher, J.H. & Swale, E.M.F.	X	X
<i>Closteriopsis</i> sp. Lemmermann, E.	X	X
<i>Crucigenia crucifera</i> (Wolle) Kuntze, O.	X	X
<i>Crucigenia</i> sp.1 Morren, C.F.A.	X	
<i>Crucigenia</i> sp.2 Morren, C.F.A.	X	
<i>Crucigenia</i> spp Morren, C.F.A.		X
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze, O.	X	X
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nägeli, C.		X
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood, H.C.		X
<i>Dictyosphaerium</i> sp. Nägeli, C.	X	X
<i>Didymocystis bicellularis</i> (Chodat, R.) Komárek, J.	X	
<i>Didymocystis</i> sp. Korshikov, O.	X	X
<i>Eremosphaera</i> sp. De Bary, A.		X
<i>Golenkiniopsis solitaria</i> Korshikov, O.	X	
<i>Koliella longiseta</i> (Vischer) Hindák, F.	X	
<i>Koliella</i> sp. Hindák, F.	X	X
<i>Micractinium</i> sp. Fresenius, G.		X
<i>Oocystis lacustre</i> Chodat, R.	X	X
<i>Oocystis marssonii</i> Lemmermann, E.	X	X
<i>Oocystis solitaria</i> Wittrock in Wittrock & Nordstedt		X
<i>Oocystis</i> sp. Nägeli ex Braun, A.	X	X
Klebsormidiophyceae		
<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille, N.	X	X

Tabela 6 - Presença dos táxons fitoplanctônicos nos reservatórios do Sistema Cantareira de acordo com os períodos sazonais

(continuação)		
	Seco	Chuvoso
Klebsormidiophyceae		
<i>Elakatothrix genevensis</i> (Reverdin) Hindák, F.	X	X
<i>Elakatothrix</i> sp. Wille, N.	X	
Bacillariophyceae		
<i>Achnanthes</i> sp. Bory de Saint-Vincent, J.B.G.M.	X	X
<i>Achnanthidium</i> sp. Kützing, F.T.		X
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman, F.R. & Archibald, R.E.M.	X	
<i>Amphora</i> sp. Ehrenberg, C.G. ex Kützing, F.T.		X
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin	X	
<i>Cymbella cuspidata</i> Kützing, F.T.	X	
<i>Cymbella lanceolata</i> (Agardh, C.) Kirchner, O.	X	
<i>Cymbella naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberg) Cleve, P.T.	X	
<i>Cymbella</i> sp. Agardh, C.A.	X	X
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Heurck, H. van	X	
<i>Diadesmis</i> sp. Kützing, F.T.		X
<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve, P.T.		X
<i>Diploneis</i> sp. Ehrenberg ex Cleve, P.T.	X	X
<i>Encyonema</i> sp. Kützing, F.T.	X	X
<i>Eunotia</i> sp. Ehrenberg, C.G.	X	X
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni, G.B.	X	X
<i>Frustulia</i> sp. Agardh, C.A. ex Rabenhorst, L.		X
<i>Gomphonema</i> sp. Ehrenberg, C.G.	X	X
<i>Gyrosigma</i> sp. Hassall, A.H.	X	X
<i>Hantzschia</i> sp. Grunow, A.	X	
<i>Luticola</i> sp. Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G.	X	X
<i>Navicula cuspidata</i> Kützing, F.T.		X
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh, C.) Kützing, F.T.	X	X
<i>Navicula mutica</i> Kützing, F.T.	X	
<i>Navicula notha</i> Wallace, J.	X	
<i>Navicula protractóide</i> Hustedt, F.	X	
<i>Navicula</i> sp. Bory de Saint-Vincent, J.B.G.M.	X	X
<i>Neidium</i> sp. Pfitzer, E.	X	X
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) Smith, W.		X
<i>Nitzschia</i> sp. Hassall, A.H.	X	X
Coscinodiscophyceae		
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen, R.	X	X
<i>Aulacoseira cf distans</i> (Ehrenberg) Simonsen, R.	X	X
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, R.	X	X
<i>Aulacoseira granulata var angustissima</i> (Müller, O.F.) Simonsen, R.	X	X
<i>Aulacoseira nyassensis</i> (Müller, O.) Simonsen, R.	X	
<i>Aulacoseira pseudogranulata</i> (Cleve) Simonsen, R.	X	X
<i>Aulacoseira</i> sp. Thwaites, G.H.K.	X	X

Tabela 6 - Presença dos táxons fitoplanctônicos nos reservatórios do Sistema Cantareira de acordo com os períodos sazonais

	(continuação)	
	Seco	Chuvoso
Coscinodiscophyceae		
<i>Chaetoceros</i> sp. Ehrenberg, C.G.	X	
<i>Coscinodiscus</i> sp. Ehrenberg, C.G.	X	
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing, F.T.	X	X
<i>Cyclotella</i> sp. (Kützing) Brébisson	X	X
<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee	X	X
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee	X	X
<i>Leptocylindrus</i> sp. Cleve, P.T.		X
<i>Melosira varians</i> Agardh, C.A.	X	X
<i>Orthoseira</i> sp. Thwaites, G.H.K.		X
<i>Thalassiosira</i> sp. Cleve, P.T.		X
<i>Urosolenia</i> sp. Round, F.E. & Crawford, R.M.		X
Fragilariophyceae		
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton, F.	X	
<i>Fragilaria</i> sp. Lyngbye, H.C.	X	X
<i>Meridion constrictum</i> Ralfs, J.	X	
<i>Pseudostaurosira</i> sp. Williams, D.M. & Round, F.E.		X
<i>Synedra acus</i> Kützing, F.T.	X	X
<i>Synedra delicatissima</i> Smith, W.	X	
<i>Synedra</i> sp. Ehrenberg, C.G.	X	X
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing, F.T.	X	
Cryptophyceae		
<i>Chroomonas</i> sp. Hansgirg, A.	X	X
<i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, A.; Bicudo, C. & Bicudo, D.	X	X
<i>Cryptomonas curvata</i> Ehrenberg, C.G.	X	X
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg, C.G.	X	X
<i>Cryptomonas obovata</i> Czosnowski, J.	X	X
<i>Cryptomonas</i> sp. Ehrenberg, C.G.	X	X
<i>Rhodomonas minuta</i> Skuja	X	X
Dinophyceae		
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V.H.	X	X
<i>Gymnodinium fuscum</i> (Ehrenberg) Stein, F. von	X	
<i>Gymnodinium sanguineum</i> Hirasaka, K.	X	
<i>Gymnodinium</i> sp. Stein, F. von	X	X
<i>Peridiniopsis</i> sp. Lemmermann, E.		X
<i>Peridinium gatunense</i> Nygaard		X
<i>Peridinium pusillum</i> (Pénard) Lemmermann, E.	X	
<i>Peridinium raciborskii</i> Woloszyńska, J.	X	
<i>Peridinium</i> sp. Ehrenberg, C.G.	X	X
<i>Peridinium umbonatum</i> Stein, F. von	X	X
Euglenophyceae		
<i>Distigma curvata</i> Pringsheim	X	

Tabela 6 - Presença dos táxons fitoplanctônicos nos reservatórios do Sistema Cantareira de acordo com os períodos sazonais

	(conclusão)	
	Seco	Chuvoso
Euglenophyceae		
<i>Euglena</i> sp. Ehrenberg, C.G.	X	X
<i>Heteronema saopaulensis</i> Skvortzov	X	
<i>Hyalophacus ocellatus</i> Pringsheim	X	
<i>Lepocinclis marssonii</i> Lemmermann, E	X	
<i>Lepocinclis</i> sp. Perty		X
<i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin, F.	X	X
<i>Phacus</i> sp. Dujardin	X	X
<i>Strombomonas</i> sp. Rosowski, J.R.	X	
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein, F. von	X	X
<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmermann, E.	X	
<i>Trachelomonas</i> sp. Ehrenberg	X	X
<i>Trachelomonas verrucosa</i> Stokes, A.	X	X
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenberg, C.G.	X	X
Chrysophyceae		
<i>Dinobryon bavaricum</i> Imhof, O.E.	X	
<i>Dinobryon</i> sp. Ehrenberg, C.G.	X	X
<i>Lagynion ampullaceum</i> (Stokes) Pascher, A.	X	X
<i>Ochromonas</i> sp. Vysotskii [Wysotzki], A.V.	X	
Synurophyceae		
<i>Mallomonas</i> sp. Perty, M.	X	X
Xanthophyceae		
<i>Characiopsis</i> sp. Borzi		X
<i>Tetraplektron torsum</i> (Turner, W.B.) Dedusenko-Shchegoleva	X	
Eustigmatophyceae		
<i>Pseudostaurastrum lobulatum</i> (Nägeli) Bourrelly		X

Fonte: Autoria própria.

Legenda: Estação de coleta> R=Rio; S=Saída; B=Barragem; C5=Canal 5; C6=Canal 6; C7=Canal 7 e C=Central.

5.2.3. Heterogeneidade espacial da comunidade fitoplanctônica

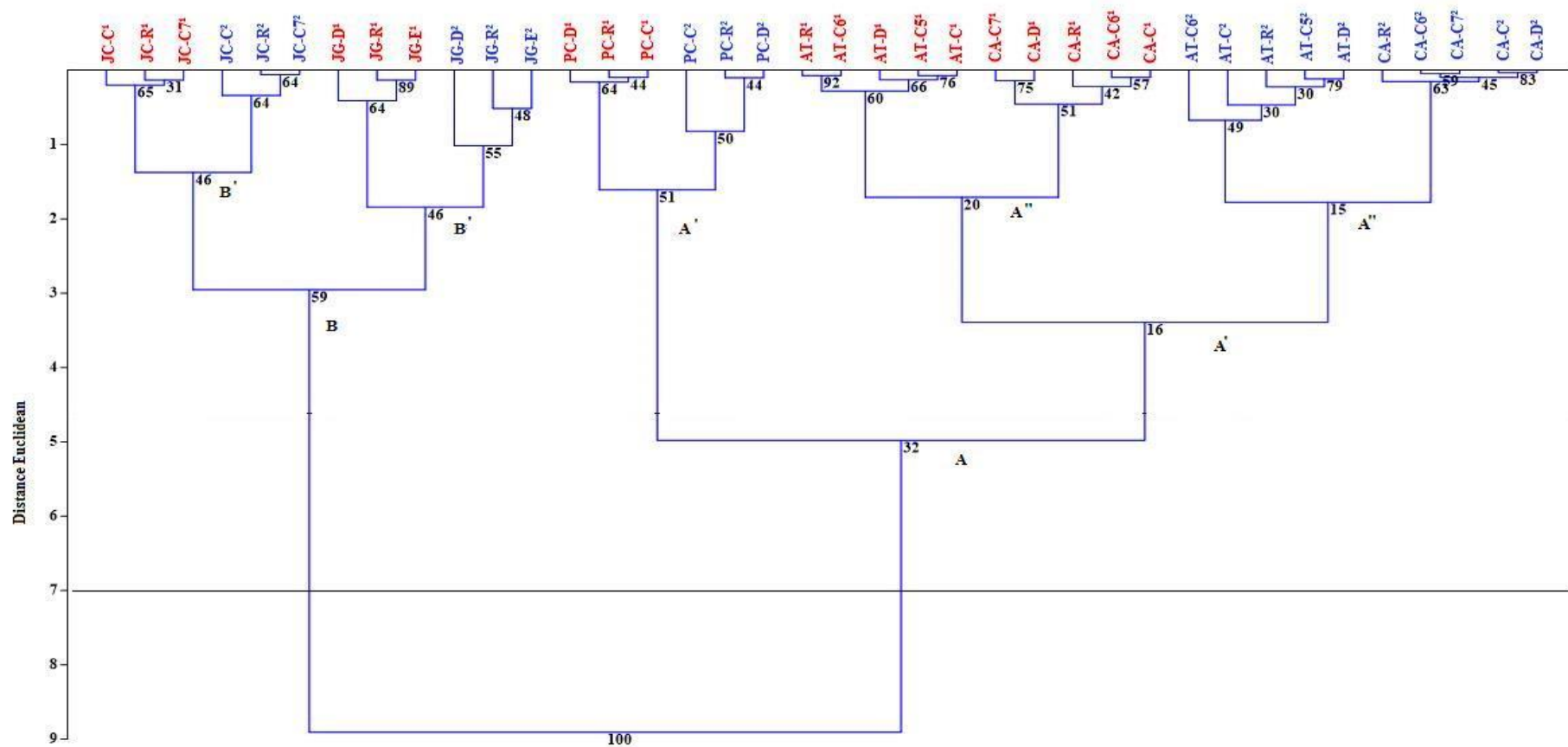
De acordo com Tundisi (1996), os reservatórios possuem alto grau de heterogeneidade espacial e temporal. Foi realizada uma análise estatística de dissimilaridade (ANOSIM - Two Away), para observar se houve diferença entre os pontos de coleta dos reservatórios do Sistema Cantareira.

Foi observado divisões de dois grandes grupos, sendo denominados de grupo A e B. O grupo A apresentou 32% de diferença e foi composto por dois subgrupos sendo: A' com 16% de dissimilaridade e formando o subgrupo A'' com 15%, compostos principalmente pelos pontos de amostragem dos reservatórios Cachoeira e Atibainha e o reservatório Paiva Castro (subgrupo A') com 51% de dissimilaridade e diferenciando-se fortemente em relação aos outros reservatórios. Logo o grupo B, apresentando 59% de dissimilaridade e composto pelos subgrupos B', com 46% cada ponto de amostragem representandos pelos reservatórios Jaguari e Jacaré de acordo com a sazonalidade.

Sendo assim, a análise de similaridade (ANOSIM) realizada indicou que existe heterogeneidade espacial, e evidenciou que a comunidade fitoplanctônica respondem ao gradiente de condições ambientais variando longitudinalmente ($p = 0,001$), e em relação a heterogeneidade temporal, demonstrou que houve diferença significativa em relação aos períodos sazonais e entre a comunidade fitoplanctônica ($p = 0,001$) (Figura 13). O mesmo foi observado na represa de Jurumirim (rio Paranapanema-SP) por Henry et al. (1998) e no reservatório de Boa Esperança (Maranhão-PI) por Pompêo et al. (1998).

Hackbart et al. (2015), avaliaram a heterogeneidade espacial horizontal intra e inter reservatórios do Sistema Cantareira (Reservatórios Jaguari-Jacaré, São Paulo) e através das análises dos dados confirmaram a existência da heterogeneidade espacial horizontal entre os dois reservatórios, com diferenças provavelmente associadas à dinâmica de cada um deles e do seu entorno.

Figura 13 - Análise de agrupamento (cluster) a partir da matriz de dados bióticos (abundância relativa da densidade fitoplancônica) nos pontos de amostragem dos reservatórios do Sistema Cantareira (Jaguari/Jacaré, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro), nos dois períodos sazonais (seco e chuvoso). Foi utilizado o método Ward para agrupamento, processo de reamostragem bootstrap e distância Euclidiana. Correlação cofenética = 0,7404



Legenda: Períodos sazonais representados pelos número 1 e 2 ou pelas cores azul e vermelho, sendo 1=período seco e 2= período chuvoso. Letras A e B = grandes grupos e A', A'', B' = subgrupos. Utilizou-se bootstrap de 100%.

5.2.4. Análise de agrupamento - Cluster

A similaridade dos táxons da comunidade fitoplancônica entre as estações amostrais foi evidenciada pela análise de agrupamento (cluster), com a utilização da presença/ausência dos táxons e a aplicação do coeficiente de Jaccard (Figura 14).

Foi observado uma separação em dois grandes grupos, no período seco formou cinco subgrupos e no chuvoso seis subgrupos. No período chuvoso o coeficiente de similaridade variou entre 0,3 a 0,5 e no período seco de 0,2 a 0,6, apresentando uma média a baixa similaridade fitoplancônica. Entretanto, o período chuvoso foi mais significativo que o período seco, apresentando coeficiente de correlação igual a 0,91.

O grupo A foi representado pelo reservatório Jaguari e o grupo B representado pelos demais reservatórios; dentro do grupo B, o reservatório Paiva Castro se diferenciou fortemente em relação aos outros reservatórios.

No período seco os pontos AT-C5 e AT-C representados pelo reservatório Atibainha apresentaram 97% de similaridade dos dados bióticos, em seguida foi o reservatório Jaguari, com os pontos JG-E apresentando 62% de similaridade e JG-D/JG-R 50%. Já no período chuvoso, o ponto JG-D representado pelo reservatório Jaguari, apresentou 99% de similaridade e os pontos AT-C e AT-D 95% (reservatório Atibainha).

O reservatório Jaguari, nos pontos de rio e saída, no período chuvoso, obteve 69% de similaridade e a classe Cyanophyceae foi a melhor representada, já o reservatório Cachoeira (ponto rio) foi o que mais se distanciou dos outros pontos de coleta dentro do grupo B. No período seco, dentro do grupo B o reservatório Atibainha foi o melhor representado, principalmente na região central e canal 5, com 97% de similaridade. No grupo A os pontos de rio e barragem do reservatório Jaguari foi o mais similar, contudo, o ponto de saída obteve a maior abundância da classe Dinophyceae.

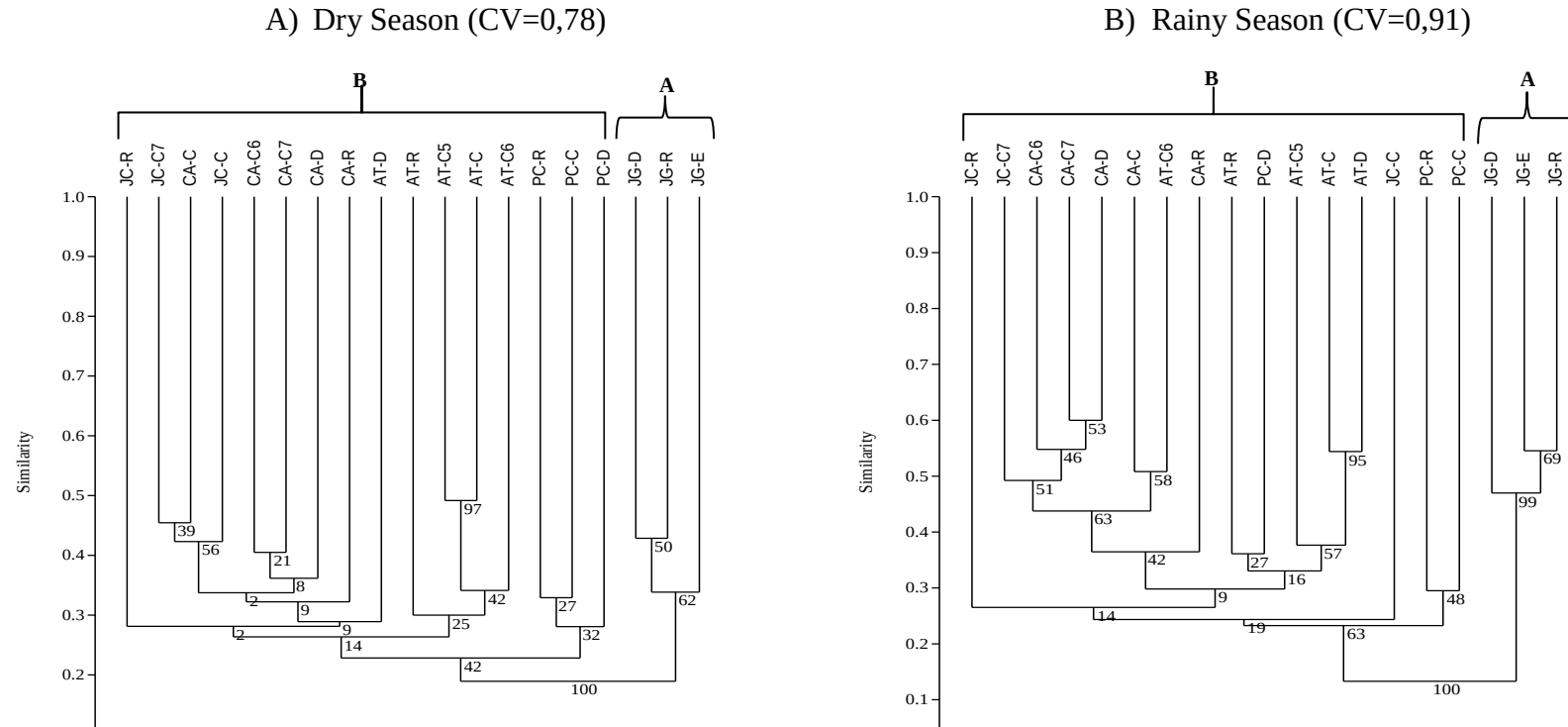
No geral, a análise de agrupamento mostrou a ocorrência da heterogeneidade espacial da comunidade fitoplancônica e o reservatório Jaguari (grupo A) se destacou apresentando uma menor diversidade e maior grau de trofia. Contudo, os reservatórios que se agruparam no grupo B, apresentaram uma maior diversidade.

Segundo Nogueira et al. (2008), as estratégias para a conservação e conhecimento da biodiversidade são baseadas principalmente em composição florística e na riqueza de espécies. Sendo assim, a diversidade de espécie é composta por três tipos, sendo: diversidade alfa (α) e/ou local, que corresponde ao número total de espécies em um determinado local; diversidade gama (γ) e/ou regional, que é o número total de espécies observadas no conjunto

de habitats estudados e diversidade beta (β), que corresponde às mudanças na composição de espécies e na estrutura da comunidade ao longo de um gradiente ambiental.

Um estudo realizado em quatro lagos artificiais urbanos do município de Goiânia, GO, também foi observado uma baixa similaridade florística entre os lagos estudados (0,45 a 0,52), e segundo os autores a composição fitoplanctônica entre os lagos era bastante diferente, reforçando a hipótese de que a heterogeneidade nos lagos registrada foi através da diversidade beta (NOGUEIRA et al., 2008). Assim como ocorreu dentro dos reservatórios (nos pontos de coletas) e também entre os cinco reservatórios do Sistema Cantareira.

Figura 14 - Dendrograma de similaridade entre os pontos de amostragens estudados dos reservatórios do Sistema Cantareira (Jaguari, Jacaré, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro), realizado a partir da matriz de dados bióticos (presença/ausência) de determinados períodos sazonais (seco-maio/junho e chuvoso-novembro/dezembro), utilizando-se o método de agrupamento completo e o coeficiente de similaridade de Jaccard.



Legenda: Letras A e B na figura são os grupos formados pelos reservatórios Jaguari (JG-R; JG-D; JG-E), Jacaré (JC-R; JC-C7; JC-C), Cachoeira (CA-R; CA-C6; CA-C7; CA-C; CA-D), Atibainha (AT-R; AT-C5; AT-C6; AT-C; AT-D) e Paiva Castro (PC-R; PC-C; PC-D).
Utilizou-se bootstrap de 100%.

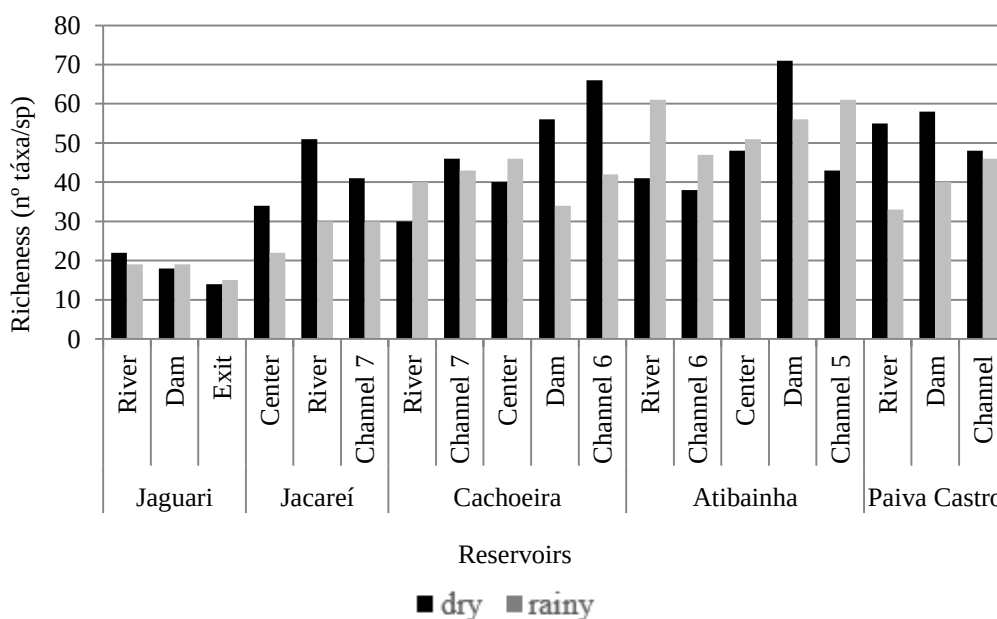
5.2.5. Riqueza e Densidade

A coleta realizada em maio/junho foi observado uma maior riqueza em comparação com a de novembro/dezembro, onde a maioria dos táxons se concentraram principalmente no reservatório Atibainha, com um total de 71 táxons agrupados na área de barragem, e em seguida o reservatório Cachoeira com 66 táxons no canal 6, contudo, o reservatório Jaguari apresentou os menores valores de riqueza, tanto no período seco quanto no chuvoso (Figura 15).

