**Universidade de São Paulo
Faculdade de Saúde Pública**

**Comunidade fitoplanctônica no monitoramento de
rios do estado de São Paulo**

Arnaldo Tiago Ribeiro Amorim de Oliveira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Saúde Pública para obtenção do
título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Saúde Ambiental

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Negrão Mucci

**SÃO PAULO
2012**

Comunidade fitoplanctônica no monitoramento de rios do estado de São Paulo

Arnaldo Tiago Ribeiro Amorim de Oliveira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Saúde Ambiental

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Negrão Mucci

SÃO PAULO
2012

É expressamente proibida a comercialização deste documento tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

*Dedico este trabalho os meus
filhos Alexandre, Bianca e Daniel
por terem me mostrado o real
sentido das coisas, representando
o futuro, a continuação, o eterno.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo milagre da vida em todas as suas formas e por toda força e fé que sempre me move e direciona.

Ao Prof. Dr. José Luiz Negrão Mucci, pela sua orientação neste trabalho, pela sua paciência e amizade nos momentos difíceis e aos valiosos ensinamentos ao longo deste período.

À Dra. Maria do Carmo Carvalho, quem possibilitou a execução deste projeto, pela motivação, apoio e amizade incondicionais sempre, inclusive nas etapas de realização do trabalho.

À CETESB pela disponibilização dos dados e estrutura para que fosse possível a realização deste estudo, e por contribuir, desde a época de estágio, à minha formação profissional.

A Faculdade de Saúde Pública por disponibilizar toda a estrutura necessária ao desenvolvimento da pesquisa.

Á todos os professores do Programa de Pós-graduação em Saúde-pública pelos ensinamentos.

Aos Prof. Dr. Aristides Almeida Rocha, Dra. Marta Condé Lamparelli, Dra. Livia Fernanda Agujaro e Dra. Marcina Cecilia Pontes Gemelgo pelas valiosas contribuições durante a qualificação do projeto da pesquisa.

À Dra. Andrea Tucci pelo apoio e ensinamentos em muitas etapas deste estudo e principalmente por fornecer sua inestimável paciência e orientação no tratamento estatístico dos dados.

Agradeço a todos da empresa Bioagri Ambiental por todo apoio e confiança e especialmente por compreenderem a importância em conciliar a atividade profissional e o aprimoramento acadêmico.

A todos do Laboratório de Comunidades Aquáticas da CETESB, pelo apoio, ensinamentos e principalmente amizade ao longo destes anos.

A toda minha família, por tudo que me ensinaram e todo apoio que sempre me deram.

E finalmente à minha esposa Fernanda, por simplesmente ser quem você é, linda, feliz e motivadora, e por me mostrar todo dia o bom da vida e pelo que as coisas realmente valem a pena, obrigado.

RESUMO

Oliveira A.T.R.A. Comunidade fitoplanctônica no monitoramento de rios do estado de São Paulo [dissertação de mestrado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2012.

Objetivo. São poucos os estudos desenvolvidos sobre o fitoplâncton que habita os rios. No estado de São Paulo muitas das captações de água para o abastecimento público se localizam em rios de planície ou rios de baixo gradiente, e apresentam uma grande quantidade de barragens com reservatórios construídos no seu curso, além da presença de lagoas marginais e de pequenos represamentos para a captação de água, contribuindo para o desenvolvimento dos organismos planctônicos. Assim frente à necessidade de conhecer melhor a estrutura e a dinâmica de algas e cianobactérias planctônicas em rios visando aprimorar sua utilização como ferramenta de monitoramentos, o objetivo principal deste projeto foi o de reavaliar e discutir melhorias na aplicação do índice da comunidade fitoplânctônica (ICF), desenvolvido e utilizado pela CETESB, nestes ambientes. **Metodologia.** Foram avaliados oito locais de coleta, em rios junto a captações de água para o abastecimento público de seis importantes municípios do estado, durante o ano de 2009. As amostragens foram bimestrais e foram levantados os aspectos abióticos (precipitação, vazão, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade, carga orgânica e nutrientes) e biológicos (Coliformes termotolerantes, Clorofila *a* e a Comunidade Fitoplanctônica). Foram testadas e propostas alterações no ICF para aplicação em rios e aplicados outros índices de qualidade das águas utilizados pela CETESB como IET, IVA, ICF para comparação. **Resultados.** A comunidade fitoplânctônica nos rios estudados apresentou uma elevada riqueza de espécies, porém com uma alta proporção de espécies raras. A densidade dos organismos foi considerada baixa para a maioria dos rios. As maiores densidades estiveram mais relacionadas com o aumento da carga orgânica e as formas de nitrogênio, com aumento significativo no período de