O reservatório Jaguari, em todos os pontos de coleta, apresentou o menor número de táxons (14), principalmente do período seco, possivelmente por ser um reservatório a montante, com maior velocidade no fluxo de água, maiores teores de nutrientes e sólidos em suspensão, menor penetração de luz, menor tempo de retenção e também maior uso e ocupação do entorno.

Pode-se observar que as maiores concentrações de espécies foram nos canais e barragem, sendo caracterizados respectivamente dentro de um *continnium* como áreas de transição e lacustre, onde há uma redução na velocidade do fluxo d'água e da turbidez, aumento da disponibilidade de nutrientes e da penetração de luz, e consequentemente elevação da produção primária fitoplanctônica (ESTEVES, 2011).

Figura 15 - Riqueza total de táxons fitoplanctônicos de acordo com os pontos de coleta e períodos sazonais dos reservatórios do Sistema Cantareira



Em relação a riqueza por classe, no período seco, registrou-se 14 classes fitoplanctônicas sendo elas: Cyanophyceae, Chlorophyceae, Conjugathophyceae, Trebouxiophyceae, Klebsormidiophyceae, Bacillariophyceae, Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Chrysophyceae, Synurophyceae e Xanthophyceae, e no período chuvoso, foram registradas 15 classes, as mesmas citadas para o período seco incluindo a classe Eustigmaphyceae (Figura 16-A e B).

O reservatório Atibainha, na zona central, no período seco, contribuiu com mais de 70% dos táxons, e no período chuvoso, na zona de rio e barragem, com mais de 60%, sendo que a classe Chlorophyceae se destacou nos dois períodos de coleta com um total de 196 táxons na estação seca e, com 151 táxons na estação chuvosa, em seguida foi a classe Coscinodiscophyceae com 108 e 118 táxons, Bacillariophyceae com 82 táxons na estação chuvosa e Cyanophyceae com 76 táxons na estação seca.

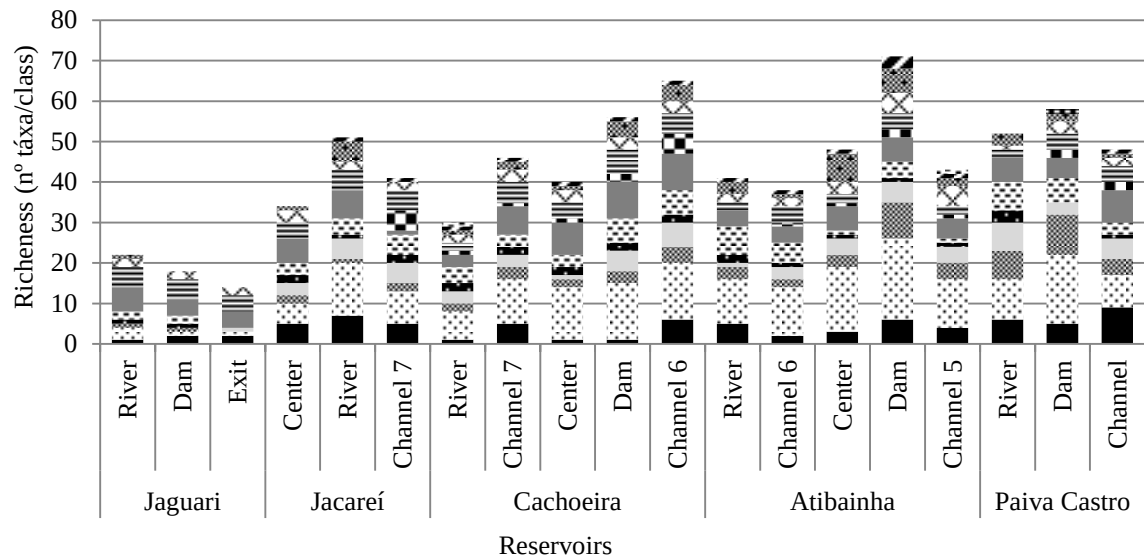
Corroborando com estes resultados, Calijuri et al. (2002), no reservatório de Barra Bonita-SP, durante os primeiros onze dias de coleta, registrou maior abundância relativa para a classe Chlorophyceae, apresentando 53 táxons.

Conforme Peres & Senna (2000), as clorofíceas constituem um dos principais grupos de algas e são encontradas em vários tipos de ambientes, desde águas oligotróficas até ambientes fortemente poluídos, possuindo várias estratégias de sobrevivência devido à sua alta diversidade.

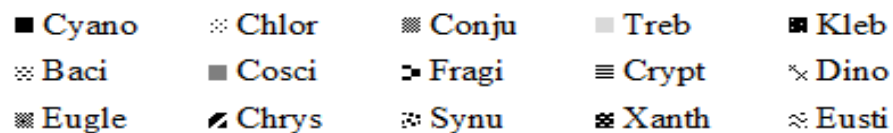
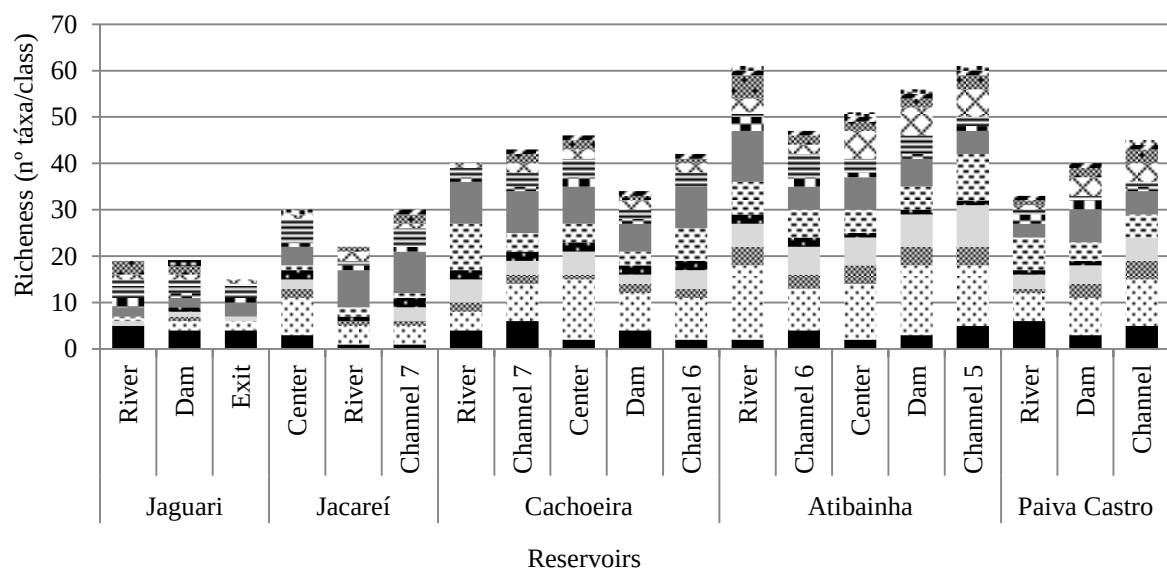
Em muitos trabalhos realizados em ambientes continentais do Estado de São Paulo a classe Chlorophyceae se destaca em maior número de táxons, como por exemplos nos trabalhos de Dos Santos & Calijuri (1998) no reservatório de Barra Bonita; Silva (1999) no Lago Monte Alegre; Calijuri et al. (2002) no reservatório de Barra Bonita; Henry et al. (2006) no reservatório de Jurumirim; Ferragut & Bicudo (2009) no Lago do IAG (Instituto Astronômico e Geofísico); Cunha & Calijuri (2011) no reservatório de Itupararanga; Pellegrini & Ferragut (2012) no Lago das Ninféias; Santos et al. (2015) no reservatório de Guarapiranga; Nishimura et al. (2015) na represa de Billings, entre outros.

Figura 16 - Riqueza de táxons de fitoplâncton por Classes A) período seco (maio/junho de 2013) e B) período chuvoso (novembro/dezembro de 2013) nos 19 pontos de coletas dos reservatórios do Sistema Cantareira (Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro)

A)



B)



Fonte: Autoria própria.

Legenda: Cyano = Cyanophyceae; Chlor = Chlorophyceae; Conju = Conjugatophyceae; Treb = Trebouxiophyceae; Kleb = Klebsormidiophyceae; Baci = Bacillariophyceae; Cosci = Coscinodiscophyceae; Fragi = Fragilariophyceae; Crypt = Cryptophyceae; Dino = Dinophyceae; Eugle = Euglenophyceae; Chrys = Chrysophyceae; Synu = Synurophyceae; Xanth = Xanthophyceae e Eusti = Eustigmatophyceae.

No período seco as primeiras três classes que contribuíram para densidade foram Cryptophyceae, com destaque para a espécie *Rhodomonas minuta* com um total de 613.839 ind.ml⁻¹, seguida das classes Dinophyceae e Coscinodiscophyceae. Entretanto, o reservatório Jaguari apresentou os maiores valores de densidade (1.181.919 ind.ml⁻¹), e a classe Dinophyceae foi a que mais contribuiu, com 536.309 ind.ml⁻¹, com dominância da espécie *Ceratium furcoides*, principalmente na saída do reservatório Jaguari (229.928 ind.ml⁻¹) (Figura 17).

Essa espécie de dinoflagelado é considerada uma espécie exótica, comum em ambientes marinhos, porém invasora de ambientes continentais e com registro de sua presença em vários corpos d'água de todos os níveis tróficos (MEICHTRY et al., 2014; NISHIMURA et al., 2015; SILVA et al., 2012).

Matsumura-Tundisi et al. (2010) e Nishimura (2012) na represa de Billings-SP, também registraram alta densidade do gênero *Ceratium*, que normalmente estão relacionados a elevada concentração de nutrientes, mistura vertical e estratificação da coluna d'água. Matsumura-Tundisi et al. (2010), destacaram que as proliferações dessa espécie podem ser prejudiciais aos peixes devido a decomposição e depleção do oxigênio após as proliferações da população.

O reservatório Cachoeira, obteve o menor valor da densidade total, com 408.117 ind.ml⁻¹, e a classe Cryptophyceae foi a que mais contribui com 158.899 ind.ml⁻¹, com abundância da espécie *Rhodomonas minuta* na área de barragem (48.081 ind.ml⁻¹).

De acordo com Tucci et al. (2011), as criptofíceas, estão presentes praticamente ao longo de todo o ano em baixas densidades, principalmente em ambientes oligotróficos, mas também em pequenos corpos d'água e rios com altas concentrações de nutrientes, corroborando com os resultados apresentados neste trabalho referente a trofia do reservatório Cachoeira, caracterizado como oligotrófico, porém com altas densidades.

Na estação chuvosa, as três primeiras classes com maiores densidade foram: Cyanophyceae, Coscinodiscophyceae e Klebsormidiophyceae. Contudo, o reservatório Jaguari foi o mais representativo, apresentando densidade total igual a 3.860.917 ind.ml⁻¹, e a classe que se destacou com maior densidade total foi Cyanophyceae, com 2.966.832 ind.ml⁻¹ (Figura 18). A espécie *Aphanizomenon gracile*, registrou altas densidades em todos os pontos amostrados do reservatório Jaguari, totalizando 2.542.089 ind.ml⁻¹, esta espécie é característica de ambientes mesotróficos e com tolerância a deficiência de nitrogênio e carbono (REYNOLDS, 2006).

Fragoso et al. (2005), também observaram na lagoa de Campelo-PB, que o período seco apresentou a maior densidade em relação ao período chuvoso, com dominância de cianobactérias em quase todos os pontos de coleta (90,3%), e os gêneros *Synechocystis*, *Aphanizomenon* e *Microcystis*, foram os mais abundantes. Também foi observado em dois reservatórios dos municípios de Santiago e Farropilha (RS) um aumento na densidade de cianobactérias com florações no ano de 2009, e o gênero *Aphanizomenon* se fez presente mas sem florações (MÜLLER et al., 2012).

Train et al. (2006), em um estudo realizado na lagoa das Garças-PR, no período entre fevereiro de 2000 a dezembro de 2005, relataram que em maio de 2002, a espécie *Aphanizomenon gracile*, foi a que menos contribuiu em relação as outras espécies, apresentando 6% sobre a densidade e 25% sobre o biovolume, diferentemente do que foi observado neste trabalho, onde essa espécie foi a que mais contribuiu no período chuvoso, tanto em densidade quanto em biomassa.

Costa et al. (2006), observaram que no reservatório Armando Ribeiro Gonçalves-RN, a densidade total de cianobactérias apresentou-se elevada durante todo o período de estudo, variando de $9,08 \times 10^4$ e $8,2 \times 10^5$ células/ml⁻¹ e a espécie *Aphanizomenon gracile* predominou durante os meses de novembro e dezembro de 2000. Essa espécie de cianobactéria, é potencialmente tóxica, com capacidade de produzir neurotoxina, e representa ameaça constante para a saúde pública (SANT'ANNA et al., 2008).

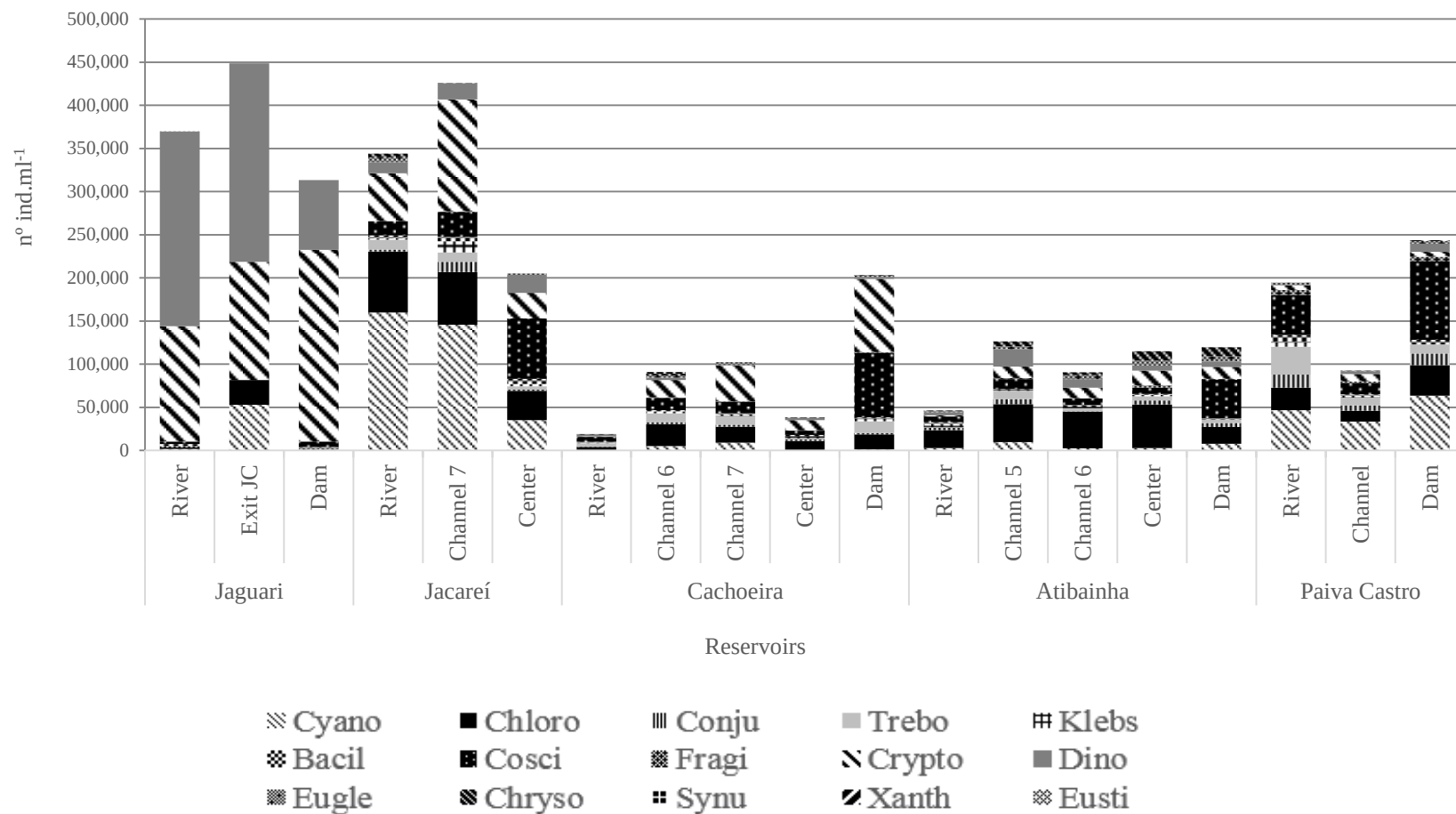
O grupo das cianofíceas, se destacam por serem cosmopolitas, oportunistas e obterem a capacidade de se desenvolverem nos mais diferentes estados tróficos (CETTO et al., 2004).

O reservatório Paiva Castro, apresentou os menores valores de densidade (212.208 ind.ml⁻¹), sendo a classe Dinophyceae, que exibiu o maior valor de densidade (108.632 ind.ml⁻¹), com o domínio do gênero *Peridinium* na área de barragem (63.389 ind.ml⁻¹).

De acordo com Cardoso et al. (2010) e Cardoso & Torgan (2007), o conhecimento da diversidade em dinoflagelados nos reservatórios brasileiros é bem limitado, especialmente em ambientes subtropicais. Esses organismos possuem a tendência de formar florações, assim como as cianobactérias, e isso pode ser explicado pelas características ecofisiológicas e por estratégias reprodutivas, que lhes permitam desenvolver e sobreviver em condições que são desfavoráveis para outras algas.

Para se conhecer e entender os padrões espaciais e temporais desta comunidade são necessárias coletas mais freqüentes, que permitissem acompanhar as rápidas variações em ambas, as condições ambientais e as respostas das espécies fitoplanctônicas.

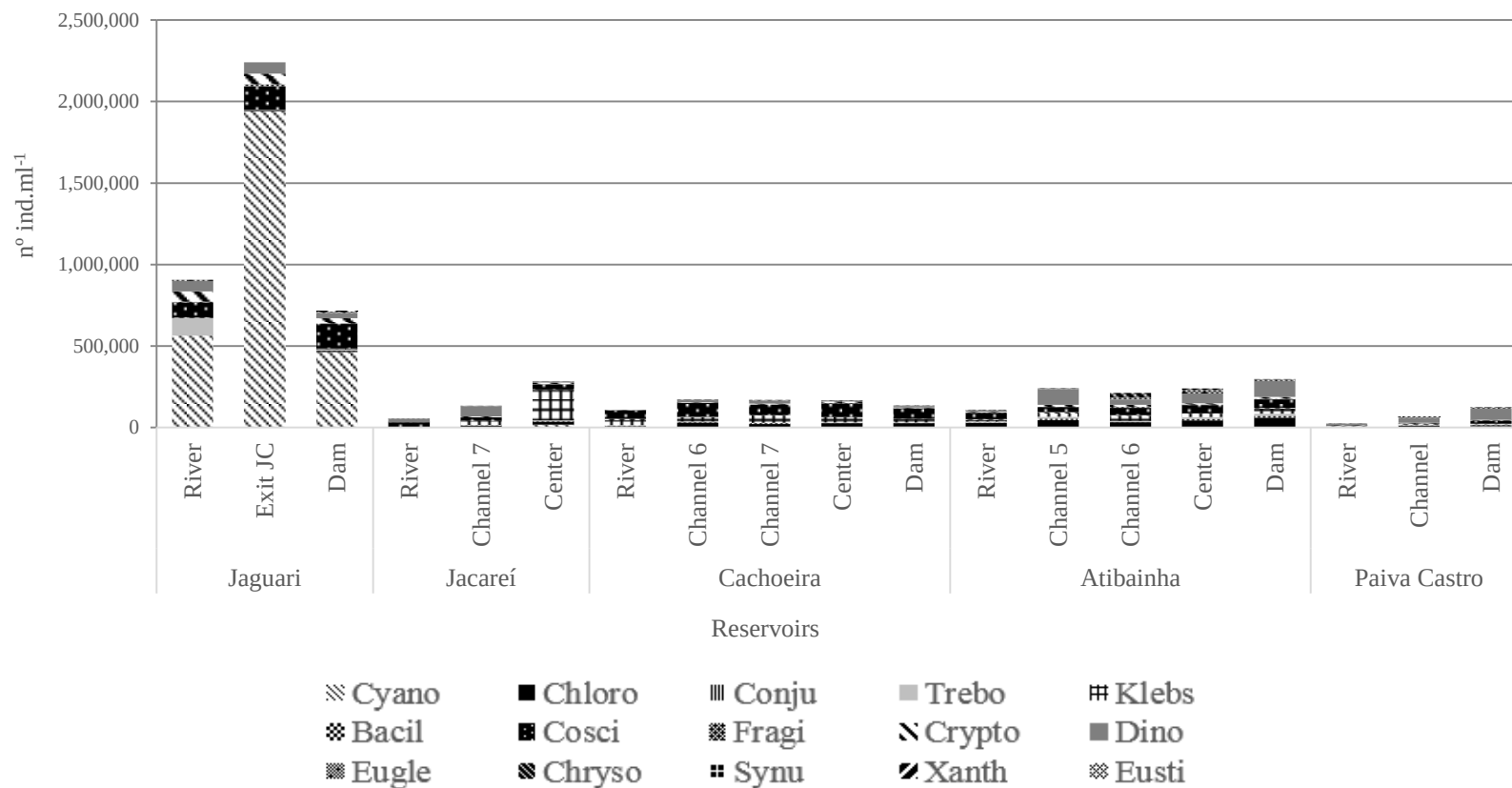
Figura 17 – Densidade total das classes fitoplanctônicas no período seco (maio/junho de 2013) nos reservatórios do Sistema Cantareira



Fonte: Autoria própria.

Legenda: Cyano = Cyanophyceae; Chlora = Chlorophyceae; Conju = Conjugatophyceae; Trebo = Trebouxiophyceae; Klebs = Klebsormidiophyceae; Bacil = Bacillariophyceae; Cosci = Coscinodiscophyceae; Fragi = Fragilariophyceae; Crypto = Cryptophyceae; Dino = Dinophyceae; Eugle = Euglenophyceae; Chryso = Chrysophyceae; Synu = Synurophyceae; Xanth = Xanthophyceae e Eusti = Eustigmatophyceae.

Figura 18 - Densidade total das classes fitoplantônicas no período chuvoso (novembro/dezembro de 2013) nos reservatórios do Sistema Cantareira



Fonte: Autoria própria.

Legenda: Cyano = Cyanophyceae; Chlora = Chlorophyceae; Conju = Conjugatophyceae; Trebo = Trebouxiophyceae; Klebs = Klebsormidiophyceae; Bacil = Bacillariophyceae; Cosci = Coscinodiscophyceae; Fragi = Fragilariophyceae; Crypto = Cryptophyceae; Dino = Dinophyceae; Eugle = Euglenophyceae; Chryso = Chrysophyceae; Synu = Synurophyceae; Xanth = Xanthophyceae e Eusti = Eustigmatophyceae.

5.2.6. Índices de diversidade, equitabilidade e dominância

A diversidade pode variar de acordo com a heterogeneidade de habitats, com condições ambientais particulares, estando relacionada basicamente às interações específicas (competição, predação pelo zooplâncton, mutualismo) e aspectos locais como distúrbios de origem alóctone (DIEMER & SEBASTIEN, 2009).

O reservatório Atibainha no ponto rio registrou a maior diversidade em relação aos outros reservatórios, apresentando $2,36 \text{ bits.ind}^{-1}$ no período chuvoso e o reservatório Jaguari no ponto barragem apresentou a menor diversidade ($0,79 \text{ bits.ind}^{-1}$) no período seco (Figura 19-A e B).

Borges et al. (2008) registraram baixos valores de diversidade e equitabilidade, em ambientes eutrofizados, com registros de dominância de cianobactérias. Neste trabalho ocorreu o mesmo, onde o reservatório Jaguari apresentou baixa diversidade e equitabilidade principalmente na área de barragem, nos dois períodos de coleta, sendo que no chuvoso ocorreu a dominância de cianobactéria da espécie *Aphanizomenon gracile*. No entanto, Calijuri et al. (2002), observaram no reservatório de Barra Bonita-SP, que no inverno a diversidade de espécies foi maior e mais instável do que no verão, apresentando baixa diversidade e dominância da espécie *Microcystis aeruginosa*.