menor precipitação. O grupo Baccillariophyta, principalmente a classe Coscinodiscophyceae estiveram associados aos rios com melhor qualidade da água, enquanto a classe Chlorophyceae da ordem Chlorococcales foi correlacionada com o aumento da carga orgânica. A classe Cyanobacteria predominou nos rios com os maiores valores de fósforo e coliformes termotolerantes. A classe Cryptophyceae teve seu aumento relativo relacionado principalmente ao período mais seco com o decréscimo de outros grupos. As diferenças hidráulicas e hidrológicas entre os rios foram fatores importantes na composição da comunidade fitoplanctônica, porém a densidade total de organismos foi influenciada pela sazonalidade, sendo consideravelmente maior no período seco, na maioria dos locais. As diferentes ponderações nos atributos propostas na composição ICF_{rios} (densidade e grupos taxonômicos) mostraram uma significativa correlação com os outros índices de qualidade das águas aplicados, mostrando que pode ser uma boa ferramenta na classificação e monitoramento da qualidade das águas de rios.

ABSTRACT

There are few studies conducted on phytoplankton inhabiting the rivers. In São Paulo State many of the abstraction of water for public supply are located in lowland rivers and streams of low gradient and have a lot of dam built in their courses, and the presence of lateral lakes and small dams to capture water, contributing to the development of planktonic organisms. Considering the need to better understand the structure and dynamics of planktonic algae and cyanobacteria in rivers, and to improve its use as a tool for monitoring, the main objective of this project was to reassess and discuss improvements in the application of the index of the phytoplankton community (ICF), used by CETESB, in these environments. Were evaluated eight sampling sites in rivers located at the abstraction of water for public supply of six major cities in the State during 2009. Samples were collected bimonthly and were assessed for both abiotic (rainfall, flow, temperature, pH, DO,

turbidity, conductivity, organic load and nutrients) and biological (Fecal Coliforms, Chlorophyll *a* and Phytoplankton Community) variables. Changes in ICF were tested for use in rivers and results were compared to other water quality indices used by CETESB such as IET, IVA e ICF. The phytoplankton community in the studied rivers showed a high species richness, but with a high proportion of rare species. The density was low for most of the river. The highest densities were related to the increase in organic load and the nitrogen forms with significant increases in periods of low precipitation. The Bacillariophyta group, particularly the class Coscinodiscophyceae, was associated with better water quality, while Chlorophyceae Chlorococcales order was correlated with the increase in organic load. The class Cyanobacteria predominated in the rivers with the highest values of phosphorus and fecal coliforms. The class Cryptophyceae had its increase of relative importance mainly in the dry season with the decrease of other groups. The hydraulic and hydrological differences between the rivers were important factors in community composition, but the density was influenced by seasonality, being considerably higher in the dry season in most places. The variation proposed in the importance of different components such as density, abundance and taxonomic groups in ICF_{rivers} showed a significant correlation with other water quality indices, indicating that it can be a good tool in the classification and monitoring of rivers water quality.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS	23
2.1 Objetivo geral	23
2.1 Objetivos específicos	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Áreas do estudo	24
3.1.1 Rio Atibaia	25
3.1.2 Rio Piracicaba	25
3.1.3 Rio Corumbataí	27
3.1.4 Rio Jundiaí-mirim.....	28
3.1.5 Rio Água do norte.....	28
3.1.6 Rio Sorocamirim	29
3.1.7 Rio São Miguel Arcanjo	30
3.2 Período e frequência de amostragem	30
3.3 Variáveis físicas e químicas	30
3.4 Variáveis biológicas	32
3.4.1 Clorofila a.....	32
3.4.2 Colimetria	32
3.4.3 Comunidade Fitoplanctônica.....	32
3.5 Tratamentos dos Dados	34
3.5.1 Abundância e dominância de espécies	34
3.5.2 Frequência de ocorrência	34
3.5.3 Riqueza.....	35
3.5.4 Índices de diversidade e equitabilidade.....	35
3.5.5 Espécies descritoras	36
3.5.6 Índice da comunidade fitoplanctônica - ICF.....	36
3.5.7 Índice de estado trófico - IET	37
3.5.8 Índice de proteção da vida aquática - IVA	38
3.5.9 Análise estatística.....	39
4. RESULTADOS	40

4.1 Dados hidrometeorológicos.....	40
4.2 Resultados físico-químicos e biológicos	43
4.2.1 Rio Atibaia	44
4.2.2 Rio Piracicaba	46
4.2.3 Rio Corumbataí	49
4.2.4 Rio Jundiaí-mirim.....	51
4.2.5 Rio Água do norte.....	52
4.2.6 Rio Sorocamirim	54
4.2.7 Rio São Miguel Arcanjo	56
4.2.8 Comparação dos resultados físico-químicos e biológicos entre os rios.....	57
4.3 Comunidade Fitoplanctônica.....	59
4.3.1 Rio Atibaia	59
4.3.2 Rio Piracicaba	61
4.3.3 Rio Corumbataí	64
4.3.4 Rio Jundiaí-mirim.....	66
4.3.5 Rio Água do norte.....	68
4.3.6 Rio Sorocamirim	69
4.3.7 Rio São Miguel Arcanjo	71
4.3.8 Comparação dos resultados da comunidade fitoplanctônica entre os rios.....	73
4.4 Índices descritivos da comunidade fitoplanctônica.....	74
4.4.1 Frequência de ocorrência.....	74
4.4.2 Riqueza	75
4.4.3 Diversidade e Equitabilidade	76
4.5 Índices de qualidade da água	77
4.5.1 Índice de estado trófico - IET.....	77
4.5.2 Índice de proteção da vida aquática - IVA	78
4.5.3 Índice da comunidade fitoplanctônica – ICF.....	79
4.6 Análise de Componentes Principais - ACP	80
4.7 Análise de Correspondência Canônica	85
4.8 Proposta de alterações no índice da comunidade fitoplanctônica	

para rios	89
5. DISCUSSÃO	97
5.1 Dados hidrometeorológicos.....	97
5.2 Resultados físico-químicos e biológicos	99
5.3 Comunidade fitoplanctônica.....	110
5.4 Índices de qualidade da água e ICF _{rios}	121
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124

ANEXOS

ANEXO A

Composição da comunidade fitoplanctônica e frequência de ocorrência (F) dos táxons nos rios Atibaia (ATIB), Piracicaba (PC-P e PCAM) , Corumbataí (CRUM), Jundiaí-Mirim (JUMI), Água do Norte (ANOR), Sorocamirim (SORO) e São Miguel Arcanjo (SMIG)

138

ANEXO B

Riqueza da comunidade Fitoplanctônica nos rios Atibaia, Piracicaba, Corumbataí, Jundiaí-Mirim, Água do Norte, Sorocamirim e São Miguel Arcanjo.

152

ANEXO C

Comparação dos resultados físicos, químicos, biológicos e da densidade do fitoplâncton no período seco e chuvoso durante o ano de 2009, dos rios Atibaia (ATIB), Piracicaba na captação de Piracicaba (PCP), Piracicaba na captação de Americana (PCAM), Corumbataí (CRUM), Jundiaí-Mirim (JUMI), Água do Norte (ANOR), Sorocamirim (SORO) e São Miguel Arcanjo (SMIG).