Contudo, Nishimura et al. (2015), observaram que a diversidade específica do braço Rio Grande e Taquacetuba da represa Billings, apresentaram-se semelhantes, com média de $4,0 \pm 0,2$ no braço Rio Grande e Taquacetuba com média de $2,4 \pm 0,6$; diferenciando a estrutura da comunidade de forma bem distinta. Entretanto, Nabout & Nogueira (2011) observaram elevada diversidade da comunidade fitoplancônica em quatro lagos urbanos eutróficos (lago do Jardim Botânico de Goiânia, lago do parque Vaca Brava, lago das Rosas e o lago do bosque dos Buritis), variando de $H' = 0,97$ (bosque dos Buritis) a $H' = 4,29$ (lago do Jardim Botânico).

O índice de equitabilidade refere-se ao padrão de distribuição uniforme de indivíduos entre as espécies, sendo proporcional a diversidade, exceto se houver co-dominância de espécies (Pielou 1975).

Sendo assim, a equitabilidade variou de 0,88 no reservatório Jacaré (ponto central) a 0,38 no reservatório Jaguari (ponto barragem) no período seco, apresentando uma distribuição uniforme dos táxons na amostra analisada. Já para o período chuvoso a variação foi de 0,95 no reservatório Atibainha (ponto rio) a 0,42 no reservatório Paiva Castro (ponto canal), apresentando alta equitabilidade no reservatório Atibainha e nos outros reservatórios, a

equitabilidade foi uniforme, indicando que as densidades das espécies se distribuíram homogeneamente.

Em relação a dominância de táxons no período seco, o reservatório Jaguari no ponto barragem obteve a maior dominância (0,55), principalmente da espécie *Ceratium furcoides*, já o reservatório Atibainha (ponto barragem) apresentou baixa dominância (0,13). Já no período chuvoso a variação da dominância foi de 0,58 no reservatório Paiva Castro (ponto canal) a 0,10 no reservatório Atibainha (ponto rio), com dominância da espécie *Aphanizomenon gracile*. Sendo assim, observou-se que quando a diversidade de espécies aumenta, a dominância diminui em relação ao reservatório a montante para o reservatório a jusante, e vice-versa.

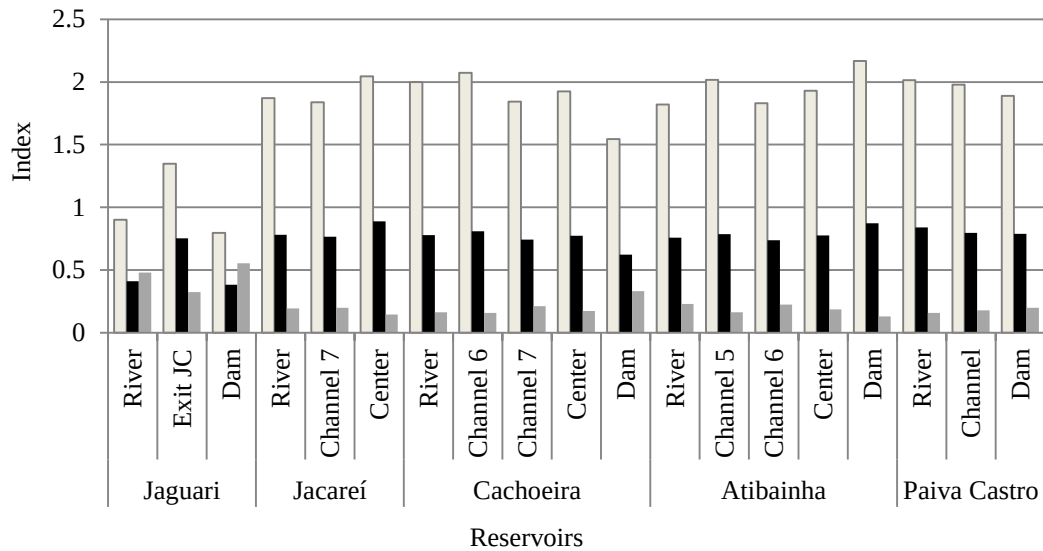
A dominância de cianobactérias, reportam que o ambiente se apresenta em estado de eutrofização, fazendo com que a diversidade da composição do fitoplâncton diminua gradativamente (CHEPALLA et al., 2007).

Chepalla et al. (2009), em três reservatórios do estado do Rio Grande do Norte, observaram que o índice de dominância foi consideravelmente baixo, devido a presença de clorofíceas e zignematofíceas, nas formas unicelulares e coloniais. Contudo, a classe Coscinodiscophyceae, representada pelos gêneros *Cyclotella* e *Aulacoseira*, obtiveram dominância moderada.

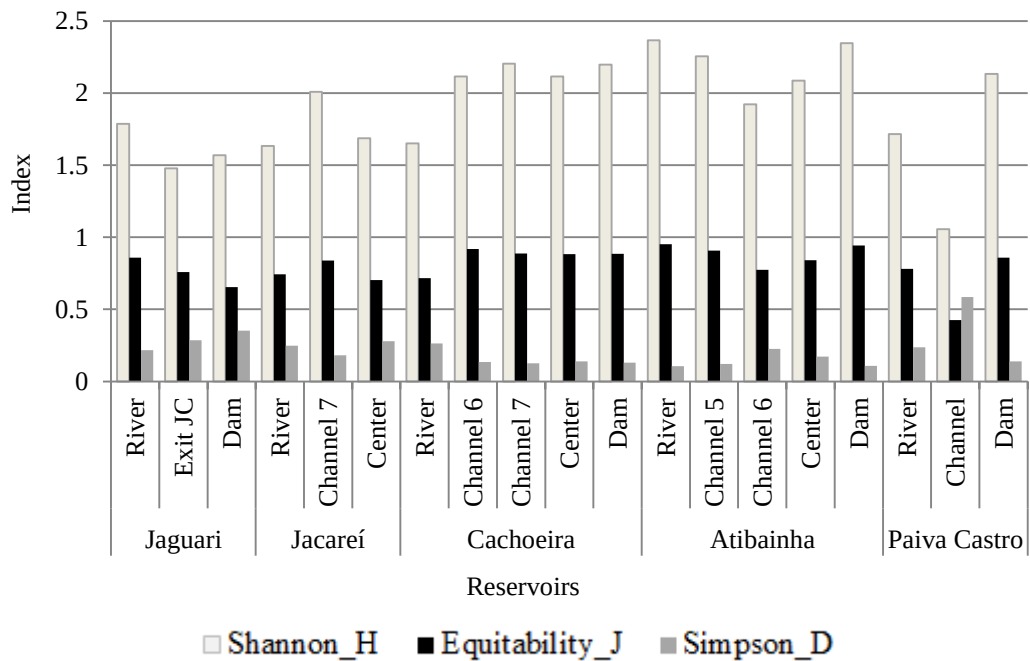
O gênero *Aulacoseira* pode ser frequente, podendo ser encontrado nas quatro estações do ano e apresentar co-dominância com espécies de cianobactéria (SERPE, 2014).

Figura 19 - Valores dos índices de diversidade (Shannon – ‘H), Equitabilidade (Pielou – J) e Dominância (Simpson – D), em relação aos períodos de coletas nos meses de maio/ junho (período seco - A) e novembro/ dezembro (período chuvoso - B), em 2013, nos reservatórios do Sistema Cantareira-SP

A) Dry Season



B) Rainy Season



5.2.7. Contribuição da biomassa por classes fitoplanctônicas

De acordo com Bouvy et al. (2003), a composição e biomassa fitoplanctônica em reservatórios depende de diversos fatores físicos, químicos e biológicos.

Em virtude da sazonalidade (seca e chuva), os reservatórios do Sistema Cantareira apresentaram valores de biomassa bastante distintos entre os períodos sazonais, obtendo maior biomassa no período chuvoso e menor no período seco.

O reservatório Jaguari no ponto de saída nos dois períodos sazonais apresentaram maiores valores de biomassa, sendo $614,6 \text{ mg/L}^{-1}$ no período seco e $3,913.4 \text{ mg/L}^{-1}$ no período chuvoso. Contudo, os reservatórios Cachoeira e Paiva Castro no ponto de rio respectivamente apresentaram os menores valores de biomassa, sendo no período seco $22,34 \text{ mg/L}^{-1}$ e no período chuvoso $38,02 \text{ mg/L}^{-1}$.

O reservatório Jaguari no período seco foi o que mais contribuiu para o biomassa total ($1,584.3 \text{ mg/L}^{-1}$), e a classe Dinophyceae se fez presente em três reservatórios (Jaguari, Jacaré e Paiva Castro). Entretanto, o que menos contribuiu em relação a biomassa específica das classes foi o reservatório Cachoeira ($366,62 \text{ mg/L}^{-1}$), mas, em relação a riqueza, foi o mais representativo, depois do reservatório Atibainha (Figura 20).

No ponto de saída do reservatório Jaguari, a classe Dinophyceae foi a mais abundante, com 85,9% e, a espécie que apresentou maior biomassa foi o *Ceratium furcoides* com (614 mg/L^{-1}). Essa espécie, foi expressiva tanto em relação a densidade, quanto na abundância relativa da biomassa. Contudo, a classe Klebsormidiophyceae apresentou menor abundância relativa, contribuindo com menos de 1 %, na área de barragem (Tabela 7).

No reservatório Cachoeira, o canal 6, foi o que mais contribuiu para biomassa (130 mg/L^{-1}), e a classe Trebouxiophyceae destacou-se apresentando a espécie *Botryococcus braunii* com biomassa igual a $46,3 \text{ mg/L}^{-1}$. No entanto, a classe que menos contribuiu foi Cyanophyceae, com 0,03%, na área de barragem. Vale ressaltar, que a classe Cryptophyceae na área de barragem, contribuiu com 62,1%, com destaque para a espécie *Rhodomonas minuta*, porém, não foi a classe mais representativa dentro do reservatório.

O reservatório Jacaré, também registrou altos valores referentes a biomassa para classe Dinophyceae, com abundância relativa de 33% para *Ceratium furcoides* no canal 7 e menor abundância para a classe Klebsormidiophyceae nos três pontos de coleta, variando de 8 a 18%.

Já o reservatório Atibainha, que apresentou a maior diversidade, não se destacou em relação a biomassa. Contudo, a classe Chrysophyceae, contribuiu com 59,3% na área central do reservatório, e o gênero *Dinobryon*, registrou a maior biomassa ($144,5 \text{ mg/L}^{-1}$). A classe

que apresentou menor valor de biomassa foi Cyanophyceae, com $0,02 \text{ mg/L}^{-1}$, no canal 5. O mesmo ocorreu em um estudo realizado no lago Malko Skalensko na Bulgária, em setembro de 2011, onde a classe Chrysophyceae representou 29,4% sobre a biomassa e em julho de 2012 ocorreu uma proliferação do dinoflagelado *Peridinium* aumentando em 57,1% da biomassa total, porém, a classe Cyanophyceae durante os anos de estudo (2011 e 2012), registrou a menor biomassa relativa, variou de 0,4% a 5,0% (TENEVA et al., 2014).

Lima et al. (2013), observou no lago Jiqui-RN um aumento da diversidade de espécies do fitoplâncton durante a estação chuvosa, principalmente de crisofíceas, como o *Dinobryon*, e a causa desse aumento possivelmente foi devido ao aporte excessivo de nutrientes. Esse gênero é considerado oportunista, pelo fato de beneficiar-se do aumento das concentrações de matéria orgânica e níveis de fósforo dissolvidos na água (REYNOLDS, 2006).

Para o reservatório Paiva Castro, a classe Dinophyceae contribuiu com 54,6%, na área de barragem, em seguida a classe Trebouxiophyceae, na área de rio, com 28,5%. As espécies que se destacaram com os maiores valores de biomassa foram: *Peridinium umbonatum* ($125,1 \text{ mg/L}^{-1}$) e *Botryococcus braunii* ($87,3 \text{ mg/L}^{-1}$). Já a classe Klebsormidiophyceae apresentou a menor biomassa ($0,36 \text{ mg/L}^{-1}$).

No período chuvoso, o reservatório Jaguari foi o que apresentou a maior contribuição para a biomassa total, e em seguida os reservatórios Atibainha, Jacaréí, Cachoeira e Paiva Castro (Figura 21). A classe Cyanophyceae apresentou elevada biomassa, principalmente na área de saída do reservatório Jaguari e a espécie *Aphanizomenon gracile* foi a mais abundante, contribuindo com 81,1% sobre a biomassa, em seguida a classe Trebouxiophyceae com 52,1% (Tabela 8). As classes que apresentaram os menores valores de biomassa foram: Bacillariophyceae com $0,19 \text{ mg/L}^{-1}$ (rio), Xanthophyceae com $0,20 \text{ mg/L}^{-1}$ (barragem) e Chlorophyceae com $0,90 \text{ mg/L}^{-1}$ (saída).

Em um estudo realizado na Lagoa Santa - MG, Figueredo & Giani (2009), também observaram que, a classe Cyanophyceae foi a mais representativa durante o período de estudo, respondendo por quase 70% do biovolume total fitoplanctônico durante quase todo o período de estudo. Esse fator pode estar ligado diretamente as características físicas, químicas e biológicas da lagoa, que é caracterizada por apresentar águas turvas e altas concentrações de clorofila.

Durante o verão de 2013 (maio/setembro) no Lago Stechlin, região báltica de clima temperado, ocorreu um fenômeno raramente observado, as cianobactérias *Planktothrix rubescens*, *Aphanizomenon flos-aquae* e *Cyanobium* sp. apresentaram um aumento na biomassa em todo o lago, e consequentemente o gênero *Aphanizomenon* dominou a camada

metalimnética, lembrando que este táxon é típico de ecossistemas eutróficos, assim como o reservatório Jaguari (SALMASO & PADISÁK, 2007). De acordo com Selmaczy et al. (2016), o gênero *Aphanizomenon* possui notável plasticidade ecofisiológica permitindo que seja bem sucedida em qualquer ambiente, com ou sem luminosidade e em altas ou baixas temperaturas.

Para o reservatório Atibainha, na área de barragem a maior contribuição em relação a biomassa relativa foi da classe Dinophyceae, com 41,3%, com destaque para o gênero *Peridiniopsis* com (88,3 mg/L⁻¹) e em seguida foi a classe Chrysophyceae com 37,7%, no canal 6. A classe Cyanophyceae registrou os menores valores de biomassa, na entrada do reservatório e na região central, respectivamente com 0,03 mg/L⁻¹ e na área de barragem com 0,06 mg/L⁻¹.

O reservatório Jacaré, registrou maiores valores de biomassa nos pontos canal 7 e rio, respectivamente destacando as classes Dinophyceae com 87,5%, com destaque para a espécie *Ceratium furcoides* (341,4 mg/L⁻¹) e a classe Coscinodiscophyceae com 65,8%, representada pela espécie *Aulacoseira ambigua* com (40,9 mg/L⁻¹). A classe Conjugatophyceae, apresentou menor valor para a biomassa na entrada do reservatório, com 0,02 mg/L⁻¹.

No reservatório Cachoeira, a classe Coscinodiscophyceae foi a que contribuiu com os maiores valores da biomassa específica, registrando 64,1% na área de rio, e apresentando a espécie *Aulacoseira granulata* como a maior contribuinte para a biomassa (25,9 mg/L⁻¹). As classes Conjugatophyceae e Fragilariophyceae apresentaram respectivamente os menores valores de biomassa (0,05 mg/L⁻¹). Silva et al. (2005), no mês de julho, registraram altos valores de biomassa fitoplanctônica, no reservatório em cascata de Salto de Santiago-PR, sendo que a classe predominante foi a Bacillariophyceae, apresentando as espécies *Aulacoseira granulata* e *Urosolenia eriensis* co-abundantes na biomassa.

Train et al. (2006), em um estudo realizado em rios e lagoas da planície de inundação do alto rio Paraná, nos anos de 2000 a 2006, também observou que as espécies *Aulacoseira granulata* e *Aulacoseira ambigua*, contribuíram com altos valores para a biomassa fitoplanctônica. Além disso, as cianofíceas, representaram 80% da biomassa fitoplanctônica, com destaque para as espécies *Anabaena planctonica*, *Synechocystis aquatilis*, *Aphanizomenon gracile*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Planktolyngbya limnetica* e *Anabaena circinalis*.

Para Almeida & Fernandes (2012), em um estudo realizado no mês de dezembro de 2009, em duas regiões da lagoa de Juara, Espírito Santo, as quais, são submetidas a diferentes impactos antrópicos, destacou que as classes Coscinodiscophyceae e Cyanophyceae foram mais representativas na área de efluentes domésticos.

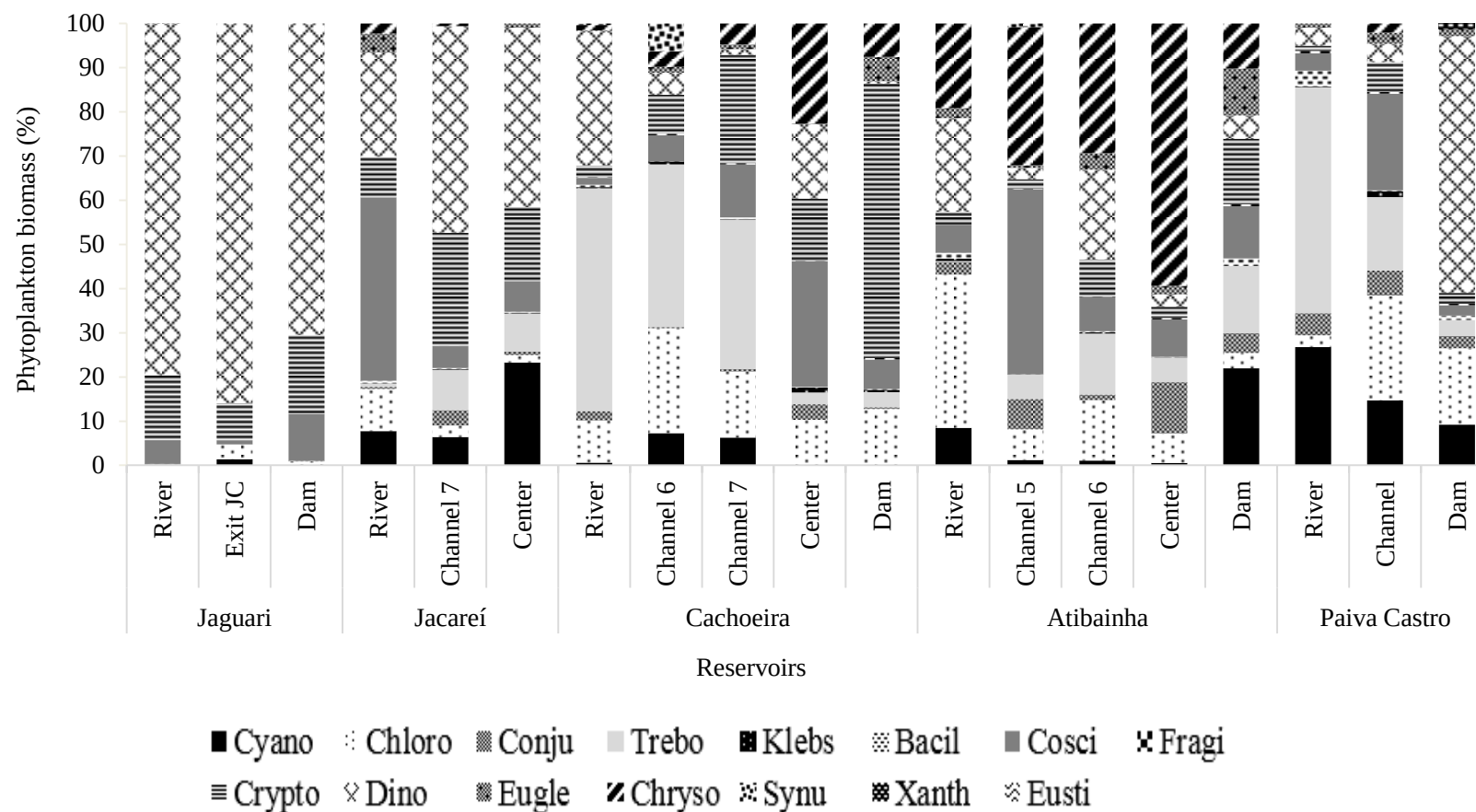
Por fim, o reservatório Paiva Castro foi o que menos se destacou em relação a biomassa. Contudo, a classe Dinophyceae na área de barragem contribuiu com 89,5% da biomassa relativa e os gêneros *Peridinium* apresentaram 84,3% e *Botryococcus* 72,8% (ponto Rio). Já a classe Klebsormidiophyceae, apresentou menor biomassa ($0,01 \text{ mg/L}^{-1}$) no ponto de rio e $0,09 \text{ mg/L}^{-1}$ na barragem.

Figueredo & Giani (2009), observaram que quando surgia diatomáceas como *Cyclotella* sp. e *Aulacoseira granulata*, a espécie *Cylindrospermopsis raciborskii*, diminuía em relação ao biovolume total. Essas espécies de diatomáceas mostraram um intenso crescimento durante o período de seca (junho/julho-2005) e classe Dinophyceae (*Peridinium umbonatum*), também contribuiu com o aumento do biovolume, no período chuvoso (fevereiro-2006).

Entretanto, nos reservatórios do Sistema Cantareira, esse processo foi o oposto, sendo que, a classe Dinophyceae, obteve maior contribuição da biomassa total no período de seca, e a classe Coscinodiscophyceae (diatomáceas) no período chuvoso.

Em um estudo realizado no reservatório de Salto de Santiago-PR, Diemer & Sebastien (2009), também observaram a ocorrência do mesmo processo descrito acima, onde foi verificado uma relação entre as classes Bacillariophyceae e Cyanophyceae, quando ocorria uma maior contribuição de diatomáceas havia então uma diminuição na concentração de cianofíceas e vice-versa, ou seja, ao ocorrer mais Cyanophyceae ocorria menos Bacillariophyceae. Essa relação entre os táxons das classes Bacillariophyceae e Cyanophyceae, provavelmente ocorre uma mudança na composição das espécies inseridas nessas classes devido as alterações ambientais.

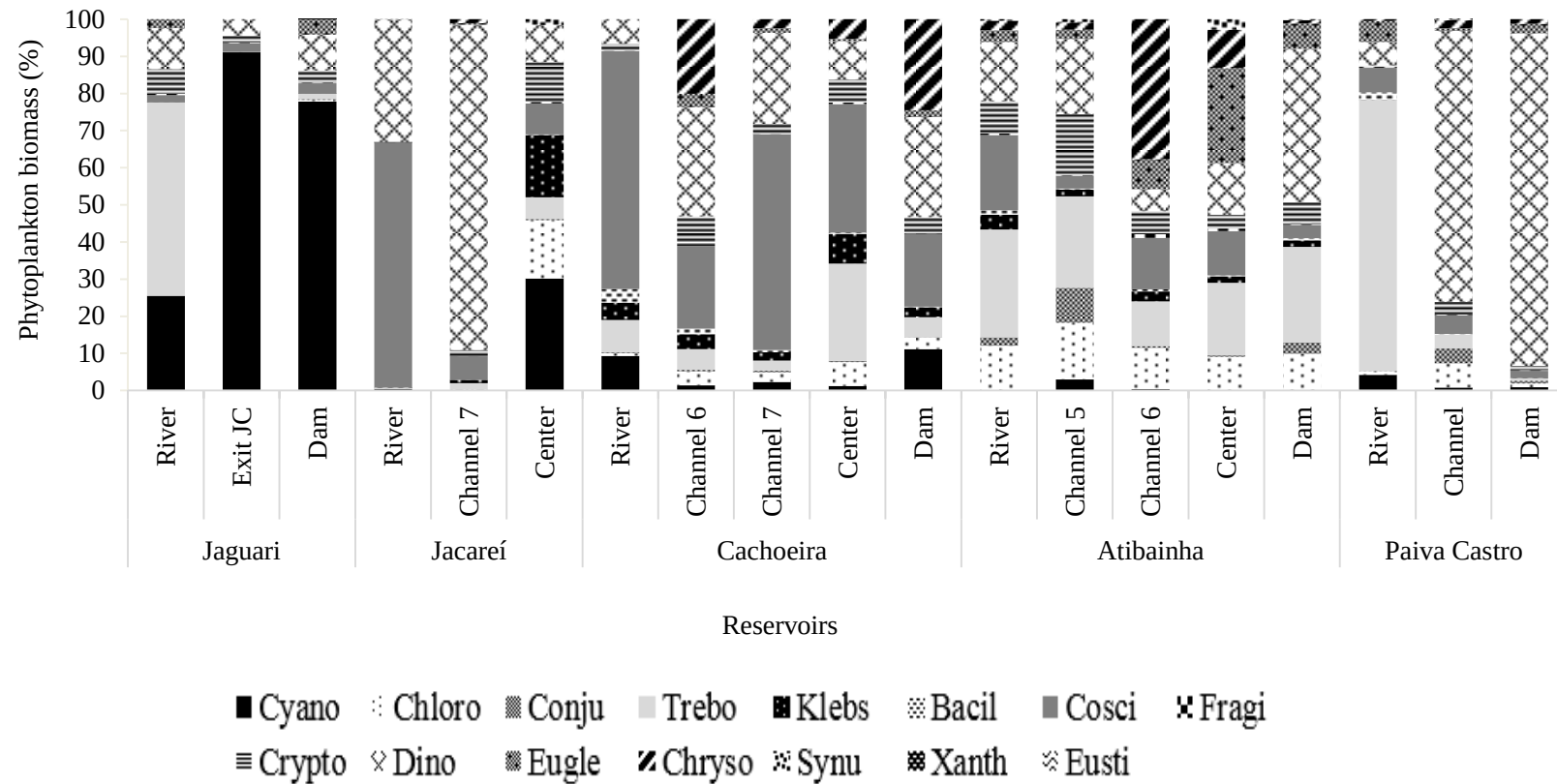
Figura 20 - Contribuição relativa da biomassa fitoplantônica por classe taxonômica no período seco (maio/junho de 2013) referente aos reservatórios e pontos de amostragem do Sistema Cantareira



Fonte: Autoria própria.

Legenda: Cyano=Cyanophyceae; Chlo= Chlorophyceae; Conju= Conjugatophyceae; Trebo= Trebouxiophyceae; Klebs= Klebsormidiophyceae; Bacil= Bacillariophyceae; Cosci= Coscinodiscophyceae; Fragi= Fragilariophyceae; Crypto= Cryptophyceae; Dino= Dinophyceae; Eugle= Euglenophyceae; Chryso= Chrysophyceae; Synu= Synurophyceae; Xanth= Xanthophyceae e Eusti= Eustigmatophyceae.

Figura 21 - Contribuição relativa da biomassa fitoplancônica por classe taxonômica no período chuvoso (novembro/dezembro de 2013), referente aos reservatórios e pontos de amostragem do Sistema Cantareira



Fonte: Autoria própria.

Legenda: Cyano= Cyanophyceae; Chloro= Chlorophyceae; Conju= Conjugatophyceae; Trebo= Trebouxiophyceae; Klebs= Klebsormidiophyceae; Bacil= Bacillariophyceae; Cosci= Coscinodiscophyceae; Fragi= Fragilariophyceae; Crypto= Cryptophyceae; Dino= Dinophyceae; Eugle= Euglenophyceae; Chryso= Chrysophyceae; Synu= Synurophyceae; Xanth= Xanthophyceae e Eusti= Eustigmatophyceae.

Tabela 7 - Lista de espécies descritoras fitoplanctônicas com biomassa relativa > 5% e os respectivos grupos funcionais (GF) de acordo com Reynolds et al. (2002)/Padisák et al. (2009) e grupos funcionais baseados em morfologias (GFBMs) de Kruk et al. (2010), nos reservatórios do Sistema Cantareira, nos meses de maio/junho de 2013 (período seco)

(continua)

Reservatórios/Táxons	Código	GF	GFBMs	Biomassa (mg/L ⁻¹)	Abundância (%)
Jaguari - Rio					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	253.3	78.9
Jaguari - Saída					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	614.5	85.9
Jaguari - Barragem					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	385.60	70.41
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, R.	Agra	P	VI	53.65	9.80
<i>Rhodomonas minuta</i> Skuja	Rmin	X2	V	50.17	9.16
Jacaré - Rio					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	55.7	24.0
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, R.	Agra	P	VI	40.4	17.4
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen, R.	Aamb	C	VI	24.5	10.5
<i>Cyanodictyon</i> sp. Pascher, A.	Cydi	K	I	14.4	6.2
Jacaré - Canal 7					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	63.3	33.0
<i>Peridinium</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Peri	Lo	V	26.4	13.8
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg, C. G.	Cero	Y	V	17.1	8.9
<i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, A.; Bicudo, C. & Bicudo, D.	Cbr	X2	V	17.1	8.9
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing, F. T.	Bbrau	F	VII	12.5	6.5
Jacaré - Central					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	55.4	32.0
<i>Synechocystis</i> sp. Sauvageau, C.	Syne	K	I	29.1	16.8
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg, C. G.	Cero	Y	V	18.9	10.9
Cachoeira - Rio					
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing, F. T.	Bbrau	F	VII	7.0	31.4
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	5.6	24.9
Cachoeira - Canal 6					
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing, F. T.	Bbrau	F	VII	46.3	35.6
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i> Chodat, R.	Sphas	F	VII	28.5	21.9
<i>Microcystis protocystis</i> Crow, W. B.	Mpro	M	VII	9.2	7.1
<i>Mallomonas</i> sp. Perty, M.	Mall	E	II	8.1	6.2
Cachoeira - Canal 7					
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing, F. T.	Bbrau	F	VII	22.9	29.2
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg, C. G.	Cero	Y	V	12.9	16.5
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i> Chodat, R.	Sphas	F	VII	7.1	9.1
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen, R.	Aamb	C	VI	5.8	7.4
Cachoeira - Central					
<i>Dinobryon bavaricum</i> Imhof, O. E.	Dbav	E	II	14.2	22.7
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen, R.	Aamb	C	VI	8.0	12.7

Tabela 7 - Lista de espécies descritoras fitoplanctônicas com biomassa relativa > 5% e os respectivos grupos funcionais (GF) de acordo com Reynolds et al. (2002)/Padisák et al. (2009) e grupos funcionais baseados em morfologias (GFBMs) de Kruk et al. (2010), nos reservatórios do Sistema Cantareira, nos meses de maio/junho de 2013 (período seco)

(continuação)					
Reservatórios/Táxons	Código	GF	GFBMs	Biomassa (mg/L ⁻¹)	Abundância (%)
Cachoeira - Central					
<i>Peridinium</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Peri	Lo	V	6.2	9.9
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, R.	Agra	P	VI	6.1	9.8
Cachoeira - Barragem					
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg, C. G.	Cero	Y	V	13.2	15.2
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	9.2	10.5
<i>Rhodomonas minuta</i> Skuja	Rmin	X2	V	8.5	9.8
<i>Cryptomonas</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Cryp	Y	V	6.7	7.7
<i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chodat, R.	Sphas	F	VII	6.4	7.4
<i>Dinobryon bavaricum</i> Imhof, O. E.	Dbav	E	II	5.9	6.8
Atibainha - Rio					
<i>Desmodesmus</i> sp. (Chodat, R) An, S.S.;Friedl, T. & Hegewald, E.	Desm	J	IV	10.9	27.3
<i>Dinobryon</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Dino	E	II	7.6	19.1
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	7.5	18.8
Atibainha - Canal 5					
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, R.	Agra	P	VI	76.9	31.8
<i>Dinobryon</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Dino	E	II	75.6	31.3
<i>Aulacoseira cf. distans</i> (Ehrenberg) Simonsen, R.	Adist	C	VI	21.3	8.8
Atibainha - Canal 6					
<i>Dinobryon</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Dino	E	II	25.0	29.3
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	16.8	19.7
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing, F. T.	Bbrau	F	VII	6.6	7.7
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, R.	Agra	P	VI	5.2	6.1
<i>Botryococcus</i> sp. Kützing, F. T.	Botry	F	VII	5.0	5.9
Atibainha - Central					
<i>Dinobryon</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Dino	E	II	144.6	59.3
<i>Staurastrum asterias</i> Nygaard	Saste	N	IV	23.2	9.5
<i>Aulacoseira cf. distans</i> (Ehrenberg) Simonsen, R.	Adist	C	VI	16.2	6.6
Atibainha - Barragem					
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauvageau, C.	Saqua	Lo	I	16.0	21.7
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing, F. T.	Bbrau	F	VII	9.1	12.3
<i>Dinobryon</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Dino	E	II	7.2	9.8
<i>Aulacoseira cf. distans</i> (Ehrenberg) Simonsen, R.	Adist	C	VI	5.0	6.8
Paiva Castro - Rio					
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing, F. T.	Bbrau	F	VII	87.3	28.5
<i>Synechocystis</i> sp. Sauvageau, C.	Syne	K	I	81.3	26.6
<i>Botryococcus</i> sp. Kützing, F. T.	Botry	F	VII	58.5	19.1
Paiva Castro - Canal					
<i>Scenedesmus quadricauda</i> Brébisson, L.A. & Godey, L.	Squad	J	IV	10.7	14.8

Tabela 7 - Lista de espécies descritoras fitoplanctônicas com biomassa relativa > 5% e os respectivos grupos funcionais (GF) de acordo com Reynolds et al. (2002)/Padisák et al. (2009) e grupos funcionais baseados em morfologias (GFBMs) de Kruk et al. (2010), nos reservatórios do Sistema Cantareira, nos meses de maio/junho de 2013 (período seco)

(conclusão)

Reservatórios/Táxons	Código	GF	GFBMs	Biomassa (mg/L ⁻¹)	Abundância (%)
Paiva Castro - Canal					
<i>Synechocystis</i> sp. Sauvageau, C.	Syne	K	I	5.5	7.6
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, R.	Agra	P	VI	5.2	7.2
Paiva Castro - Barragem					
<i>Peridinium umbonatum</i> Stein, F. von	Pumb	Lo	V	125.1	54.6
<i>Synechocystis</i> sp. Sauvageau, C.	Syne	K	I	12.1	5.3
<i>Eutetramorus</i> sp. Walton, L. B.	Eute	F	I	11.9	5.2

Fonte: Autoria própria.

Tabela 8 - Lista de espécies descritoras fitoplanctônicas com biomassa relativa > 5% e os respectivos Grupos Funcionais (GF) de acordo com Reynolds et al. (2002)/Padisák et al. (2009) e Grupos Funcionais Baseados em Morfologias (GFBMs) de Kruk et al. (2010), nos reservatórios do Sistema Cantareira, nos meses de novembro/dezembro de 2013 (período chuvoso)

(continua)

Reservatórios/Táxons	Código	GF	GFBMs	Biomassa (mg/L ⁻¹)	Abundância (%)
Jaguari - Rio					
<i>Botryococcus</i> sp. Kützing, F. T.	Botry	F	VII	394.5	52.1
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	83.5	11.0
<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmermann, E	Agrac	H1	III	69.6	9.2
<i>Aphanizomenon</i> sp. Morren, A. ex Bornet, É. & Flahault, C.	Apha	H1	III	61.7	8.1
<i>Dolichospermum planctonicum</i> (Brunnthal) Wacklin, P.; Hoffmann, L. & Komárek, J.	Dplanc	H1	III	55.2	7.3
Jaguari - Saída					
<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmermann, E.	Agrac	H1	III	3,482.5	81.1
<i>Dolichospermum planctonicum</i> (Brunnthal) Wacklin, P.; Hoffmann, L. & Komárek, J.	Dplanc	H1	III	336.9	7.8
Jaguari - Barragem					
<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmermann, E.	Agrac	H1	III	536.6	63.6
<i>Dolichospermum planctonicum</i> (Brunnthal) Wacklin, P.; Hoffmann, L. & Komárek, J.	Dplanc	H1	III	100.8	11.9
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	81.4	9.6
Jacaré - Rio					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	64.1	33.0
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen, R.	Aamb	C	VI	40.9	21.0
<i>Aulacoseira pseudogranulata</i> (Cleve) Simonsen, R.	Apgra	P	VI	36.5	18.8
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, R.	Agra	P	VI	31.4	16.2
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (Müller, O. F.) Simonsen, R.	Agang	P	VI	14.0	7.2

Tabela 8 - Lista de espécies descritoras fitoplanctônicas com biomassa relativa > 5% e os respectivos Grupos Funcionais (GF) de acordo com Reynolds et al. (2002)/Padisák et al. (2009) e Grupos Funcionais Baseados em Morfologias (GFBMs) de Kruk et al. (2010), nos reservatórios do Sistema Cantareira, nos meses de novembro/dezembro de 2013 (período chuvoso)

(continuação)					
Reservatórios/Táxons	Código	GF	GFBMs	Biomassa (mg/L ⁻¹)	Abundância (%)
Jacareí - Canal 7					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	341.4	88.6
Jacareí - Central					
<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmermann, E.	Agrac	H1	III	40.0	29.0
<i>Elakatothrix genevensis</i> (Reverdin) Hindák, F.	Egen	F	VII	22.0	15.9
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	13.8	10.0
<i>Quadrigula closterioides</i> (Bohlin) Printz, H.	Qclos	J	IV	10.0	7.2
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing, F. T.	Bbrau	F	VII	7.4	5.3
Cachoeira - Rio					
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, R.	Agra	P	VI	25.9	29.5
<i>Cyclotella</i> sp. (Kützing) Brébisson	Cyclo	A	VI	8.3	9.5
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen, R.	Aamb	C	VI	6.6	7.6
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	5.8	6.7
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing, F. T.	Bbrau	F	VII	5.0	5.7
Cachoeira - Canal 6					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	24.7	27.9
<i>Dinobryon</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Dino	E	II	17.8	20.1
<i>Cyclotella</i> sp. (Kützing) Brébisson	Cyclo	A	VI	7.1	8.0
<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee	Dpstel	B	VI	6.0	6.8
Cachoeira - Canal 7					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	54.5	22.3
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, R.	Agra	P	VI	52.3	21.4
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen, R.	Aamb	C	VI	31.5	12.9
<i>Cyclotella</i> sp. (Kützing) Brébisson	Cyclo	A	VI	22.5	9.2
<i>Aulacoseira pseudogranulata</i> (Cleve) Simonsen, R.	Apgra	P	VI	14.6	6.0
<i>Aulacoseira granulata</i> var <i>angustissima</i> (Müller, O. F.) Simonsen, R.	Agang	P	VI	14.6	6.0
Cachoeira - Central					
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing, F. T.	Bbrau	F	VII	33.1	25.3
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen, R.	Aamb	C	VI	16.8	12.9
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	13.5	10.4
<i>Cyclotella</i> sp. (Kützing) Brébisson	Cyclo	A	VI	11.6	8.9
<i>Elakatothrix genevensis</i> (Reverdin) Hindák, F.	Egen	F	VII	8.4	6.4
<i>Dinobryon</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Dino	E	II	7.0	5.4
<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee	Dpstel	B	VI	6.6	5.1
Cachoeira - Barragem					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	24.8	25.2

Tabela 8 - Lista de espécies descritoras fitoplancônicas com biomassa relativa > 5% e os respectivos Grupos Funcionais (GF) de acordo com Reynolds et al. (2002)/Padisák et al. (2009) e Grupos Funcionais Baseados em Morfologias (GFBMs) de Kruk et al. (2010), nos reservatórios do Sistema Cantareira, nos meses de novembro/dezembro de 2013 (período chuvoso)

(continuação)					
Reservatórios/Táxons	Código	GF	GFBMs	Biomassa (mg/L ⁻¹)	Abundância (%)
Cachoeira - Barragem					
<i>Dinobryon</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Dino	E	II	24.1	24.5
<i>Synechocystis</i> sp. Sauvageau, C.	Syne	K	I	9.0	9.2
<i>Cyclotella</i> sp. (Kützing) Brébisson	Cyclo	A	VI	8.0	8.1
Atibainha - Rio					
<i>Eremosphaera</i> sp. De Bary, A.	Erem	F	I	30.5	28.1
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	14.3	13.1
<i>Cyclotella</i> sp. (Kützing) Brébisson	Cyclo	A	VI	10.0	9.2
<i>Cryptomonas</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Cryp	Y	V	9.3	8.6
<i>Scenedesmus ovalternus</i> Chodat, R.	Soval	J	IV	7.5	6.9
Atibainha - Canal 5					
<i>Eremosphaera</i> sp. De Bary, A.	Erem	F	I	36.1	20.4
<i>Chroomonas</i> sp. Hansgirg, A.	Chrom	X2	V	23.5	13.2
<i>Peridinium gatunense</i> Nygaard	Pgatu	Lo	V	15.0	8.5
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dangeard, P.A.) Senn, G	Creti	J	VII	14.0	7.9
<i>Staurostrum</i> sp. Meyen ex Ralfs, J.	Stau	N	IV	11.7	6.6
Atibainha - Canal 6					
<i>Dinobryon</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Dino	E	V	58.6	37.7
<i>Scenedesmus</i> sp. Meyen, F. J. F.	Scen	J	IV	14.0	9.0
<i>Eremosphaera</i> sp. De Bary, A.	Erem	F	I	13.4	8.6
<i>Trachelomonas</i> sp. Ehrenberg	Trach	W2	V	10.3	6.7
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, R.	Agra	P	VI	10.3	6.6
Atibainha - Central					
<i>Trachelomonas</i> sp. Ehrenberg	Trach	W2	V	40.5	24.9
<i>Eremosphaera</i> sp. De Bary, A.	Erem	F	I	25.8	15.8
<i>Dinobryon</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Dino	E	II	16.9	10.4
<i>Cyclotella</i> sp. (Kützing) Brébisson	Cyclo	A	VI	12.7	7.8
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	11.4	7.0
<i>Scenedesmus</i> sp. Meyen, F. J. F.	Scen	J	IV	8.8	5.4
Atibainha - Barragem					
<i>Peridiniopsis</i> sp. Lemmermann, E.	Perip	Lo	V	88.3	30.6
<i>Eremosphaera</i> sp. De Bary, A.	Erem	F	I	68.49	23.77
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans, V. H.	Cefu	Lo	V	14.9	5.2
<i>Trachelomonas</i> sp. Ehrenberg	Trach	W2	V	14.9	5.2
Paiva Castro - Rio					
<i>Botryococcus</i> sp. Kützing, F. T.	Botry	F	VII	27.7	72.8
Paiva Castro - Canal					
<i>Peridinium</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Peri	Lo	V	97.5	61.9
<i>Peridinium umbonatum</i> Stein, F. von	Pumb	Lo	V	16.4	10.4

Tabela 8 - Lista de espécies descritoras fitoplancônicas com biomassa relativa > 5% e os respectivos Grupos Funcionais (GF) de acordo com Reynolds et al. (2002)/Padisák et al. (2009) e Grupos Funcionais Baseados em Morfologias (GFBMs) de Kruk et al. (2010), nos reservatórios do Sistema Cantareira, nos meses de novembro/dezembro de 2013 (período chuvoso)

					(conclusão)
Reservatórios/Táxons	Código	GF	GFBMs	Biomassa (mg/L ⁻¹)	Abundância (%)
Paiva Castro - Barragem					
<i>Peridinium</i> sp. Ehrenberg, C. G.	Peri	Lo	V	367.3	84.3

Fonte: Autoria própria.

5.2.8. Análise de correspondência canônica das variáveis abióticas e bióticas

Para ordenar as variáveis bióticas em relação as variáveis abióticas de acordo com os períodos sazonais foi realizado três análises de correspondência canônica (ACC), para classes taxonômicas, grupos funcionais *sensu* Reynolds e grupos funcionais baseados na morfologia *sensu* Kruk. As variáveis abióticas e a clorofila-a foram padronizadas pelo score z e as variáveis bióticas (fitoplâncton) por $[\log(x + 1)]$ e para a identificação da importância significativa das variáveis, foi realizado o teste de Monte Carlo para discriminar as variáveis estatisticamente significativas, com nível de significância de 95% ($p < 0,05$), testada com 999 permutações irrestritas. Vale lembrar que a escolha das variáveis abióticas foi realizada através de análise de correlação de Pearson ($p < 0,05$) e por conceitos relacionados a ecologia, como por exemplo, recursos limitantes e estratégias adaptativas.

Os resultados da análise de correspondência canônica (ACC) para as classes taxonômicas nos dois períodos sazonais estão apresentados respectivamente pela Tabela 9 e nas Figuras 22 (período seco) e 23 (período chuvoso).

Sendo assim, os dois primeiros eixos da ACC no período seco explicaram 71,98% da variabilidade dos dados em relação a distribuição da biomassa entre as espécies, sendo 45,56% pelo eixo 1 e 26,42% pelo eixo 2 e no período chuvoso foi de 64,49% a variabilidade dos dados nos dois primeiros eixos, sendo 45,55% pelo eixo 1 e 18,94% pelo eixo 2. O teste de Monte Carlo para o período seco e chuvoso demonstrou que os dois primeiros eixos foram estatisticamente significativos, apresentando correlação significativa com as variáveis biológicas e ambientais e indicando a presença de gradientes (Tabela 9).

A maioria das variáveis abióticas e bióticas apresentaram correlação mais forte com o eixo 1, tanto para o período seco quanto para o chuvoso. Sendo assim, no período seco (Figura 22) os pontos do reservatório Jaguari (JG-R, JG-D e JG-E), associaram-se negativamente com o eixo 1 e com as variáveis sólidos em suspensão (SS), pH, fósforo total

(TP) e Chlorofia-a (Chla), e as classes taxonômicas Dinophyceae (Dino), Cryptophyceae (Crypto) e Coscinodiscophyceae (Cosci) correlacionaram-se positivamente a essas variáveis ambientais citadas a cima. A condutividade elétrica (CE) associou-se negativamente ao eixo 1, agrupou-se com os pontos do reservatório Jacaré (JC-R, JC-C7 e JC-C) e correlacionou-se positivamente com a classe Cyanophyceae (Cyano), a existência de altos valores de CE possivelmente indica algum tipo de fonte de poluição (ESTEVES, 2011). Já no eixo 2, a variável química nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN), correlacionou-se negativamente com as classes Cyanophyceae (Cyano), Bacillariophyceae (Bacil) e Xanthophyceae (Xanth), as quais se agruparam em pontos distintos dos reservatórios Cachoeira e Paiva Castro (CA-R, PC-R e PC-D), vale destacar que os pontos PC-R e PC-D do reservatório Paiva Castro foram os que mais se diferenciaram dos outros reservatórios, se distanciando dos demais.

Já no período chuvoso (Figura 23), as variáveis correlacionadas positivamente ao longo do eixo 1 foram o fósforo total (TP), clorofila-a (Chla), nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN) e sólidos em suspensão (SS), as quais se correlacionaram positivamente com as classes taxonômicas Cyanophyceae (Cyano) que foi dominante em densidade e biomassa, seguida pelas classes Xanthophyceae (Xanth), Fragilariophyceae (Fragi), Coscinodiscophyceae (Cosci), Cryptophyceae (Crypto) e Dinophyceae (Dino), as quais se alocaram aos pontos de amostragem do reservatório Jaguari (JG-R, JG-D e JG-E) e ao ponto JC-R do reservatório Jacaré. Já as variáveis oxigênio dissolvido (OD), frações de sólidos orgânicos em suspensão (SSO%) e zona eufótica (Zeu), associaram-se negativamente aos pontos dos reservatórios Atibainha (AT-R, AT-C, AT-C5, AT-C6 e AT-D) e Cachoeira (CA-C, CA-C6, CA-C7 e CA-D) e as classes taxonômicas que correlacionaram-se positivamente a essas variáveis ambientais foram: Trebouxiophyceae (Trebo), Euglenophyceae (Eugle), Bacillariophyceae (Bacil), Klebsormidiophyceae (Klebs), Chlorophyceae (Chloro), Chrysophyceae (Chryso), Synurophyceae (Synu) e Conjugatophyceae (Conju).

Entende-se que o aumento na contribuição de nutrientes pode beneficiar as espécies fitoplanctônicas que possuem vantagens adaptativas, ocasionando a sua dominância no ambiente aquático (RODRIGUES et al., 2009), assim ocorreu com as classes Cyanophyceae no período chuvoso e Dinophyceae no período seco. Essas classes possuem como vantagem diante dos outros organismos a elevada biomassa, o que lhes permitiram serem dominantes dentro desses reservatórios.

As alterações na qualidade da água desses ecossistemas aquáticos vêm ocorrendo de forma acelerada, afetando direta e indiretamente a estrutura da comunidade fitoplanctônica e consequentemente a estrutura trófica dos corpos hídricos (TEIVE et al., 2008).