154

ANEXO D

Curriculo Lattes Arnaldo Tiago Ribeiro Amorim de Oliveira

155

ANEXO E

Curriculo Lattes Prof. Dr. José Luiz Negrão Mucci

157

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio Atibaia com a identificação do local de coleta 25
- Figura 2: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio Piracicaba em Piracicaba com a identificação do local de coleta 26
- Figura 3: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio Piracicaba em Americana com a identificação do local de coleta 26
- Figura 4: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio Corumbataí com a identificação do local de coleta 27
- Figura 5: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio Jundiá-Mirim com a identificação do local de coleta 28
- Figura 6: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio Água do Norte com a identificação do local de coleta 29
- Figura 7: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio Sorocamirim com a identificação do local de coleta 29
- Figura 8: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio São Miguel Arcanjo com a identificação do local de coleta 30
- Figura 9: Variação mensal da vazão durante o ano de 2009, precipitação média histórica (1976 a 2005) e precipitação durante o ano de 2009 e acumulado anual da precipitação no Rio Atibaia. Fonte: DAEE (2012) e Fundação Agência das Bacias PCJ (2009). 40

Figura 10: Variação mensal da vazão durante o ano de 2009, precipitação média histórica (1976 a 2005) e precipitação durante o ano de 2009 e acumulado anual da precipitação no Rio Piracicaba. Fonte: DAEE (2012) e Fundação Agência das Bacias PCJ (2009). 40

Figura 11: Variação mensal da vazão durante o ano de 2009, precipitação média histórica (1976 a 2005) e precipitação durante o ano de 2009 e acumulado anual da precipitação no Rio Corumbataí. Fonte: DAEE (2012) e Fundação Agência das Bacias PCJ (2009). 41

Figura 12: Variação mensal da vazão durante o ano de 2009, precipitação média histórica (1976 a 2005), precipitação durante o ano de 2009 e acumulado anual da precipitação no Rio Jundiaí-Mirim. Fonte: DAEE (2012) e Fundação Agência das Bacias PCJ (2009). 41

Figura 13: Variação mensal da precipitação média histórica (1984 a 2004) e acumulado anual da precipitação no Rio Água do Norte. Fonte: DAEE (2012) 41

Figura 14: Variação mensal da precipitação média histórica (1984 a 2004) e acumulado anual da precipitação no Rio Sorocamirim. Fonte: DAEE (2012) 42

Figura 15: Variação mensal da precipitação média histórica (1984 a 2004) e no Rio São Miguel Arcanjo. Fonte: DAEE (2012) 42

Figura 16: Ordenação biplot, pela ACP, das unidades amostrais (pontos e campanhas) e das variáveis físicas e químicas significativas 83

Figura 17: Ordenação biplot, pela ACP, das unidades amostrais (pontos e campanhas) e das espécies descritoras 84

Figura 18: Pontos e vetores da ordenação pela ACC das unidades amostrais, gerada a partir de nove variáveis ambientais (tabela 25) e 20 espécies descritoras (tabela 26) 86

Figura 19: Espécies e vetores da ordenação pela ACC das unidades amostrais, gerada a partir de nove variáveis ambientais (tabela 25) e 20 espécies descritoras (tabela 26) 88

Figura 20: Ordenação biplot, pela ACP, das unidades amostrais (pontos e campanhas) e o índices de qualidade de água aplicados (ICF, IET, IVA, ICFrios, Densidade do ICF rios e Classificação do grupo abundante do ICFrios) 96

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis físicas e químicas estudadas e os respectivos métodos analíticos	31
Tabela 2: Classificação do Índice da Comunidade Fitoplanctônica – ICF	37
Tabela 3: Classificação do Índice de Estado Trófico - IET	38
Tabela 4: Classificação do Índice de Proteção da Vida Aquática - IVA	38
Tabela 5: Vazão Anual Média dos rios Piracicaba, Atibaia, Corumbataí, São Miguel Arcanjo, Sorocamirim e Jundiaí-Mirim	43
Tabela 6: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio Atibaia em 2009	45
Tabela 7: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio Piracicaba(Captação de Piracicaba) em 2009	47
Tabela 8: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio Piracicaba(Captação de Americana) em 2009	48
Tabela 9: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio Corumbataí em 2009	50
Tabela 10: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio Jundiaí-Mirim em 2009	51