Foi observado um gradiente espacial horizontal em relação ao eixo 1 e ao grau de trofia que o reservatório Jaguari apresentou-se mais eutrofizado, devido ao aumento das variáveis fósforo total, clorofila-a e nitrogênio inorgânico dissolvido, em comparação aos outros reservatórios, acompanhando assim, o conceito teórico dos reservatórios em cascatas, onde os reservatórios a montante (Jaguari-Jacareí) se encontraram em um estado trófico variando de eutrófico a supereutrófico e os reservatórios seguintes (Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro) de mesotrófico a oligotrófico. O mesmo ocorreu no reservatório de Jurumirim (SP) (HENRY et al., 1998) e no reservatório Foz de Areia (PR) (SILVA et al., 2005)

Em síntese, a ACC mostrou claramente a heterogeneidade espacial formando três grupos distintos no espaço amostral, selecionando as principais variáveis ambientais de acordo com a estação sazonal em que as classes taxonômicas se distribuíram nos reservatórios do Sistema Cantareira.

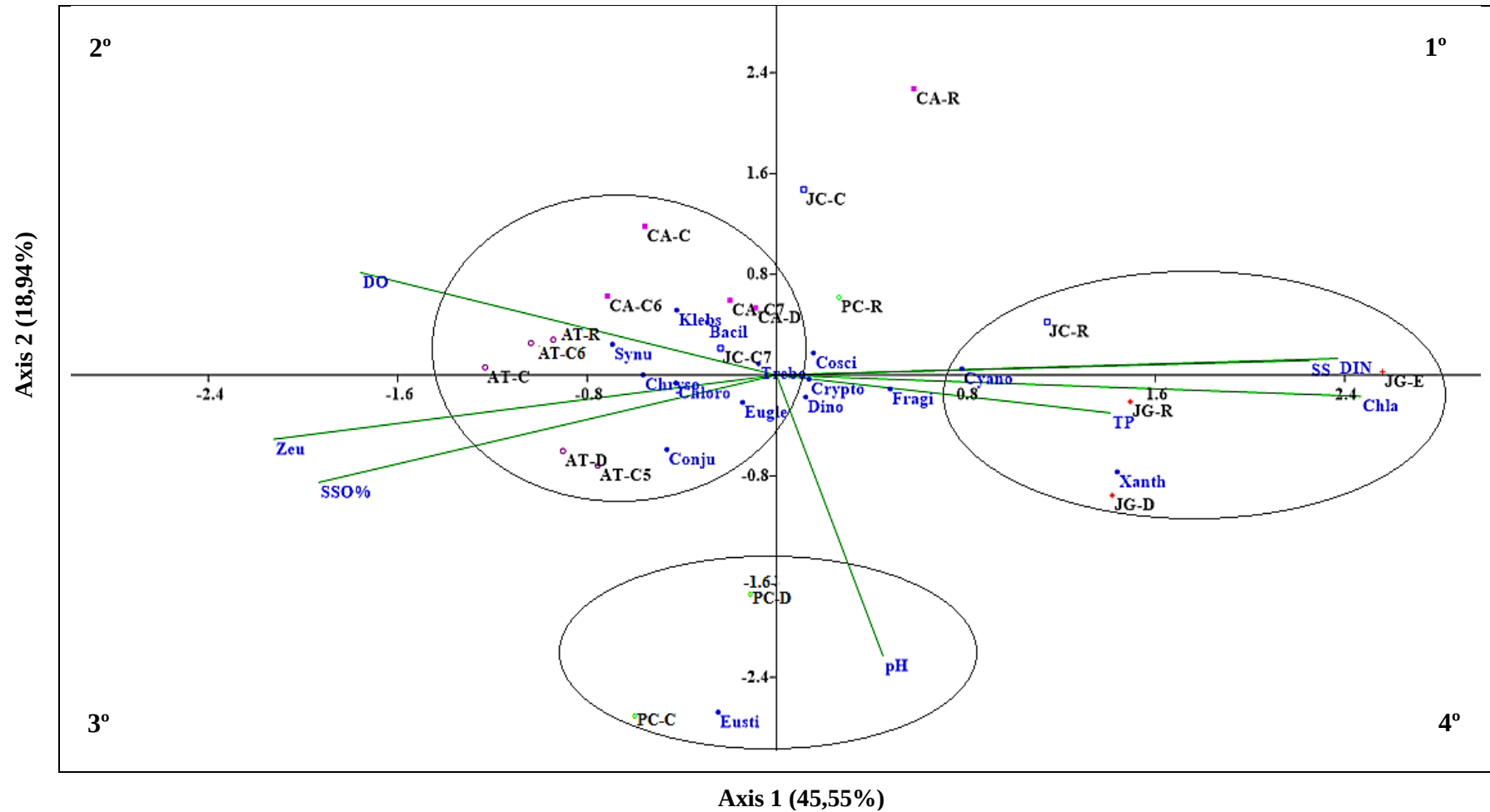
Entretanto, para Nishimura et al. (2015), a única desvantagem dos estudos envolvendo a comunidade fitoplanctônica é restringir as informações apenas na classificação filogenética partindo de grandes divisões taxonômicas e deixando de considerar as características morfológicas e fisiológicas destes organismos.

Sendo assim, a partir das abordagens propostas por Reynolds et al. (2002), revisada por Padisák et al. (2009), surgiu a classificação por agrupamento de acordo com informações ecológicas, estratégias adaptativas, morfologia e fisiologia dos organismos fitoplanctônicos, contribuindo de forma mais eficientes nos estudos envolvendo a comunidade fitoplanctônica.

Tabela 9 - Síntese dos resultados da análise de correspondência canônica baseada nas variáveis ambientais e biomassa da comunidade fitoplanctônica nos dois período sazonais de coletas nos reservatórios do Sistema Cantareira

Dry Season				Rainy Season			
Axis	Eigenvalue	%	p	Axis	Eigenvalue	%	p
1	0.13737	45.56	0.001	1	0.13312	45.55	0.007
2	0.079656	26.42	0.027	2	0.055364	18.94	0.044
3	0.035537	11.79	0.455	3	0.044751	15.31	0.007

Figura 23 - Análise de Correspondência Canônica (ACC) dos pontos de amostragem nos reservatórios do Sistema Cantareira a partir de 8 variáveis ambientais e 15 variáveis biológicas (classes taxonômicas do fitoplâncton), durante o período de estudo (novembro/dezembro de 2013 - chuvoso). Variáveis ambientais: Zeu (zona eufótica); pH (potencial hidrogeniônico); OD (oxigênio dissolvido); DIN (nitrogênio inorgânico dissolvido); TP (fósforo total); Chla (clorofilas-a); SS (sólidos em suspensão) e %SSO (frações de sólidos orgânicos)



5.2.9. Grupos Funcionais

De acordo com a classificação de Reynolds et al. (2002) atualizada por Padisák et al. (2009), a comunidade fitoplanctônica foi representada por 11 grupos funcionais no período seco (C, E, F, J, K, Lo, M, N, P, X2 e Y) e 14 grupos funcionais no período chuvoso (A, B, C, E, F, H1, J, K, Lo, N, P, X2, Y e W2). Entretanto, a classificação dos grupos funcionais baseados na morfologia Kruk et al. (2010), apresentou 6 grupos no período seco (I, II, IV, V, VI e VII) e no período chuvoso foram 7 grupos (I, II, III, IV, V, VI, VII).

Para melhor compreensão dos grupos funcionais (GF) e grupos funcionais baseados na morfologia (GFBM), foram realizadas duas análises de correspondência canônica de acordo com os períodos sazonais e as variáveis abióticas e bióticas (biomassa dos grupos funcionais) (Figuras 24, 25, 26 e 27).

No período seco segundo a ACC para GFs de Reynolds et al. (2002), os dois primeiros eixos explicaram 57,97% da variação dos dados, sendo 33,37% pelo eixo 1 e 24,60% pelo eixo 2 (Figura 25).

As variáveis ambientais que formaram um gradiente variando positivamente em relação ao eixo 1 foram sólidos em suspensão (SS) no primeiro quadrante e agrupando-se com os pontos JC-R e JC-C7 (Jacareí), porém, sem correlação com algum grupo funcional e a variável condutividade elétrica (CE), que se destacou no quarto quadrante, agrupando-se com os pontos JC-C (Jacareí), PC-R, PC-C e PC-D (Paiva Castro) e correlacionou-se positivamente com os grupos **K** representado por pequenos organismos unicelulares, como por exemplo, *Aphanocapsa* sp., *Synechocystis* sp. e *Chlorella* sp. e com o **Y**, representado pelas grandes criptofíceas, mas também pequenos dinoflagelados que ocorrem em vários tipos de habitats (PADISÁK et al., 2009).

A variável zona eufótica (Zeu), disposta no segundo quadrante e variando negativamente ao eixo 1, uniu-se aos pontos AT-C6, AT-D, AT-C5, AT-R, AT-C (Atibainha) e CA-C (Cachoeira) e relacionou-se positivamente com os grupos funcionais (GFs) **J**, representado pelos gêneros *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Coelastrum* e com o grupo **N**, representado pelos gêneros *Cosmarium*, *Staurostrum*, *Staurodesmus*, os quais são típicos de ambientes de lagos rasos, bem como de epilímnio de lagos estratificados. E no terceiro quadrante a variável Zeu também correlacionou-se positivamente com os GFs: **C** - representado pelos gêneros *Aulacoseira*, pelas espécies de *Cyclotella meneghiniana* e *Asterionella* sp., organismos típicos de lago pequeno a médio, eutróficos e sensíveis ao aparecimento de estratificação;

M - representado pelas colônias de cianobactérias – todas espécies de *Microcystis* sp. e *Sphaerocavum brasiliense*, organismos típicos de ambientes com trofia variando de eutrófico a hipereutrófico e;

E - organismos típicos de lagos ou lagoas rasas, pequenas e pobres em nutrientes, por exemplo, *Dinobryon* sp. e *Mallomonas* sp. (PADISÁK et al., 2009).

Em relação ao eixo 2, no segundo quadrante a variável nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN) e frações de sólidos orgânicos em suspensão (SSO%), relacionaram-se negativamente ao eixo 2, unindo-se aos pontos AT-R, AT-C5, AT-D (Atibainha) e CA-C (Cachoeira), porém a variável (SSO%) correlacionou-se negativamente com o grupo funcional **F** - representado pela espécie *Botryococcus braunii*, *Oocystis* sp., *Kirchneriella* sp., *Eremosphaera* sp., *Elakatothrix* sp., entre outros, e a maioria desses organismos são encontrado em ambientes meso-eutrófico, com mistura da camada d'água (PADISÁK et al., 2009).

Já as variáveis clorofila-a (chl_a), fósforo total (TP) e pH associaram-se positivamente ao eixo 2 e aos grupos funcionais: **Lo** - representado pelos grandes dinoflagelados como por exemplo *Ceratium furcoides* e *Peridinium* sp., pelas colônias de cianobactérias *Merismopedia* sp., *Snowella* sp., *Synechocystis aquatilis*, entre outros, há de se lembrar que espécies de *Ceratium* sp. co-ocorrendo com espécies de *Microcystis* sp. devem serem agrupadas no códon **Lm** (PADISÁK et al., 2009). Os outros grupos foram: **X2** – organismos típicos de ambientes rasos meso-eutróficos, como por exemplo, *Cryptomonas brasiliensis*, *Rhodomonas* sp., *Chroomonas* sp., entre outros, e o grupo **P** – representado por algumas espécies de *Aulacoseira* sp., *Fragilaria* sp., *Melosira* sp., *Closterium* sp., entre outros, e uniram-se nos pontos do reservatório Jaguari (JG-R, JG-B e JG-E).

O reservatório Jaguari no ponto de saída chegou a contribuir com 86% da biomassa total e em seguida diminuiu chegando a 6% no canal 6 do reservatório Atibainha. Os grupos que mais se destacaram neste período de estiagem foram: **Lo** - representados pelas espécies *Ceratium furcoides* e *Peridinium umbonatum*, que habitualmente são encontrados em ambientes meso-eutróficos, e o grupo **E** - representado pela espécie *Dinobryon* sp., geralmente encontrado em ecossistemas aquáticos de pequena extensão como um lago oligotrófico (Reynolds et al., 2002). Já o grupo **F** - representado pela espécie *Botryococcus* sp. foi o que menos se destacou, apresentando 6% da biomassa total.

Martinet et al. (2014), realizaram um estudo de longo prazo (3 anos) no reservatório Nam-Theun 2 (Laos-sudeste da Ásia) e também relataram um aumento significativo da biomassa total para o grupo funcional **Lo** e **E**, que ocorreram a partir do final do período seco,

e no período chuvoso quando o nível da água aumentava. Esse aumento da biomassa possivelmente ocorreu devido ao elevado valor do pH, que acelerou a atividade fotossintética desse grupo.

De acordo com a **ACC** os grupos funcionais **Lo** (organismos característico de epilimínio de ecossistemas aquáticos mesotróficos no verão) e **X2** (organismos de ecossistemas aquáticos raso, meso-eutróficos e com elevada transparência) se alocaram no reservatório Jaguari, que apresentou-se positivamente no primeiro quadrante e associando-se com as variáveis ambientais clorofila-a, fósforo total, pH e sólidos em suspensão, e negativamente com nitrogênio inorgânico dissolvido e zona eufótica. Essas variáveis apresentadas acima juntamente com os grupos funcionais, indicam que o reservatório Jaguari apresenta-se eutrofizado.

Já no período chuvoso, os eixos 1 e 2 explicaram 67,49% da variabilidade dos dados, sendo 41,38% pelo eixo 1 e 26,11% pelo eixo 2. O teste de Monte Carlo com permutação 999 para o período chuvoso apenas o eixo 1 foi significativo (**p = 0,015**), o que indica que os acontecimentos não foram ao acaso, representando as semelhanças existentes entre as variáveis ambientais e os grupos funcionais fitoplanctônicos (Tabela 10).

As variáveis ambientais que correlacionaram-se positivamente com o eixo 1 foram nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN), clorofila-a (Chla) e sólidos em suspensão (SS) no primeiro quadrante, unindo-se com os pontos do reservatório Jaguari (JG-R, JG-D e JG-E) e correlacionando-se positivamente com o grupo funcional **H1**, representado pelas cianobactérias filamentosas e no quarto quadrante a variável fósforo total (TP) também correlacionou-se positivamente com o grupo **Lo**, sendo representado pelos dinoflagelados, juntamente com os pontos PC-D e PC-C (Paiva Castro) e JC-C e JC-C7 (Jacareí).

A variável oxigênio dissolvido (DO), contribuiu negativamente com o eixo 1, alocando-se nos pontos dos reservatórios Cachoeira (CA-R, CA-C, CA-C6, CA-C7 e CA-D), Atibainha (AT-R) e Jacareí (JC-R) e correlacionaram-se positivamente com os seguintes grupos funcionais: **A** – representado por organismos que habitam águas claras, tolerantes a deficiência de nutrientes e sensíveis ao pH alcalino, como por exemplo, *Cyclotella* sp. e *Urosolenia* sp.;

B – representado por algumas espécies de *Aulacoseira* sp., *Discostella stelligera* e *Stephanodiscus* sp., comuns em ambientes mesotróficos e misturados, sendo sensíveis a pH alcalino;

C - representado pelo gênero *Aulacoseira* e característico de ambientes eutróficos com tolerância a baixa luminosidade e carbono;

D – organismos como *Nitzschia* sp. e *Synedra* sp., que ocorrem em ecossistemas pequenos e rasos, com massas de águas oligotróficas ou heterotrófica;

K – representado por organismos que habitam a coluna d'água rica em nutrientes, como as colônias de cianobactérias *Aphanocapsa* sp. e organismos unicelulares como *Chlorella minutissima* e;

Y - representado pelas grandes criptofíceas, mas também pequenos dinoflagelados que ocorrem em vários tipos de habitats.

Além do OD, as variáveis zona eufótica (Zeu) e frações de sólidos orgânicos em suspensão (SSO%), também se relacionaram negativamente com o eixo 1, nos pontos do reservatório Atibainha (AT-C e AT-C6) e correlacionaram-se positivamente com os seguintes grupos funcionais:

E - representado pelo gênero *Dinobryon*, geralmente são encontrados em ambientes oligotróficos e com tolerância a deficiência de nutrientes, sendo propícios a mixotrofia;

N - constituído por organismos típicos de ambientes de epilímnio mesotrófico, com tolerância a deficiência de nutrientes e sensíveis a estratificação e aumento do pH e;

X2 - organismos típicos de ambientes aquáticos rasos e meso-eutróficos, como por exemplo, *Cryptomonas brasiliensis*, *Rhodomonas* sp. e *Chroomonas* sp.

O eixo 2 esteve relacionado negativamente com a variável temperatura (T) no terceiro quadrante, nos pontos PC-R (Paiva Castro) e AT-D e AT-C5 (Atibainha) e associou-se aos grupos funcionais:

F – representado por organismos que são encontrado em ambientes meso-eutrófico, com mistura da camana d'água como *Botryococcus* sp.;

J - comum em reservatórios rasos e ricos em nutrientes, e é representado por espécies pioneiras como por exemplo o *Coelastrum microporum* e;

W2 – representado pelas Euglenas como as espécies *Trachelomonas* sp. e *Strombomonas* sp., organismos típicos de ambientes meso-eutróficos rasos (REYNOLDS, 1999; 2002; PADISÁK et al., 2009) (Figura 26).

O reservatório Jacaré no canal 7 contribuiu com 88,6% da biomassa total, com destaque para o grupo funcional **Lo**, representados pela espécie *Ceratium furcoides*. Entretanto, no ponto de saída do reservatório Jaguari o grupo funcional **H1** representado pela espécie *Aphanizomenon gracile* se destacou, sobrepondo a biomassa total de todos os outros reservatórios.

Da mesma forma ocorreu no reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, no Estado do Rio Grande do Norte, o grupo **H1** representado pelas espécies *Anabaena circinalis* e

Aphanizomenon gracile ocorreram apenas em março e abril de 2010 e este grupo mostrou correlação negativa com as variáveis químicas nitrogênio total/fósforo total e correlação positiva com oxigênio dissolvido (VIEIRA et al., 2015). Observou-se que as variáveis ambientais associadas à eutrofização, como nutrientes e clorofila-a, foram mais elevadas, principalmente nos reservatórios Jaguari-Jacaré.

De acordo com Reynolds et al. (2002), o grupo funcional **H1**, está representado por organismos capazes de fixar nitrogênio atmosférico, podendo habitar ambientes eutróficos, estratificado ou misturado e com baixos valores de nitrogênio. Huszar et al. (2000), encontraram o grupo **H1** (*Dolichospermum spiroides*) em período de deficiência de nitrogênio; todavia a espécie *Aphanizomenon gracile* também representada pelo grupo H1 foi encontrada no reservatório de Dourado aparentando estar mais relacionado à baixa profundidade do que a concentrações de nitrogênio, além de ter associado à maiores concentrações de sólidos, condutividade elétrica e zona eufótica, o que contesta o referido neste trabalho, onde o nitrogênio se relacionou mais com a espécie *Aphanizomenon gracile* do que a baixa profundidade.

Brasil & Huszar (2011), estudaram a relação entre os grupos funcionais propostos por Reynolds et al. (2002) e os diferentes tipos de sistemas aquáticos brasileiros, como por exemplo, estuários, rios, lagoas costeiras, lagos de inundação, lago natural profunda e grandes reservatórios, em todas as regiões do país, e chegaram a uma conclusão que classificar os organismos em grupos funcionais é uma ótima ferramenta para sintetizar os tipos de comunidades em ecossistemas aquáticos brasileiros, levando-se em consideração o tipo de ambiente e seu estado trófico. No entanto, referem que essa seleção funcional pode apresentar algumas barreiras e por isso estudos futuros em ecologia devem dar ênfase em testar outras propostas de esquemas de grupos funcionais e avaliar qual delas é mais eficiente em prever a composição da comunidade fitoplanctônica a partir das condições ambientais.

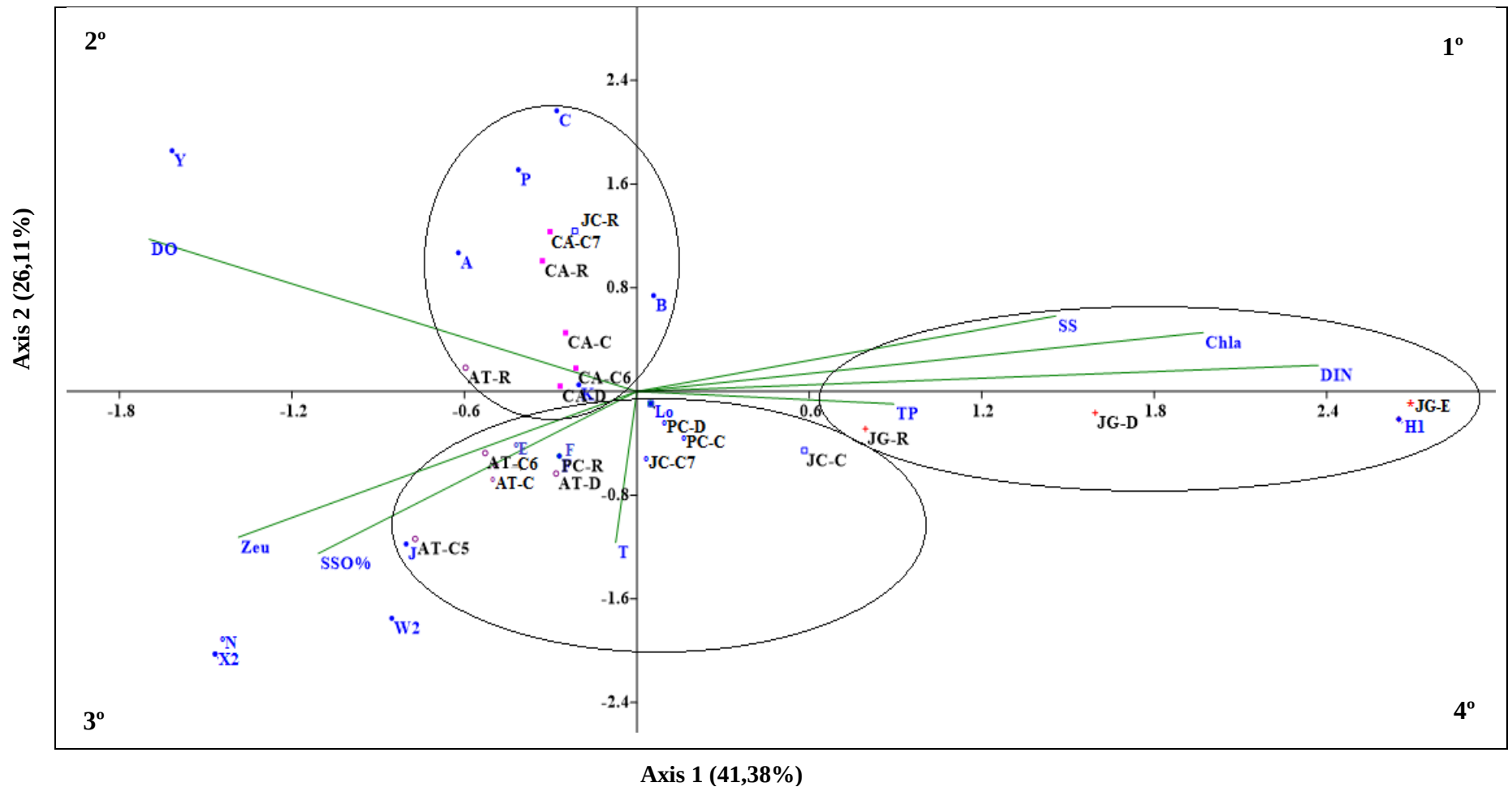
Tabela 10 - Síntese dos resultados da análise de correspondência canônica baseada nas variáveis ambientais e grupos funcionais de Reynolds et al. (2002) da comunidade fitoplanctônica nos dois período sazonais de coletas nos reservatórios do Sistema Cantareira

Dry Season				Rainy Season			
Axis	Eigenvalue	%	p	Axis	Eigenvalue	%	p
1	0.40093	33.37	0.3	1	0.55001	41.38	0.015
2	0.29557	24.60	0.215	2	0.34713	26.11	0.125
3	0.22798	18.97	0.17	3	0.19865	14.94	0.591

The PCA plot shows the following distribution of variables and samples:

- Cluster 1 (Top Right):** Chla, JG-R, JG-E, pH, TP, SS, EC, JC-C, PC-C, and PC-R.
- Cluster 2 (Bottom Left):** AT-R, CA-C, J, AT-C5, AT-D, M, AT-C, N, E, C, AT-C6, Zou, F, CA-C7, and CA-C6.
- Cluster 3 (Middle Right):** JG-D, L0, X2, P, Y, CA-D, JC-C7, JC-R, CA-R, K, and PC-D.

Figura 25 - Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canônica (ACC) dos pontos de amostragem nos reservatórios do Sistema Cantareira a partir de 8 variáveis ambientais e 14 variáveis bióticas (grupos funcionais – A, B, C, E, F, H1, J, K, Lo, N, P, X2, Y e W2), durante o período de estudo (novembro/dezembro de 2013 - chuvoso). Variáveis ambientais: Zeu (zona eufótica); DIN (nitrogênio inorgânico dissolvido); TP (fósforo total); Chla (clorofila-a); SS (sólidos em suspensão); %SSO (frações de sólidos orgânicos); OD (oxigênio dissolvido) e T (temperatura)



Em relação as análises de correspondência canônica dos grupos baseados na morfologia (KRUK et al., 2010), os resultados apresentaram-se da seguinte forma:

No período seco os eixos 1 e 2 explicaram 79,19% da variação dos dados, sendo 43,34% pelo eixo 1 e 35,85% pelo eixo 2 e no período chuvoso ambos os eixos 1 e 2 explicaram 79,31% da variabilidade dos dados, sendo 54,27% pelo eixo 1 e 25,04% pelo eixo 2. O teste de Monte Carlo com permutação de 999 e $p < 0,05$, realizado para os dois períodos sazonais foi significativo nos dois primeiros eixos, para o período chuvoso ($p = 0,045$ e $p = 0,033$) e para o período seco apenas o segundo eixo foi significativo ($p = 0,004$), indicando que os dados das variáveis ambientais e grupos funcionais baseados na morfologia estão correlacionados (Tabela 11).

Observou-se a formação de três grandes grupos, onde no período seco os reservatórios Jaguari e Jacaré se separaram dos demais reservatórios e as variáveis que se correlacionaram positivamente com os grupos funcionais baseados na morfologia (GFBM) no primeiro quadrante foram: sólidos em suspensão (SS), frações de sólidos orgânicos em suspensão (SSO%), zona eufótica (Zeu), clorofila-a (Chla), pH e no quarto quadrante foi condutividade elétrica (EC), entretanto, o nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN) se correlacionou negativamente dentro do segundo quadrante e o grupo que se destacou foi o V (organismos flagelados unicelulares ou de médio a grande porte), como a espécie *Ceratium furcoides*, abundante em densidade e biomassa.

Os reservatórios Atibainha e Cachoeira foram os mais semelhantes, agrupando a maioria dos GFBM, sendo eles: II (pequenos organismos silicoflagelados), IV (organismos com tamanho médio e sem estruturas especializadas); VI (organismos não flagelados com esqueleto silicoso) e VII (grandes organismos mucilaginosos e colônias com baixa razão superfície/volume).

Por fim, o reservatório Paiva Castro foi o que mais se diferenciou-se dos demais, onde o ponto de barragem localizou-se no quarto quadrante, sob influência da variável indicadora de poluição condutividade elétrica (EC), o ponto central se uniu com os reservatórios Atibainha e Cachoeira e o ponto rio ficou distante de todos, juntando o grupo I (pequenos organismos com elevada razão superfície/volume). Essa variável física que se destacou no reservatório Paiva Castro, tem grande influência com fontes pontuais de poluição por esgotos (ESTEVEZ, 1998) (Figura 27).

De acordo com Barbosa et al. (2012), os períodos secos podem causar variações significativas no nível de água dos reservatórios, tanto pelas chuvas escassas e ausência de

fluxo de água dos rios intermitentes, como pelas altas taxas de evaporação, o que aumenta o tempo de residência da água, concentrando os nutrientes e reduzindo a disponibilidade de luz.

Já no período chuvoso também ocorreu a formação de três grupos, não se diferenciando tanto do período seco. O reservatório Jaguari e o ponto central do reservatório Jacaré se agruparam no primeiro e quarto quadrante e uniu as seguintes variáveis: zona eufótica (Zeu), nitrogênio orgânico dissolvido (DIN), clorofila-a (Chla), fósforo total (TP), sólidos em suspensão (SS) e condutividade elétrica (EC), que associaram-se com o grupo **III** (grandes organismos filamentosos e com elevada razão superfície/volume), como por exemplo a cianobactéria *Aphanizomenon gracile*.

O reservatório Atibainha agrupou-se e destacou dois grupos, sendo: **I** (pequenos organismos com elevada razão superfície/volume) e **IV** (organismos com tamanho médio e sem estruturas especializadas) e a variável ambiental temperatura (T) correlacionou-se positivamente com os grupos, já a variável física condutividade elétrica (EC) correlacionou-se negativamente.

Por fim, os reservatórios Jacaré, Cachoeira e os pontos central e barragem do Paiva Castro se agruparam e associaram-se com os grupos **II** (pequenos organismos silicoflagelados), **V** (organismos flagelados unicelulares ou de médio a grande porte) e **VI** (organismos não flagelados com esqueleto silicoso), e o ponto rio se diferenciou dos demais, destacando o grupo **VII** (grandes organismos mucilaginosos e colônias com baixa razão superfície/volume) (Figura 28).

Kruk et al. (2011), realizaram estudos abordando 211 lagos em vários países com diferenciadas estações climáticas que vão desde subpolar às regiões tropicais e concluíram através dos estudos que a biomassa fitoplanctônica pode ser melhor prevista a partir de variáveis ambientais utilizando a classificação morfo-funcional do que considerando a classificação taxonômica. O resultado da **ACC** que foi realizado para este estudo indicou que a variância explicada utilizando os grupos funcionais baseados em morfologia foi duas vezes maior do que o uso de grupos filogenéticos.

Pacheco et al. (2010), observaram que as diferenças entre o estado trófico de cinco lagos destinados ao abastecimento público de localidades no Uruguai foram significativamente relacionados às diferenças na biomassa total e composição dos grupos funcionais baseados na morfologia do fitoplâncton proposto por Kruk et al. (2010) e concluíram que o uso da classificação funcional do fitoplâncton com base apenas em características morfológicas foi efetivo para conseguir informações sobre a relação entre a

comunidade fitoplanctônica e as variáveis ambientais nos sistemas com estados tróficos diferentes.

De acordo com as duas análises de correlações canônicas dos grupos funcionais baseados na morfologia, pode-se dizer que não houve grande variação em relação a sazonalidade e observou-se um gradiente longitudinal entre os reservatórios em relação a trofia, comprovando assim, a existência de uma variação na heterogeneidade espacial dentro e entre os reservatórios.

Tabela 11 - Síntese dos resultados da análise de correspondência canônica baseada nas variáveis ambientais e grupos funcionais baseados na morfologia (KRUK et al., 2010) da comunidade fitoplanctônica nos dois período sazonais de coletas nos reservatórios do Sistema Cantareira

Dry Season				Rainy Season			
Axis	Eigenvalue	%	p	Axis	Eigenvalue	%	p
1	0.30681	43.34	0.179	1	0.49204	54.27	0.045
2	0.25375	35.85	0.004	2	0.22704	25.04	0.033
3	0.095061	13.43	0.199	3	0.098549	10.87	0.424

Figura 26 - Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canônica (ACC) dos pontos de amostragem nos reservatórios do Sistema Cantareira a partir de 6 variáveis abióticas e 6 variáveis bióticas (GBMFs – I, II, IV, V, VI e VII), durante o período de estudo (maio/junho de 2013). Variáveis ambientais: DIN (nitrogênio inorgânico dissolvido); TP (fósforo total); Chla (clorofila-a); SS (sólidos em suspensão); %SSO (fração de sólidos orgânicos) e EC (condutividade elétrica)

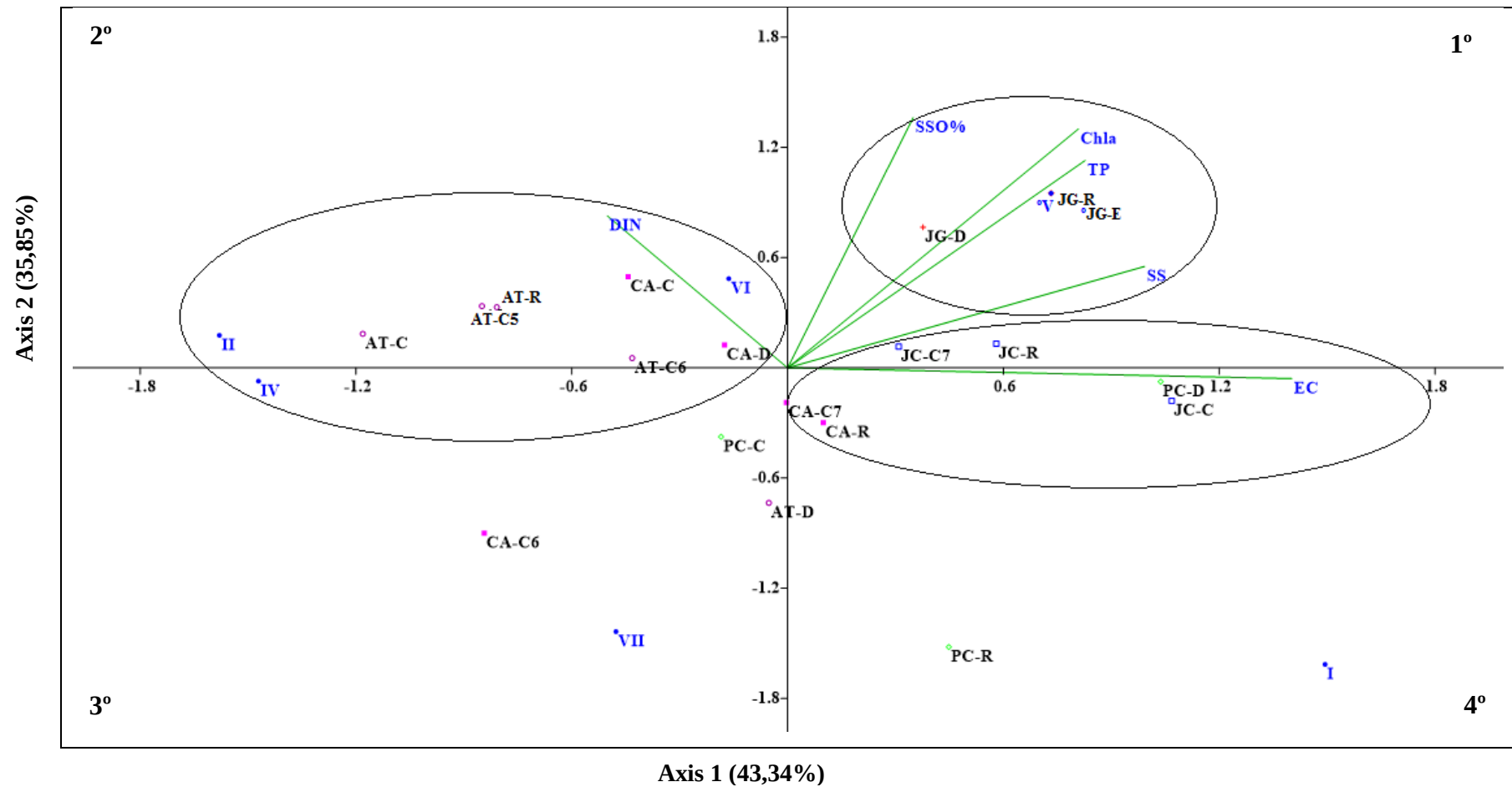
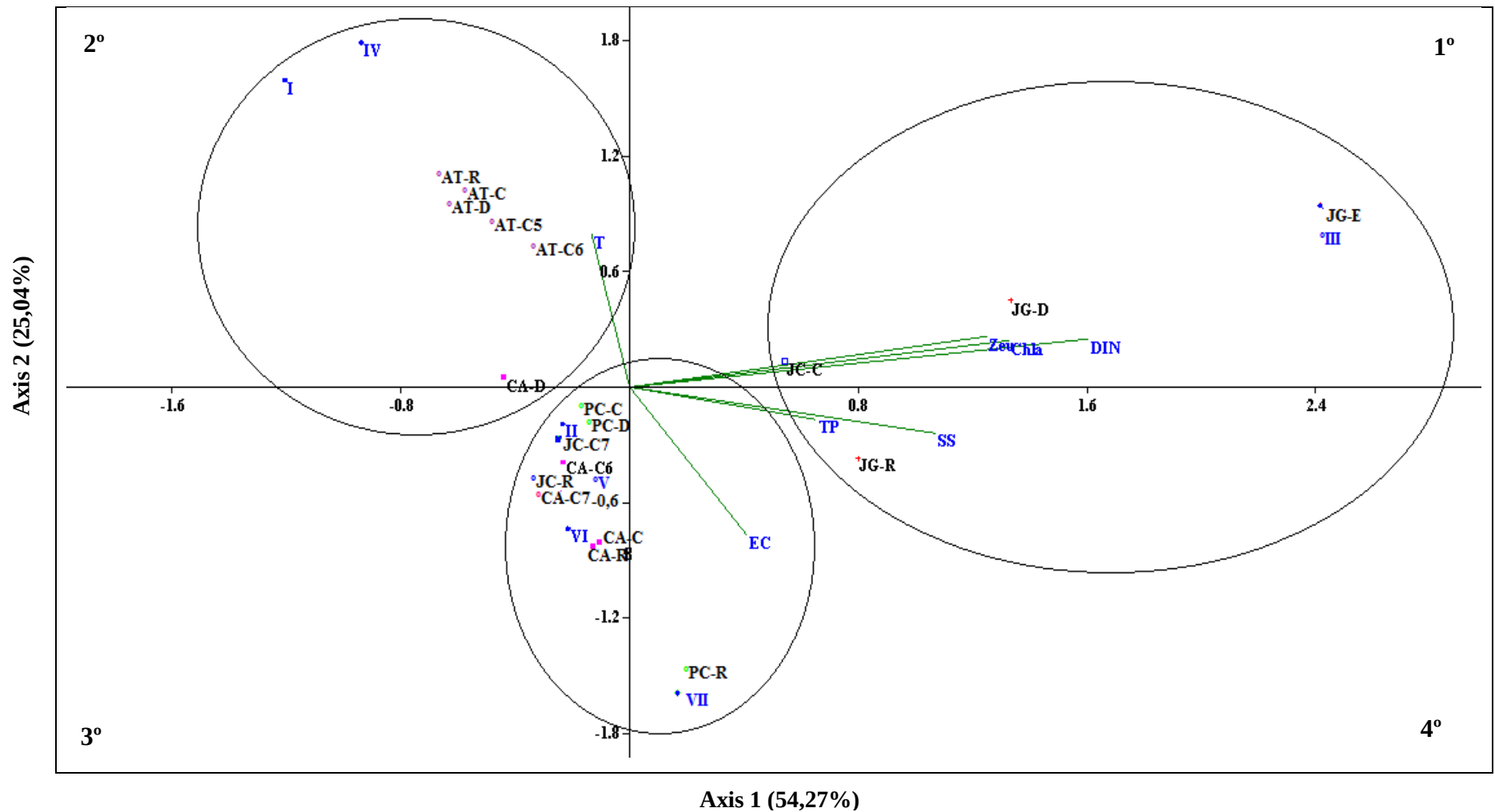


Figura 27 - Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canônica (ACC) dos pontos de amostragem nos reservatórios do Sistema Cantareira a partir de 7 variáveis abióticas e 7 variáveis bióticas (GBMFs – I, II, III, IV, V, VI e VII), durante o período de estudo (novembro/dezembro de 2013). Variáveis ambientais: Zeu (zona eufótica); DIN (nitrogênio inorgânico dissolvido); TP (fósforo total); SS (sólidos em suspensão); EC (condutividade elétrica); T (temperatura) e Chla (clorofila-a)



6. CONCLUSÕES

Os reservatórios do Sistema Cantareira apresentaram diferentes graus de trofia, variando de oligotrófico a supereutrófico. A distribuição do fitoplâncton e das variáveis ambientais evidenciou uma crescente degradação da qualidade da água do reservatório a montante (Jaguari) em função de altas concentrações de nutrientes como clorofila-a e séries nitrogenadas (nitrogênio inorgânico dissolvido, amônio, nitrato e nitrito), além de sólidos em suspensão e, uma melhora na qualidade da água ocorreu em direção aos reservatórios a jusante, com destaque para os pontos centrais e barragens dos reservatórios Cachoeira e Atibainha.

O reservatório Atibainha (ponto rio), no período chuvoso registrou alta diversidade e baixa dominância de espécies; já no período seco, o reservatório Jaguari (ponto barragem) apresentou baixa diversidade e alta dominância da espécie invasora *Ceratium furcoides*.

A densidade e biomassa do fitoplâncton variaram entre os reservatórios e períodos sazonais, enquanto que a composição florística foi semelhante, sendo Chlorophyceae, Coscinodiscophyceae e Cyanophyceae as três classes com maior número de espécies nos dois períodos sazonais.

As espécies *Aphanizomenon gracile* e *Ceratium furcoides* apresentaram elevada densidade e biovolume, podendo serem consideradas como bioindicadoras. A espécie *Aphanizomenon gracile* (Cyanophyceae) foi classificada pelo grupo funcional (GF) *sensu* Reynolds - **H1** e pelo grupo funcional baseado na morfologia (GFBM) *sensu* Kruk - **III**. A espécie *Ceratium furcoides* (Dinophyceae) foi classificada pelo GF - **Lo** *sensu* Reynolds e pelo GFBM - **V** *sensu* Kruk.

As análises estatísticas de agrupamento (cluster, análise de similaridade – ANOSIM e correspondência canônica – ACC) comprovaram a existência da heterogeneidade espacial e sazonal, apresentando uma distribuição da comunidade fitoplanctônica ao longo de um eixo longitudinal inter e intra reservatórios.

Em síntese, as três análises de correspondência canônicas mostraram claramente a heterogeneidade espacial formando três grupos distintos, selecionando as principais variáveis ambientais de acordo com o período sazonal em que as classes taxonômicas, os grupos funcionais e os grupos funcionais baseados na morfologia se distribuíram dentro e entre os reservatórios do Sistema Cantareira. Sendo assim, foi possível observar uma significativa concordância entre as espécies e/ou grupos descritores e as condições ambientais, particularmente evidenciando o estado trófico de cada reservatório.

O agrupamento das comunidades fitoplanctônicas realizadas através dos grupos funcionais *sensu* Reynolds, forneceu resultados mais robustos e eficazes, porém ao meu ver é uma ferramenta de difícil aplicação, principalmente para quem não tem domínio sobre a autoecologia de determinadas espécies, podendo assim acometer erros no momento de agrupar os organismos. Já os agrupamentos baseados na morfologia, foram mais fáceis de observar e analisar, devido os grupos se ordenarem melhor no diagrama e se relacionarem eficazmente com as variáveis ambientais em cada ponto que foi realizado as coletas nos reservatórios do Sistema Cantareira.

Portanto, conclui-se que por mais que novas abordagens de classificação da comunidade fitoplanctônica surjam, não se deve deixar de considerar as abordagens anteriores, sendo que cada uma tem sua eficiência, tornando-se importante ferramenta bioindicadora na contribuição do monitoramento dos ecossistemas aquáticos e também na construção e aplicação de planos de manejo sustentável para uma melhoria na gestão das bacias hidrográficas formadoras do Sistema Cantareira.

REFERÊNCIAS

ALABURDA, J. & NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, 1998, v. 32, n. 2, 160-165 p. (ISSN 1518-8787).

ANDRADE, M. R. M; SAAD, A. R.; DALMAS, F. B.; RIBEIRO, T. F. B.; MESQUITA, R. N. & CASADO, F. C. Land use at the margins of the Atibainha Reservoir, Cantareira Water System (SP): conflict with the current legislation. **Pesquisas em Geociências**, 2015, v. 42, n. 1, 73-88p.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19th ed. Washington, 1992.

APHA. AWWA; WEF.10200A -F: Plankton. In: **Standard methods for the examination of water and wastewater on line**. 2006, Washington, DC. Approved by SM Commitee 2011. Disponível em: <<http://www.standardmethods.org>> Acesso em: 18/01/2015.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Dados de referência acerca da outorga do Sistema Cantareira**. v. 1.1, 16 de Agosto 2013. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/outorgaefiscalizacao/GTAGCantareira.aspx>> Acesso em: 15/03/2014.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Sistema Cantareira 2015**. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/outorgaefiscalizacao/sistemacantareira.aspx>>

ALMEIDA, S. Z. & FERNANDES, V. O. Periphytic algal biomass in two distinct regions of a tropical coastal lake. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2012, v. 24, n. 3, 244-254 p. Disponível em: <http://www.ablimno.org.br/publiActa_en.php?issue=v24n3> Acesso em: 25/06/2015.

BARBOSA, J. E. L. MEDEIROS, E. S. F.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R. S.; CRISPIM, M. C. B.; DA SILVA, G. H. G. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2012, v. 24, nº 1, 103-118 p.

BERNARDO, P. M.; NOSSACK, F. Á. Diagnóstico da sub-bacia do Reservatório Cachoeira, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 7125-7132. Internet. ISBN 978-85-17-0076-8. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3JM4JMJ>>. Acesso em: 18/12/2015.

BORGES, P. A. F.; TRAIN, S. & RODRIGUES, L. C. Estrutura do fitoplâncton, em curto período de tempo, em um braço do reservatório de Rosana (ribeirão do Corvo, Paraná, Brasil). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, 2008, v. 30, n. 1, 57-65 p. Disponível em: <[http://www.researchgate.net/profile/Luzia_Rodrigues/publication/237027556_Estrutura_do_fitoplankton_em_curto_perodo_de_tempo_em_um_brao_do_reservatorio_de_Rosana_\(ribeiro_do_Corvo_Paran_Brasil\)/links/0c960536eaae0a6384000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Luzia_Rodrigues/publication/237027556_Estrutura_do_fitoplankton_em_curto_perodo_de_tempo_em_um_brao_do_reservatorio_de_Rosana_(ribeiro_do_Corvo_Paran_Brasil)/links/0c960536eaae0a6384000000.pdf)> Acesso em: 28/01/2015.

BOUVY, M.; NASCIMENTO, S. M.; MOLICA, R. J. R.; FERREIRA, A.; HUSZAR, V. L. & AZEVEDO, S. M. F. O. Limnological features in Tapacura reservoir (Northeast Brazil) during a severe drought. **Hydrobiologia**, 2003, v. 493, 115-130 p., Issue 1-3. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1025405817350>> Acesso em: 10/06/2015.

BOZELLI, R. L. & HUSZAR, V. L. M. Comunidades fito e zooplancônicas continentais em tempo de avaliação. **Limnology**, Rio de Janeiro, SBL, 2003, v. 3, 3-32 p. Disponível em: <<http://www.ablimno.org.br/arquivos/limnotemas/Limnotemasv3.pdf>> Acesso em: 19/02/2015.

BRANDT, R. Volume de Água do Sistema Cantareira fica abaixo de 20%. **Jornal O Estado de São Paulo**. Publicado em: 09/02/2014. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/cidades,volume-de-agua-do-sistema-cantareira-fica-abaixo-de-20,1128477,0.htm>> Acesso em: 13/02/2014.

BRASIL, J. & HUSZAR, V. L. M. O papel dos traços funcionais na ecologia do fitoplâncton continental. **Oecologia Australis**, 2011, v. 15, n. 4, 799-834 p. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/261872520_o_papel_dos_traos_funcionais_Na_Ecologia_do_fitoplankton_continental> Acesso em: 10/03/2014.

BRASIL. CONAMA-Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005 Diário Oficial da União – Seção1, nº 53, 18 de março de 2005, p. 58-63. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> Acesso em: 11/05/2014.

BUZELLI, G. M. & CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, 2013, v. 8, n.1, 186-205p. Disponível em: <doi: 10.4136/ambi-agua.930> Acesso em: 11/11/2015.

CALIJURI, M. C.; DOS SANTOS, A. C. A & JATI, S. Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, S.P.-Brazil). **Journal of Plankton Research**, 2002, v. 24, n.7, 617-634 p. Disponível em: <<http://plankt.oxfordjournals.org/content/24/7/617.abstract>> Acesso em: 15/08/2014.

CARDOSO, L. S. & TORGAN, L. C. Dinoflagelados em diversos habitats e hidroperíodos na zona costeira do sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, 2007, v. 21, n. 2, 411-419 p. (ISSN 1677-941X) Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062007000200015> Acesso em: 29/04/2015.

CARDOSO, L. S.; FAGUNDES, P. B.; BECKER, V. Spatial and temporal variations of Dinophyceae in subtropical reservoirs in southern Brazil. **Hydrobiologia**, 2010, v. 654, 205-214 p. Issue 1. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10750-010-0382-9>> Acesso em: 08/05/2015.

CARDOSO-SILVA, S.; NISHIMURA, P. Y.; PADIAL, P. R.; MARIANI, C. F.; MOSCHINI-CARLOS, V. & POMPEO, M. L. M. Compartimentalização e qualidade da água: o caso da Represa Billings. **Bioikos**, Campinas, 2014, v. 28, n. 1, 31-43 p. (ISSN: 2318-0900). Disponível em: <<http://periodicos.puccampinas.edu.br/seer/index.php/bioikos/article/view/2522>> Acesso em: 21/05/2015.