Tabela 11: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio Água do Norte em 2009	53
Tabela 12: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio Sorocamirim em 2009	55
Tabela 13: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio São Miguel Arcanjo em 2009	56
Tabela 14: Média, mínimo e máximo dos resultados físicos, químicos e biológicos	58
Tabela 15: Densidade de organismos fitoplanctônicos do Rio Atibaia em 2009 (organismos/mL)	60
Tabela 16: Densidade de organismos fitoplanctônicos do Rio Piracicaba (Captação de Piracicaba) em 2009 (organismos/mL)	62
Tabela 17: Densidade de organismos fitoplanctônicos do Rio Piracicaba (Captação de Americana) em 2009 (organismos/mL)	63
Tabela 18: Densidade de organismos fitoplanctônicos do Rio Corumbataí em 2009 (organismos/mL)	65
Tabela 19: Densidade de organismos fitoplanctônicos do Rio Jundiaí-mirim em 2009 (organismos/mL)	66
Tabela 20: Densidade de organismos fitoplanctônicos do Rio Água do Norte em 2009 (organismos/mL)	68
Tabela 21: Densidade de organismos fitoplanctônicos do Rio Sorocamirim em 2009 (organismos/mL)	70

Tabela 22: Densidade de organismos fitoplanctônicos do Rio São Miguel Arcanjo em 2009 (organismos/mL)	72
Tabela 23: Numero total de taxa, densidades média, mínima e máxima, e grupo dominante da comunidade fitoplanctônica dos rios Atibaia, Piracicaba, Corumbataí, Jundiaí-Mirim, Água do Norte, Sorocamirim e São Miguel Arcanjo, durante o ano de 2009.	73
Tabela 24: Porcentagem das classificações de Frequência de ocorrência por grupo taxonômico da comunidade fitoplanctônica nos rios avaliados (Raros $F < 10\%$, Comuns $10\% < F < 50\%$, Constantes $F > 50\%$).	74
Tabela 25: Valores médios, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV%) dos resultados dos Índices de Diversidade (H') e Equitabilidade (E') para os rios avaliados durante o período do estudo	77
Tabela 26: Resultados de IET para os rios avaliados durante o ano de 2009 ($IET \leq 47$ = Ultraoligotrófico / $47 < IET \leq 52$ = Oligotrófico / $52 < IET \leq 59$ = Mesotrófico / $59 < IET \leq 63$ = Eutrófico / $63 < IET \leq 67$ = Supereutrófico/ $IET > 67$ = Hiperetrófico)	78
Tabela 27: Resultados de IVA para os rios avaliados durante o ano de 2009 ($IVA \leq 2,5$ = Ótima / $2,6 \leq IVA \leq 3,3$ = Boa / $3,4 \leq IVA \leq 4,5$ = Regular / $4,6 \leq IVA \leq 6,7$ = Ruim / $IVA > 6,8$ = Péssima)	78
Tabela 28: Resultados do ICF para os rios avaliados durante o ano de 2009 (1 = Ótima / 2 = Boa / 3 = Regular / 4 = Ruim)	79

Tabela 29: Coeficientes de correlação de Pearson e Kendall entre as variáveis físicas e químicas da água e os dois primeiros eixos da ordenação para o período do estudo (N = 48)	80
Tabela 30: Coeficientes de correlação de Pearson e Kendall entre as espécies descritoras da comunidade com base na densidade e os dois primeiros eixos da ordenação para o período do estudo (N = 48)	82
Tabela 31: Resultados da Análise de Correspondência Canônica entre os dados biológicos e ambientais para os pontos avaliados em todas as campanhas do ano (N=48)	85
Tabela 32: Ranges de densidade total de organismos da comunidade fitoplanctônica dos rios avaliados em 2009 e ponderação associada ao resultado	89
Tabela 33: Comparação dos grupos predominantes com a classificação dos Índices IET e IVA e os parâmetros DBO, e Coliformes termotolerantes.	91
Tabela 34: Proposta do Índice da Comunidade Fitoplanctônica para aplicação em rios	93
Tabela 35: Resultados do ICF _{rios} aplicados nos rios avaliados durante o ano de 2009 (1 = Ótima / 2 = Boa / 3 = Regular / 4 = Ruim / 5 = Péssima)	94
Tabela 36: Comparação da classificação de qualidade dos rios avaliados com os índices ICF, IET, IVA E ICFrios aplicados	95