CARDOSO-SILVA, S.; MARIANI, C. F.; POMPEO, M. L. M. Análise crítica da resolução CONAMA n 357 à luz da Diretiva Quadro da Água da comunidade europeia: estudo de caso (represa do Guarapiranga - São Paulo, Brasil). In: Marcelo Pompeo; Viviane Moschini-Carlos; Paula Y. Nishimura; Sheila Cardoso-Silva; Júlio L. Doval. (Org.). **Análise crítica da resolução CONAMA n 357 à luz da Diretiva Quadro da Água da comunidade europeia: estudo de caso (represa do Guarapiranga - São Paulo, Brasil)**. 1 ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015, v. 1, p. 367-375.

CARLSON, R. E. **A trophic state index for lakes**. Limnology and Oceanography. 1977, v. 22, 361-369 p.

CETTO, J. M.; LEANDRINI, J. A.; FELISBERTO, S. A.; RODRIGUES, L. Comunidade de algas perifíticas no reservatório de Irai, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, 2004, v. 26, n. 1, 1-7p. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/download/1645/993>> Acesso em: 06/06/2015.

CHELLAPPA, N. T.; BORBA, J. L. M.; OLIVEIRA, R. K. & LIMA, A. K. A. Diversidade, co-existência e dominância na comunidade fitoplanctônica da Barragem Cruzeta, Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Biociência**, 2007, v. 5, supl. 2, 126-128 p., (ISSN: 1980-4849). Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/149> Acesso em: 16/05/2015.

CHELLAPPA, N. T.; CHELLAPPA, T.; CÂMARA, F. R. A.; ROCHA, O. & CHELLAPPA, S. Impact of stress and disturbance factors on the phytoplankton communities in Northeastern

Brazil reservoir. **Limnologia**, 2009, v. 39, 273–282 p. Issue 4. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0075951109000371>> Acesso em: 15/06/2015.

CIGAGNA, C.; BONOTTO, D. M.; CAMARGO, A. F. M. & STURARO, J. R. Trophic state index (TSI) and physico-chemical characteristics of a shallow reservoir in southeast Brazil. **Environmental Earth Sciences**, 2016, v.75, 102p.

COLE G. A. **Textbook of limnology**. 1994, 4th ed., Long Grove: Waveland Press, 412 p.

COSTA, I. A. S.; AZEVEDO, S. M. F. O.; SENNA, P. A. C.; BERNARDO, R. R.; COSTA, S. M. & CHELLAPPA, N. T. Occurrence of toxin-producing cyanobacteria blooms in a brazilian semiarid reservoir. **Brazilian Journal of Biology**, 2006, v. 66, nº1B, 211-219p.

CUNHA, D. G. F. & CALIJURI, M. C. Variação sazonal dos grupos funcionais fitoplanctônicos em braços de um reservatório tropical de usos múltiplos no estado de São Paulo (Brasil). **Acta botânica brasílica**, Feira de Santana-BA, 2011, v. 25, n. 4, 822-831 p. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062011000400009> Acesso em: 18/11/2014.

DIEMER, O. & SEBASTIEN, N. Y. Estrutura e dinâmica do fitoplâncton no reservatório e na jusante de Salto Santiago, PR, Brasil. In: **I Seminário Internacional de Ciências, Tecnologia e Ambiente**. Unioeste-Cascavel, PR, 28 a 30/04/2009. Disponível em: http://cac-php.unioeste.br/eventos/ctsa/artigos_comp.htm Acesso em: 01/07/2015.

DOS SANTOS, A. C. A. & CALIJURI, M. C. Survival strategies of some species of the phytoplankton community in the Barra Bonita Reservoir (São Paulo, Brazil). **Hydrobiologia**, 1998, v.367, 139–152p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência /FINEP, 2011, 790 p.

FERRAREZE, M. & NOGUEIRA, M. G. Phytoplankton assemblages in lateral lagoons of a large tropical reservoir. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, 2013, v. 73, n. 1, 163-171 p. (ISSN 1519-6984). Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S151969842013000100017&script=sci_arttext> Acesso em: 25/05/2015.

FERRAGUT, C. & BICUDO, D. C. Efeito de diferentes níveis de enriquecimento por fósforo sobre a estrutura da comunidade perifítica em represa oligotrófica tropical (São Paulo, Brasil). *Revista Brasileira de Botânica*, 2009, v.32, n.3, 571-585p.

FIGUEREDO, C. C. & GIANI, A. Phytoplankton community in the tropical lake of Lagoa Santa (Brazil): Conditions favoring a persistent bloom of *Cylindrospermopsis raciborskii*. **Limnologia**, 2009, v. 39, 264–272 p. Issue 4. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0075951109000346>> Acesso em: 25/06/2015.

FRAGOSO, G. M.; CRESPO, M. C. R. & SUZUKI, M. Variação espacial e sazonal da comunidade fitoplânctonica da lagoa do Campelo, Campos, RJ. In: **Anais VII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambú-MG, 2005. Disponível em: <http://www.seb-ecologia.org.br/viiceb/resumos/62a.pdf> Acesso: 05/05/2015.

GADELHA, D. A. C. Variação de compostos nitrogenados em efluentes de refinárias de petróleo tratados em reator UASB em forma de “y”. In: **Anais XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Maceió-AL, 2011. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=81&PAG=17>> Acesso em: 18/05/2015.

GALLI, C. S. & ABE, D. S. **Disponibilidade, poluição, e eutrofização das águas. Águas do Brasil: Análises estratégicas. Associação Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental**. Cap. 10, p. 165-174, 2010. Disponível em: <http://www.abc.org.br/rubrique.php3?id_rubrique=150> Acesso em: 26/05/2015.

GENTIL, R. C., TUCCI, A. & SANT’ANNA, C. L. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e aspectos sanitários de um lago urbano eutrófico em São Paulo, SP. **Hoehnea**, 2008, v. 35, n. 2, 265-280 p. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hoehnea/v35n2/v35n2a08.pdf>> Acesso em: 17/03/2015.

GIATTI, L. L. Reservatório Paiva Castro – Mairiporã-SP, **Avaliação da qualidade da água sobre alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos**. Dissertação de mestrado – Departamento de Saúde Ambiental da Universidade de São Paulo (USP). 2000. 87p.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S. & OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. Ed. Oxford. Blackwell Scientific Publications, I.B.P. Hand book. 1978, v. 8, 213 p.

GRIME, J. P. Review: Plant Strategies and Vegetation Processes. Chichester, New York: John Wiley. **Journal of Ecology**. 1979, v. 68, n. 2, 704-706 p.

HACKBART, V. C. S.; MARQUES, A. R. P.; KIDA, B. M. S.; TOLUSSI, C. E.; NEGRI, D. D. B.; MARTINS, I. A.; FONTANA, I.; COLLUCCI, M. P.; BRANDIMARTI, A. L.; MOSCHINI-CARLOS, V.; CARDOSO-SILVA, S.; MEIRINHO, P. A.; FREIRE, R. H. F. & POMPÊO, M. Avaliação expedita da heterogeneidade espacial horizontal intra e inter

reservatórios do Sistema Cantareira (represas Jaguari e Jacarei, São Paulo). In: POMPEO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V.; NISHIMURA, P. Y.; CARDOSO-SILVA, S.; DOVAL, J. L. (Org.). **Avaliação expedita da heterogeneidade espacial horizontal**. 1ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015, v. 1, 96-108 p.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, 2001, v. 4, n. 1, 9 p. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm> Acesso em: 10/05/2015.

HANISCH, W & FREIRE-NORDI, C. S. MONITORAMENTO REMOTO EM TEMPO REAL DE MANANCIAS VISANDO ÀS FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS. In: Ecologia de reservatórios e interface. POMPEO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V.; NISHIMURA, P. Y.; CARDOSO-SILVA, S.; DOVAL, J. L. (ORG.). **Monitoramento remoto em tempo real**. 1ed. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015, v. 1, 190-211p.

HENRY, R.; NUNES, M. A.; MITSUKA, P. M.; LIMA, N. & CASANOVA, S. M. C.Variação espacial e temporal da produtividade primária pelo fitoplâncton na represa de Jurumirim (rio Paranapanema, SP). **Revista Brasileira de Biologia**, 1998, v.58, n.4, 571-590 p.

HENRY, R.; USHINOHAMA, E. & FERREIRA, R. M. R. Fitoplâncton em três lagoas marginais ao Rio Paranapanema e em sua desembocadura no Reservatório de Jurumirim (São Paulo, Brasil) durante um período prolongado de seca. **Revista Brasileira de Botânica**, 2006, v.29, n.3, 399-414 p.

HILLEBRAND, H.; DURSELEN, C. D.; KIRSCHETERL, D.; POLLINGHER, U.; ZOHARY, T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. **Journal of Phycology**, 1999, v. 35, 403-424 p. Issue 2. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1529-8817.1999.3520403.x/abstract>> Acesso em: 02/02/2015.

HU, R.; HAN, B. & NASELLI-FLORES, L. Comparing biological classifications of freshwater phytoplankton: a case study from South China. **Hydrobiologia**, 2013, v. 701, nº1, 219-233p.

HU, R.; LI, Q.; HAN, BO-PING; NASELLI-FLORES, L.; PADISAK, J. & SALMASO, N. Tracking management-related water quality alterations by phytoplankton assemblages in a tropical reservoir. **Hydrobiologia**, 2015, v. 763, nº 1, pp 109-124. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10750-015-2366-2>> Acesso em: 05/01/2016.

HUSZAR, V. L. M., SILVA, L. H. S., MARINHO, M., DOMINGOS, P. & SANT'ANNA, C. L. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. **Hydrobiologia**, 2000, v.424, 67-77p.

JACCARD, P. Nouvelles recherches sur la distribution florale. **Bulletin de la Société Vandoise des Sciences Natureles**. 1908, v. 44, 223-270 p.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: Grasshoff, K. (ed.). **Methods of sea water analysis**: Verlag ChemieWeinhein, 1976, 117-181 p.

KRUK, K.; HUSZAR, V. L. M.; PEETERS, E. T. H. M.; BONILLA, S.; COSTA, L.; LÜRLING, M.; REYNOLDS, C. N. S. & SCHEFFER, M. A morphological classification functional variation in phytoplankton. **Freshwater Biology**. 2010; 55(3):614 - 627.

KRUK, C. & SEGURA, A. M. The habitat template of phytoplankton morphology-based functional groups. **Hydrobiologia**, 2012, v.698, 191–202p.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 238 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LIMA, P. L. S. C.; PESSOA, E. K. R.; CHELLAPPA, S. & CHELLAPPA, N.T. Phytoplankton diversity and physical-chemical aspects of water quality of Lake Jiqui, Rio Grande do Norte, Brazil. **Biota Amazônia**. Macapá, 2013, v. 3, n. 3, 97-112 p. (ISSN 2179-5746). Disponível em: <<http://periodicos.unifap.br/index.php/biota/article/viewArticle/820>> Acesso em: 06/06/2015.

LOBO, E. & LEIGHTON, G. Estruturas comunitárias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras y esteros de rios de la zona central Del Chile. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, 1986, v. 22, n.1, 35-51 p.

LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and pheo-pigments: Spectrophotometric equations. **Limnology and Oceanography**, 1967, v. 12, 343-346 p. Issue 2.

LUND, J. W. G.; KIPLING, C. & LECREN, E. O. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. **Hydrobiologia**, 1958, v.11, nº 2, 143-170 p.

MACARTHUR, R. H. & WILSON, E. O. **The theory of island biogeography**. Princeton Univ. Press. Ed., Princeton. 1967.

MACEDO, C. C. L. **Heterogenidade espacial e temporal das águas superficiais e das macrófitas aquáticas do reservatório Paiva Castro (Mairiporã-SP-Brasil)**. 2011. 116f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia – Bauru-SP, 2011.

MACHADO, K. B.; BORGES, P. P.; CARNEIRO, F. M.; SANTANA, J. F.; VIEIRA, L. C. G.; HUSZAR, V. L. M. & NABOUT, J. C. Using lower taxonomic resolution and ecological approaches as a surrogate for plankton species. **Hydrobiologia**, 2015, v.743, 255–267p. DOI 10.1007/s10750-014-2042-y

MACKERETH, F. J. H., HERON, J. & TALLING, J. F. Water analysis: some revised methods for limnologists. **Freshwater Biological Association Scientific Association**. Titus Wilson & Son Ltda. Kendall. 1978, n. 36, 117 p.

MARGALEF, R. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. **Oceanologica Acta**, 1978, v. 1, n. 4, 493-509 p.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Ômega, 1983, 700 p.

MARTINET, J.; DESCLOUX, S.; GUEDANT, P. & RIMET, F. Phytoplankton functional groups for ecological assessment in young sub-tropical reservoirs: case study of the Nam-Theun 2 Reservoir, Laos, South-East Asia. **Journal Limnology**, 2014; v.73, n.3, 536-55p. Disponível em: < DOI: 10.4081/jlimnol.2014.958> Acesso em: 01/12/2015.

MARTINS, A. **Sistema Cantareira e a crise da água em São Paulo**: A falta de transparência no acesso à informação. Artigo 19 Brasil. 2014, 48p.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. G.; LUZIA, A. P. & DEGANI, R. M. Occurrence of Ceratium furcoides (Levander) Langhans 1925 bloom at the Billings Reservoir, São Paulo State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 2010, v. 70, n. 3, 825 -829 p.

MEICHTRY, N. Z.; BOLTOVSKOY, A.; ROJAS, C. C. & RODRIGUEZ, R. M. Primer registro del dinoflagelado invasor Ceratium furcoides (Levander) Langhans 1925 en la Argentina y su distribución en el área de influencia del Embalse Yacyretá (río Paraná, Argentina-Paraguay). **Limnetica**, 2014, v. 33, n. 1, 153-160 p. ISSN: 0213-8409. Disponível em: < http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne33/L33a153_First_record_Ceratium_furcoides_Argentina.pdf> Acesso em: 11/04/2015.

MELO, K. R. P. S. **Estratégias adaptativas do fitoplâncton e aplicação do índice de grupos funcionais**: ferramentas para a conservação de ecossistemas rasos do semiárido

brasileiro. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, 2012.

MOLISANI, M. M.; BARROSO, H. S.; BECKER, H.; MOREIRA, M. O. P.; HIJO, C. A. G.; MONTE, T. M. & VASCONCELLOS, G. H. Trophic state, phytoplankton assemblages and limnological diagnosis of the Castanhão Reservoir, CE, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2010, v. 22, n. 1, 1-12 p. Disponível em: <<http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/actalb.02201001>> Acesso em: 15/06/2015.

MORAES, J. M., PELLEGRINO, G. Q., BALLESTER, M. V., MARTINELLI, L. A., VICTORIA, R. L. & KRUSCHE, A. V. Trends in Hydrological Parameters of a Southern Brazilian Watershed and its Relation to Human Induced Changes. **Water Resources Management**, 1998, v.12, 295–311p.

MORENO, F. N.; RUIZ, B. D.; MIDAGLIA, C. L. V.; MENEGÓN, N. JR. Monitoramento da qualidade da água bruta do Sistema Cantareira. **14º Congresso de Saneamento e abastecimento de água e qualidade em metrologia**. 29 a 31 de out. de 2014, São Paulo.

MORETI, L. O. R.; MARTOS, L.; BOVO-SCOMPARIN, V. M. & RODRIGUES, L. C. Spatial and temporal fluctuation of phytoplankton functional groups in a tropical reservoir. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. Maringá, 2013, v. 35, n. 3, 359-366 p. Disponível em: <[URL: hpp://10.4025/actascibiolsci.v35i3.12988](http://10.4025/actascibiolsci.v35i3.12988)> Acesso em: 26/06/2015.

MOSCHINI-CARLOS, V.; PEDRAZZI, F. J. M.; CONCEIÇÃO, F. T. & POMPEO, M. L. M. Qualidade da água do reservatório de Itupararanga (Bacia do Alto Sorocaba - SP). Gradiente espacial vertical. In: **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG. Disponível em: <<http://www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/1879.pdf>> Acesso: 26/06/2015.

MÜLLER, C. C.; CYBIS, L. F. & RAYA-RODRIGUEZ, M. T. Monitoramento do fitoplâncton para a qualidade da água de abastecimento público - Estudo de caso de mananciais do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. 2012, v.17, n.2, 203-211p.

NABOUT, J. C. & NOGUEIRA, I. S. Variação temporal da comunidade fitoplanctônica em lagos urbanos eutróficos. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. Maringá-PR, 2011, v. 33, n. 4, 383-391 p. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/5955>> Acesso em: 16/03/2015.

NETTO, N. P. & BARROS, L. A. A. B. **Uma história visual da construção do Sistema Cantareira**. São Paulo, Ed. Autor, 2010.

NISHIMURA, P. Y. **A comunidade fitoplanctônica nas represas Billings e Guarapiranga (Região Metropolitana de São Paulo)**. São Paulo. 2012. 135p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Departamento de Ecologia, São Paulo, 2012.

NISHIMURA, P. Y.; MOSCHINI-CARLOS, V. & POMPEO, M. A comunidade fitoplanctônica como discriminador da qualidade da água na represa Billings (São Paulo, SP). In: Marcelo Pompeo; Viviane Moschini-Carlos; Paula Y. Nishimura; Sheila Cardoso-Silva; Júlio L. Doval. (Org.). **A comunidade fitoplanctônica como discriminador da qualidade da água**. 1 ed. Ecologia de reservatórios e interfaces. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015, v.1, 49-58p.

NISHIMURA, P. Y.; MOSCHINI-CARLOS, V. & POMPEO, M. O estudo fitoplâncton com base nos grupos funcionais: origens e um vislumbre sobre seu futuro. In: Marcelo Pompeo; Viviane Moschini-Carlos; Paula Y. Nishimura; Sheila Cardoso-Silva; Júlio L. Doval. (Org.). **Grupos funcionais do fitoplâncton**. 1ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015, v.1, 120-130 p.

NISHIMURA, P. Y.; MOSCHINI-CARLOS, V. & POMPEO, M. Invasive dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans in two linked tropical reservoirs. In: Marcelo Pompeo; Viviane Moschini-Carlos; Paula Y. Nishimura; Sheila Cardoso-Silva; Júlio L. Doval. (Org.). **Grupos funcionais do fitoplâncton**. 1 ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015, v.1, 132-142 p.

NOGUEIRA, M. G., JORCIN, A., VIANNA, N. C. & BRITTO, Y. C. T. Reservatórios em Cascata e os Efeitos na Limnologia e Organização das Comunidades Bióticas (Fitoplâncton, Zooplâncton e Zoobentos) - Um Estudo de Caso no Rio Paranapanema (SP/PR). In NOGUEIRA, M. G., HENRY, R. & JORCIN, A. (Eds.). **Ecologia de Reservatórios: Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata**. 2 ed. São Carlos: Rima. 2006. 83-126 p.

NOGUEIRA, I. S.; NABOUT, J. C.; OLIVEIRA, J. E.; SILVA, K. D. Diversidade (alfa, beta e gama) da comunidade fitoplanctônica de quatro lagos artificiais urbanos do município de Goiânia, GO. **Hoehnea**. 2008, v. 35, n. 2, 219-233 p. (ISSN 2236-8906).

OLIVEIRA, P. E.; GOMES, A. R.; SANCHES, R. C. & SAAD, A. R. Análise da evolução da paisagem no entorno da represa dos rios Jaguari e Jacaré, Estado de São Paulo, com base em sensoriamento remoto e SIG. **Revista Geociência**, São Paulo, 2008, v. 27, n. 4, 527-539 p. Disponível em : <http://papegeo.igc.usp.br/scielo.php?pid=S0101-90822008000400008&script=sci_arttext> .Acesso em: 17/10/2014.

OTOMO, J. I.; CARDOSO-SILVA, S.; SANTOS, W. D. S.; JARDIM, E. A. M. & POMPEO, M. L. M. Avaliação de políticas para preservação e recuperação de mananciais de abastecimento público da região metropolitana de São Paulo. In: Marcelo Pompeo; Viviane

Moschini-Carlos; Paula Y. Nishimura; Sheila Cardoso-Silva; Júlio L. Doval. (Org.). **Avaliação de Política Públicas em áreas de mananciais**. 1ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015, v. 1, 376-395p.

PACHECO, J. P., IGLESIAS, C., MEERHOFF, M., FOSALBA, C., GOYENOLA, G., MELLO, F. T., GARCÍA, S., GELÓS, M. & GARCÍA-RODRÍGUEZ, F. Phytoplankton community structure in five subtropical shallow lakes with different trophic status (Uruguay): a morphology-based approach. **Hydrobiologia**, 2010, v.646, 187-197p.

PADISÁK, J.; BORIC, G.; GRIGORSZKY, I.; SORÓCZKI-PINTÉR, E. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. **Hydrobiologia**, 2006, v. 553, 1-14p.

PADISÁK, J.; CROSSETTI, L. O. & NASELLI-FLORES, L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. **Hydrobiologia**, 2009, v. 621, 1-19 p. Disponível em: <URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-008-9645-0>> Acesso em: 15/05/2015.

PELLEGRINI, B. G. & FERRAGUT, C. Variação sazonal e sucessional da comunidade de algas perifíticas em substrato natural em um reservatório mesotrófico tropical. **Acta Botanica Brasileira**, 2012, v.26, n.4, 810-821p.

PERES, A. C. & SENNA, P. A. C. Chlorophyta da Lagoa do Diogo. In: SANTOS, J. E. & PIRES, J. S. R. **Estudos Integrados em Ecossistemas: Estação Ecológica de Jataí**. São Carlos: RiMa, 2000, v. 2, p. 469 – 481. Disponível em: <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas> Acesso em: 26/05/2015.

PIANKA, E. R. On r- and K-Selection. **The American Naturalist**. v. 104, n. 940, 1970, 592-597p.

PIELOU, E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections. **Journal of Theoretical Biology**, 1966, v.13, 131-144 p.

PIELOU, E. C. **Ecological Diversity**. Wiley-Interscience, New York. 1975.

PINTO-COLEHO, R. M.; AZEVEDO, L. M. A.; RIZZI, P. E. V.; BEZERRA-NETO, J. F. & ROLLA, M. E. Origens e efeitos do aporte externo de nutrientes em um reservatório tropical de grande porte: Reservatório de São Simão (MG/GO). In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (eds.). **Ecologia de reservatórios: Impactos potenciais, Ações de manejo e Sistemas em Cascata**. São Carlos: Rima, 2005, 127-164 p.

POMPEO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V.; COSTA NETO, J. P.; CAVALVANTE, P. R. S.; IBÂNEZ, M. S. R., FERREIRA-CORREIA, M. M. & BARBIERI, R. Heterogeneidade espacial do fitoplâncton no reservatório de Boa Esperança (Maranhão – Piauí, Brasil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, 1998, v. 10, n. 2, 101-103 p.

REYNOLDS, C. S. Phytoplankton assemblages and their periodicity in stratifying lake systems. **Holarctic Ecology**, 1980, v.3, 141–159 p.

REYNOLDS, C. S. Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. **Freshwater Biology**, 1984, v. 14, 111-142 p.

REYNOLDS, C. S. Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. In: SANDGREN, C. D. (ed.). **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton**. Cambridge University Press, Cambridge, 1988, 388–433 p.

REYNOLDS, C. S. On the vertical distribution of phytoplankton in the middle Rio Doce valley lakes. In: TUNDISI, J. G. & SAIJO, Y. (Ed.). **Limnological studies on the Rio Doce valley lakes, Brazil**. São Carlos, Brazilian Academy of Sciences, 1997, 227-241 p.

REYNOLDS, C.; HUSZAR, V.; KRUK C.; NASELLI-FLORES, L. & MELO, S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, 2002. v. 24, 417-428 p. Disponível em: <URL: <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/24.5.417>>

REYNOLDS, C. S. **The Ecology of Phytoplankton** (Ecology, Biodiversity and Conservation). Cambridge University Press, Cambridge, 2006. 550 p.

RODRIGUES, L. C.; TRAIN, S.; BOVO-SCOMPARIN, V. M.; JATI, S.; BORSALLI, C. C. J.; MARENGONI, E. Interannual variability of phytoplankton in the main rivers of the Upper Paraná River floodplain, Brazil: influence of upstream reservoirs. **Brazilian Journal of Biology**, 2009, v.69, nº.2, São Carlos, 501-516p.

ROLAND, F., HUSZAR, V. L. M., FARJALLA, V. F., ENRICH-PRAST, A., AMADO, A. M., & OMETTO, J. P. H. B. Climate change in Brazil: perspective on the biogeochemistry of inland waters. **Brazilian Journal of Biology**, 2012, v.72, nº3, 709-722p.

ROSA, A. H.; SILVA, A. A. M. J.; MELO, C. A.; MOSCHINI-CARLOS, V.; GUANDIQUE, M. E. G.; FRACETO, L. F. & LOURENÇO, R. W. Diagnóstico ambiental e avaliação de uso e ocupação do solo visando a sustentabilidade da represa de Itupararanga, importante área da bacia do Médio Tietê. In: Marcelo Pompêo; Viviane Moschini-Carlos; Paula Y. Nishimura; Sheila Cardoso-Silva; Júlio L. Doval. (Org.). **Sustentabilidade da**

represa de Itupararanga. 1 ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015, v. 1, 212-231 p.

RUIZ, G.; MAC DONAGH, M. E.; QUÁINI, K & SOLARI, L. Life strategists and morpho-functional groups applied to the phytoplankton of a Pampean shallow lake. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, 2015, v. 49, n°. 1, 3–19p. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00288330.2014.920890>> Acesso em: 10/01/2016.

SÃO PAULO (Estado). Companhia de Saneamento Básico (SABESP). **Mananciais da região metropolitana de São Paulo – O Sistema Cantareira.** 2007. Disponível em: <[URL:http://www.mananciais.org.br/site/mananciais_rmSP/cantareira](http://www.mananciais.org.br/site/mananciais_rmSP/cantareira)> Acessado em: 03/04/2014.

_____. Companhia de Saneamento Básico (SABESP). **Boletim das condições dos mananciais**, 2015 - Sistema Cantareira. Disponível em: <<http://www2.sabesp.com.br/mananciais/DivulgacaoSiteSabesp.aspx>> Acesso em: 15/11/2015.

_____. Companhia Ambiental (CETESB). Índice do Estado Trófico, 2007. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/04.pdf>> Acesso em: 22/05/2014.

_____. Companhia Ambiental (CETESB). NORMA TÉCNICA-**L5.306**. Determinação de Clorofila a e Feofitina a: método espectrofotométrico. 3 ed., 2014, 14 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/11/2013/11/L5306.pdf>>

SALMASO, N.; NASELLI-FLORES, L. & PADISÁK, J. Functional classifications and their application in phytoplankton ecology. **Freshwater Biology**, 2015, v. 60, Issue: 4, 603-619p.

SALMASO, N. & PADISÁK, J. Morpho-Functional Groups and phytoplankton development in two deep lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany). **Hydrobiologia**, 2007, v.578, n.1, 97-112p.

SANTOS, R. M.; SAGGIO, A. A.; SILVA, T. L. R.; NEGREIROS, N. F. & ROCHA, O. Short-term thermal stratification and partial overturning events in a warm polymictic reservoir: effects on distribution of phytoplankton community. **Brazilian Journal of Biology**, 2015, v. 75, n. 1, 19-29 p. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.05313>> Acesso em: 27/01/2016.

SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; WERNER, V. R.; DOGO, C. R.; RIOS, F. R. & CARVALHO, L. R. Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. **Algological Studies**. v. 126. 2008. 251–265 p. Disponível em:

<http://www.researchgate.net/publication/233649023_Review_of_toxic_species_of_Cyanobacteria_in_Brazil> Acesso em: 11/02/2015.

SCHIAVONE, D. C.; MONZANE, T. E. G. & DE LUCCA, J. V. Inventário taxonômico preliminar da comunidade bentônica nos reservatórios do rio jaguari e do rio jacaré – Sistema Cantareira SABESP – São Paulo, SP. In: **VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 2, 2012. 223-234 p. Disponível em:

<http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/search/authors/view?firstName=Daniele%20Cristina&middleName=&lastName=Schiavone&affiliation=&country=>> Acesso em: 11/05/2015.

SELMECZY, G. B.; TAPOLCZAI, K.; CASPER, P. KRIENITZ, L. & PADISÁK, J. Spatial- and niche segregation of DCM-forming cyanobacteria in Lake Stechlin (Germany). **Hydrobiologia**, 2016, v.764, n.1, 229-240p.

SERAFIM-JÚNIOR, MOACYR; PERBICHE-NEVES, G.; BRITO, LINEU; GHIDINI, A. R. & CASANOVA, S. M.C. Variação espaço-temporal de rotífera em um reservatório eutrofizado no sul do Brasil. **Iheringia**. Porto Alegre. v. 100, n. 3, 2010. 233-241 p. (Série Zoologia).

SERPE, C. T. A. 180 f. 2014. **Análise da composição e abundância da comunidade fitoplântica em quatro reservatórios do rio Iguaçu**. Dissertação (Mestrado)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Curitiba, 2014.

SHANNON, C. E. & WEAVER, W. **Mathematical theory of communication**. Urbana, Illinois: University Press, 1963.

SILVA, L. H. S. Fitoplâncton de um reservatório eutrófico (Lago Monte Alegre), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, 1999, v.59, n.2, 281-303p.

SILVA, C. A.; TRAIN, S. & RODRIGUES, C. L. Phytoplankton assemblages in a Brazilian subtropical cascading reservoir system. **Hydrobiologia**, 2005, v. 537, 99–109 p. Issue 1-3. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10750-004-2552-0>> Acesso em: 17/05/2015.

SILVA, K. P. B.; COSTA, M. M. S. & GUEDES, E. A. C. Variação temporal do fitoplâncton de um lago pertencente à Área de Proteção Permanente no estado de Alagoas, nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n.4, 2011. 890-898 p.

SILVA, L. C.; LEONE, I. C.; SANTOS-WISNIEWSKI, M. J.; PERET, A. C. & ROCHA, O. Invasion of the dinoflagellate *Ceratium furcoides*(Levander) Langhans 1925 at tropical reservoir and its relation to environmental variables. **Biota Neotropica**, v.12, n. 2, 2012. 93-100 p. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S167606032012000200010&script=sci_arttext>

Acesso em: 15/06/2015

SIMPSON. E. H. Measurement of diversity. **Nature**. v.163, 1949. 688 p.

SOUZA, J. F. V. Responsabilidade ambiental e a ocupação desordenada do solo: um olhar sobre os reservatórios da Região Bragantina. **Revista Seqüência**, 2007, nº 54, 47-72 p.

SOUSA, E. B.; COSTA, V. B.; PEREIRA, L. C. C. & COSTA, R. M. Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil). **Acta botanica brasílica** v. 23, n.4. 2009. 1084-1095 p. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/abb/v23n4/v23n4a18.pdf>> Acesso em: 28/06/2015.

SUN, J. & LIU, D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal Plankton Research**, v. 25, n.11, 2003. 1331-1346 p. Disponível em: <<http://plankt.oxfordjournals.org/content/25/11/1331.full>> Acesso em: 05/10/2014.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. & DUNCAN, A. **Developments in Hydrobiology: Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management**. 1993. 289-291 p.

STRASKRABA, M. & TUNDISI, J. G. **Diretrizes para o gerenciamento de lagos. Gerenciamento da qualidade da água de represas**. 2. ed. ILEC/ IIE, v. 9, 2008. 300 p.

STRICKLAND, J. D. & PARSONS, T. R. A manual of seawater analysis. **Fisheries Research Board of Canada**. 1 ed. v. 125, 1960. 1-185 p.

TANIWAKI, R. H.; BORGHI, T. C.; MAGRIN, A. G. E.; CALIJURI, M. C., BOTTINO, F. & MOSCHINI-CARLOS, V. Structure and dynamics of the community of periphytic algae in a subtropical reservoir (state of São Paulo, Brazil). **Acta Botanica Brasílica**. v. 27, n.3, 2013. 551-559 p.

TEIVE, L. F.; LISBOA, L. K. & PETRUCIO, M. M. Uma revisão da disponibilidade de dados ecológicos visando o direcionamento de novas pesquisas na Lagoa do Peri. **Biotemas**, 2008, v.21, n.2, 133-143p.

TENEVA, I.; GECHEVA, G.; CHESHMEDJIEV, S.; STOYANOV, P.; MLADENOV, R. & BELKINOVA, D. Ecological status assessment of Skalenski Lakes (Bulgaria).

Biotechnology & Biotechnological Equipment, 2014, v.28, n.1, 82-95p. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/13102818.2014.901682>> Acesso em: 06/10/2015.

TER BRAAK, C. J. F.. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate analysis. 1986, **Ecology**, v.67, 1667-1679p.

THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L. & PAYNE, F. E. **Reservoir Limnology: Ecological perspectives**. John Wiley & Sons Inc. 1990. 246 p.

TORGAN, L. C. **Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica na laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil, em um ciclo anual**. 1997. 284 f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

TRAIN, S. & RODRIGUES, C. R. Distribuição espaço temporal da comunidade fitoplanctônica. In: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Ed.). **A planície de inundação do alto rio Paraná. Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: UEM – Nupelia, 1997, 105-115p.

TRAIN, S.; RODRIGUES, L. C.; JATI, S.; BOVO-SCOMPARIN, V. M.; MARENGONI, E. & BORGES, P. A. F. A. Comunidades Fitoplanctônicas. In: AGOSTINHO, A. A. **Planície de inundação do Alto Rio Paraná**. Maringá: UEM-Nupelia, 2006. (Relatório Técnico). Disponível em: <<http://www.peld.uem.br/Relat2006/peld-sumario06.htm>> Acesso em: 15/07/2014.

TUCCI, A.; BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M.; OSTI, J. A. S. & ADAME, G. Checklist of Cryptophyceae from São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 11, n°1, 2011. 140-155 p. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/en/abstract?inventory+bn0101101a2011>> Acesso em: 01/07/2015

TUNDISI, J. G.; T. MATSUMURA-TUNDISI; R. HENRY; O. ROCHA & K. HINO. Comparação do estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo: Eutrofização e manejo. In: Tundisi, J. G. (ed.). **Limnologia e manejo de represas**. v. 1, Tomo 1. São Paulo: Série Monografias em Limnologia/USP. 1988.

TUNDISI, J. G. Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. **Revista Brasileira de Biologia**, 1990, v.50, n.4, 937-955p.

TUNDISI, J. G. Frontiers of brazilian research: reservoirs as complex systems. **Ciência e Cultura Journal of the Brazilian Association for the advancement of Science**, 1996, v.48, n.5/6, 383-387p.

TUNDISI, J. G. Reservatórios como sistemas complexos: Teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: HENRY, R. (Ed). **Ecologia de reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais**. Botucatu: Fundibio/Fapesp, v. 1, 1999. 19-38 p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. Theoretical basis for reservoir management. In: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. (Ed.), **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos: International Institute of Ecology; Brazilian Academy of Sciences; Backhuys Publishers, 1999. p. 505-528.

TUNDISI, J. G. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios – Estudos de caso e perspectivas. In: NOGUEIRA M. G.; HENRY, R.; JORCIN A. (Org.) **Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. São Carlos: Rima, 2005.

TUNDISI, J. G. Exploração do potencial hidrelétrico da Amazônia. 59. ed. 2007. 109-117 p. (**Estudos Avançados, 21**). Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a08v2159.pdf>> Acesso em: 26/06/2015.

TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos. 2008. 632 p.

UEHLINGER, V. Étude statistique dês méthodes de dénombrement planctonique. **Archives Science**, v. 17, n. 2, 1964. 121-123 p.

UTERMOHL, H. **Zurvervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik**. Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Ange wandte Limnolo, v. 9, 1958. 1-38 p.

VALDERRAMA, J. C. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. **Marine Chemistry**, 1981, v. 10, n. 2, 109-122 p.

VIEIRA, P. C. S.; CARDOSO, M. M. L. & COSTA, I. A. S. Vertical and temporal dynamics of phytoplanktonic associations and the application of index assembly in tropical semi-arid eutrophic reservoir, northeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2015, v.27, n.1, 130-144p.

WACHHOLZ, F.; PEREIRA FILHO, W. & PEREZ FILHO, A. Compartimentação aquática espectral dos reservatórios em cascata no alto Jacuí – RS. In: **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE, Natal-RN, 2009. 4929-4935 p. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.17.57/doc/4929-4935.pdf>> Acesso em: 02/06/2015.

WATSS, G.; CHRISTIERSON, B. V.; HANNAFORD, J. & LONSDALE, K. Testing the resilience of water supply system to long droughts. **Journal of Hydrology**. 2012. 414-415 p.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological analysis**. 2nd ed. New York: Springer Verlag, 2001. 391p.

WHATELY, M. & CUNHA, P. **Cantareira 2006**: um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo: Instituto SócioAmbiental, 2007. 68 p. Disponível em: <http://www.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/10289.pdf>

APÊNDICE

Tabela 12 - Valores de Médias ($\bar{X}$), Desvio Padrão (S), Mínimos (min.), Máximos (max.) e Coeficiente de Variação (CV) das variáveis físicas e químicas aferidas nos reservatórios do Sistema Cantareira nos meses de maio/junho 2013

Variáveis	Unidade	Jaguari					Jacareí					Cachoeira					Atibainha					Paiva Castro				
		$\bar{X}$	S	Mín	Máx	CV	$\bar{X}$	S	Mín	Máx	CV	$\bar{X}$	S	Mín	Máx	CV	$\bar{X}$	S	Mín	Máx	CV	$\bar{X}$	S	Mín	Máx	CV
Dmax	m	29.1	13.5	14.4	41.0	46.4	18.5	13.2	7.2	33.0	71.1	13.6	6.5	6.0	22.5	47.6	13.7	9.2	3.0	22.0	66.8	9.8	4.3	5.5	14.0	43.2
NO2	µg/L	2.0	0.5	1.6	2.6	26.1	1.7	1.4	0.8	3.3	83.6	0.7	0.3	0.4	1.2	44.2	1.3	0.3	0.8	1.5	22.8	1.4	1.1	0.5	2.6	76.6
NO3	µg/L	358.7	32.5	337.8	396.2	9.1	323.7	24.3	296.2	342.0	7.5	346.0	49.7	297.8	429.5	14.4	257.2	65.4	187.0	327.8	25.4	233.4	15.6	215.3	242.8	6.7
NH4	µg/L	10.1	1.9	9.0	12.4	19.2	18.6	7.2	14.3	26.9	38.5	14.2	3.8	9.4	17.8	26.5	26.7	11.3	18.0	40.5	42.4	29.8	11.1	22.5	42.5	37.1
TNw	µg/L	0.1	0.3	0.5	43.3	0.3	0.1	0.3	0.5	43.3	0.4	0.2	0.3	0.8	68.3	0.4	0.3	0.3	0.9	66.1	0.5	0.3	0.3	0.8	53.3	0.1
DIN	µg/L	370.8	31.5	348.6	406.8	8.5	344.0	28.5	311.2	363.0	8.3	361.0	46.9	316.3	439.5	13.0	285.1	56.5	228.9	348.0	19.8	264.6	23.5	240.3	287.1	8.9
TPw	µg/L	32.4	13.2	22.4	47.3	40.7	8.5	6.9	4.5	16.5	81.4	6.3	4.0	4.5	13.5	63.8	4.5	0.0	4.5	4.5	0.0	7.2	4.6	4.5	12.5	64.4
Chla	µg/L	9.5	3.8	5.1	11.9	40.3	2.5	1.4	1.5	4.2	57.2	1.1	0.2	0.9	1.5	22.0	1.8	0.8	1.1	3.2	44.0	1.6	0.8	1.0	2.5	48.2
Chlb	µg/L	9.0	3.4	5.1	11.1	37.2	2.9	1.5	1.9	4.6	50.1	1.4	0.5	0.9	2.0	34.4	2.4	1.2	1.4	4.5	50.2	2.1	1.1	1.5	3.3	49.6
Chlc	µg/L	2.9	0.7	2.1	3.4	23.6	2.2	0.7	1.5	2.9	31.0	1.3	0.8	0.7	2.5	59.6	2.7	1.7	1.5	5.6	60.3	2.4	1.4	1.3	4.0	59.8
Phaeo	µg/L	3.0	1.2	1.8	4.2	40.8	2.1	1.4	1.2	3.7	67.6	1.4	0.9	0.6	2.7	60.8	3.5	2.0	0.6	5.4	57.7	2.4	1.5	1.5	4.2	64.6
DS	m	2.4	1.1	1.7	3.6	44.4	3.1	1.4	1.5	4.3	46.9	2.9	0.5	2.1	3.4	17.4	2.3	0.3	2.1	2.8	12.3	1.9	0.5	1.4	2.4	26.2
SS	mg/L	5.6	1.7	3.7	6.9	30.0	2.1	0.9	1.4	3.1	43.7	2.2	0.9	1.6	3.7	40.0	1.8	0.3	1.5	2.2	16.5	3.3	1.4	2.2	4.9	41.9
SSO	%	91.9	2.9	89.5	95.1	3.1	75.1	15.0	65.1	92.3	19.9	60.7	13.7	41.0	77.5	22.5	63.0	8.4	53.3	72.3	13.3	34.4	12.0	91.9	2.9	89.5
SSI	%	8.1	2.9	4.9	10.5	35.6	24.9	15.0	7.7	34.9	60.1	39.3	13.7	22.5	59.0	34.8	37.0	8.4	27.7	46.7	22.7	65.6	12.0	8.1	2.9	4.9
T	°C	18.9	0.1	18.8	19.0	0.7	19.6	0.1	19.6	19.8	0.6	19.9	0.3	19.3	20.2	1.7	18.8	0.2	18.5	19.0	1.3	19.4	0.6	18.8	19.8	2.8
CE	µS.cm-1	33.8	0.7	33.1	34.4	2.0	34.3	1.4	33.2	36.0	4.2	32.1	1.2	30.3	33.1	3.7	30.9	0.5	30.0	31.5	1.8	34.0	1.8	33.0	36.1	5.2
pH		8.3	0.2	8.1	8.5	2.2	7.0	0.3	6.7	7.2	3.7	6.7	0.3	6.5	7.3	5.0	6.4	0.5	6.1	7.1	7.1	6.6	0.1	6.5	6.8	1.8
OD	mg/L	9.5	1.6	8.2	11.4	17.3	7.1	0.5	6.6	7.6	7.0	10.0	1.4	8.3	11.8	13.8	8.1	2.5	5.9	12.2	30.3	7.4	0.9	6.8	8.4	11.9
OD	%	115.6	20.0	99.9	138.1	17.3	87.4	6.2	80.7	93.0	7.1	122.0	16.7	102.0	144.7	13.7	98.4	29.7	71.6	147.4	30.2	89.1	10.2	81.8	115.6	20.0
IET	IET	62.3	1.8	60.6	64.2	3.0	54.4	3.6	52.1	58.5	6.5	52.0	1.7	50.8	54.9	3.3	52.4	1.0	51.3	53.9	1.9	53.1	2.9	51.1	56.4	5.4

Tabela 13 - Valores de Médias ($\bar{X}$), Desvio Padrão (S), Mínimos (min.), Máximos (max.) e Coeficiente de Variação (CV) das variáveis físicas e químicas aferidas nos reservatórios do Sistema Cantareira nos meses de novembro/dezembro 2013

Variáveis	Unidade	Jaguari					Jacareí					Cachoeira					Atibainha					Paiva Castro				
		$\bar{X}$	S	Mín	Máx	CV	$\bar{X}$	S	Mín	Máx	CV	$\bar{X}$	S	Mín	Máx	CV	$\bar{X}$	S	Mín	Máx	CV	$\bar{X}$	S	Mín	Máx	CV
Dmax	m	21.9	14.7	5.0	31.0	66.9	16.2	13.9	3.5	31.0	85.8	12.6	5.7	7.9	22.3	45.4	12.3	7.1	4.8	19.5	57.2	9.2	4.6	5.0	14.1	49.6
NO2	µg/L	26.8	0.8	26.0	27.6	3.1	8.4	5.5	5.0	14.7	65.9	3.8	0.6	3.2	4.7	15.7	4.5	0.2	4.3	4.9	5.1	4.3	0.3	4.0	4.6	7.3
NO3	µg/L	686.3	33.0	649.7	713.8	4.8	417.8	10.5	407.3	428.3	2.5	330.4	77.6	216.2	417.8	23.5	228.8	53.0	164.9	309.5	23.1	219.3	45.1	180.1	268.7	20.6
NH4	µg/L	119.1	51.5	81.9	177.9	43.3	41.4	31.7	11.9	74.9	76.5	21.7	8.8	13.4	36.4	40.3	17.9	9.4	9.0	29.9	52.7	17.8	10.9	9.0	29.9	61.1
TNw	mg/L	2.5	0.8	1.9	3.4	31.7	0.6	0.4	0.3	1.0	60.9	2.0	2.2	0.5	5.8	111.9	1.4	1.2	0.5	3.4	84.4	2.1	1.1	1.2	3.4	53.3
DIN	µg/L	832.2	63.9	773.1	900.0	7.7	467.6	41.5	424.6	507.5	8.9	355.9	75.0	240.9	435.0	21.1	251.2	57.1	178.4	330.2	22.7	241.5	56.3	193.1	303.2	23.3
TPw	µg/L	16.4	15.1	4.5	33.4	91.9	6.2	2.9	4.5	9.5	46.7	4.5	0.0	4.5	4.5	0.0	4.5	0.0	4.5	4.5	0.0	4.5	0.0	4.5	4.5	0.0
Chla	µg/L	11.2	3.4	7.4	14.1	30.6	6.0	5.3	1.8	11.9	87.4	1.8	0.4	1.1	2.3	24.2	2.0	1.0	1.1	3.6	51.9	2.0	0.4	1.6	2.5	22.5
Chlb	µg/L	12.2	4.4	7.6	16.3	35.8	6.2	5.0	1.9	11.6	81.1	2.3	0.8	1.4	3.4	32.3	2.5	1.3	1.3	4.5	54.1	2.5	0.6	1.9	3.0	22.5
Chlc	µg/L	7.9	5.1	3.8	13.7	64.7	3.2	1.7	1.6	5.0	54.5	2.7	1.1	1.7	4.5	41.6	2.2	1.6	1.3	5.0	70.5	2.6	1.2	1.2	3.5	46.1
Phaeo	µg/L	6.6	2.0	5.0	8.9	30.9	4.1	2.6	2.4	7.1	64.8	2.9	1.4	1.1	4.8	48.0	3.4	1.8	1.6	5.6	53.5	3.4	1.4	1.9	4.7	41.0
DS	m	0.6	0.1	0.5	0.7	17.2	1.6	1.0	0.6	2.6	63.1	2.4	0.6	1.6	2.9	24.2	2.4	1.2	1.1	3.5	48.1	2.5	0.9	1.7	3.4	34.4
SS	mg/L	16.3	9.7	10.5	27.4	59.4	7.0	6.2	1.8	13.9	88.3	3.4	3.0	1.4	8.6	85.7	1.8	0.9	1.1	3.2	49.7	2.8	1.4	1.9	4.4	49.5
SSO	%	29.2	8.8	19.3	35.7	30.0	56.3	16.1	37.9	67.5	28.5	56.8	22.8	26.6	79.8	40.1	70.1	24.3	40.8	100.0	34.6	55.1	26.3	24.9	73.5	47.8
SSI	%	70.8	8.8	64.3	80.7	12.4	43.7	16.1	32.5	62.1	36.8	43.2	22.8	20.2	73.4	52.7	29.9	24.3	0.0	59.2	81.3	44.9	26.3	26.5	75.1	58.6
T	°C	24.3	0.2	24.0	24.5	1.0	25.6	0.5	25.0	25.9	2.0	23.5	0.5	22.9	24.3	2.3	25.0	1.0	23.4	25.8	3.9	23.1	0.4	22.8	23.6	1.8
CE	µS.cm-1	33.6	0.4	33.1	33.9	1.3	36.0	3.1	34.0	39.6	8.7	32.9	1.6	30.1	34.3	4.9	31.0	2.0	27.5	32.0	6.4	35.0	0.0	35.0	35.0	0.0
pH		6.8	0.7	6.1	7.4	10.3	6.9	0.5	6.4	7.4	7.5	6.2	0.2	5.9	6.3	3.2	6.6	0.6	5.7	7.2	9.7	7.6	0.9	6.6	8.4	11.8
OD	mg/L	6.1	0.3	5.8	6.4	5.4	7.2	0.7	6.5	7.9	9.4	9.3	0.7	8.5	10.2	7.9	7.9	0.9	7.2	9.5	11.4	8.1	0.4	7.8	8.5	4.8
OD	%	74.6	4.4	70.3	79.1	5.9	89.3	8.7	80.3	97.6	9.7	121.8	9.5	109.1	132.4	7.8	106.1	10.2	96.5	123.3	9.6	103.6	4.5	99.8	108.5	4.4
IET	IET	59.9	3.3	57.2	63.7	5.6	55.6	3.5	52.5	59.4	6.4	52.5	0.7	51.4	53.1	1.2	52.5	1.2	51.4	54.3	2.2	52.7	0.5	52.3	53.3	1.0