1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica ao ser humano é um tema amplamente discutido e cada vez mais exige a atenção do mundo todo. Em relação à quantidade, estima-se que apenas 3% do total de água no planeta é água doce, e a disponibilidade desta fração em lagos, rios e subsolo representa somente 0,3%. Avalia-se que 40% da população mundial já enfrentam sérias dificuldades para manter a disponibilidade de água e que um terço da população mundial vive em países onde a falta de água varia de moderada a altamente impactante (UNEP-IETC, 2001). Quanto ao aspecto qualitativo, baseado nos usos preponderantes, a situação tem se agravado devido ao aumento de atividades impactantes, que geram lançamentos de substâncias que afetam o ecossistema, comprometendo e onerando a utilização da água.

Dentre os exemplos de degradação, destaca-se o processo de eutrofização artificial, que é o enriquecimento dos corpos d'água por nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, provenientes de esgotos urbanos, efluentes de atividades industriais e agropastoris que leva ao aumento da produtividade primária do ambiente aquático.

A poluição a que os corpos d'água estão sujeitos conduz à necessidade de planos de prevenção e recuperação ambiental, a fim de garantir condições de seus usos atuais e futuros, para os diversos fins. Esses planos requerem medidas de acompanhamento de metas, por meio de fiscalização, e para sua efetiva implementação, são necessários dados que indiquem a qualidade do corpo d'água e permitam seu acompanhamento sistemático. Para esse fim, são estabelecidos os programas de monitoramento da qualidade da água, que são

essenciais para gerar ferramentas eficientes de prevenção de alterações graves à saúde dos ecossistemas, uma vez que fornecem indicadores capazes de subsidiar previsões confiáveis ao manejo e utilização dos recursos hídricos.

O monitoramento da qualidade da água por meio da utilização de parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos, é apontado como restrito para avaliação da qualidade estética, recreativa e ecológica dos ecossistemas aquáticos, pois avaliam o ambiente apenas no momento da coleta, como uma fotografia do ambiente (CAIRNS & PRATT, 1993 *apud* BUSS *et al.* 2008). Para aumentar a eficácia e adicionar um componente temporal à avaliação, é necessário levar em conta a biota aquática e as respostas dos organismos aos distúrbios no ambiente (ROSENBERG & RESH, 1996). O uso conjunto destas ferramentas aumenta o potencial de detecção das causas e de avaliação dos efeitos de distúrbios ao ecossistema aquático (BUSS *et al.* 2008).

As características químicas, físicas e hidrológicas do ambiente determinarão a ocorrência e distribuição dos diferentes organismos aquáticos. A alteração de qualquer uma destas características pode gerar estresse e provocar redução no número total de espécies ou também alteração qualitativa, podendo provocar desaparecimento ou substituição de espécies nas comunidades. Assim, medidas capazes de detectar estas alterações como os índices de diversidade, índices bióticos e percentuais de organismos indicadores, são úteis em diagnóstico de qualidade do ambiente aquático.

O uso sistemático de respostas biológicas para avaliar alterações no ambiente dentro de programas de controle é definido como biomonitoramento. Entre os organismos da biota aquática, a comunidade fitoplanctônica é muito utilizada como indicativo da qualidade da água e das condições ambientais dos

ecossistemas aquáticos (STENVENSON & SMOL 2003). São diversos os estudos que relacionam a estrutura e a dinâmica da comunidade fitoplânctônica com as variáveis ambientais (SOUZA, 2008; GENTIL *et al* 2008; SOARES *et al*, 2007; DIAS-LOPES, 2007; PADISÁK *et. al.* 2006; CROSSETI & BICUDO, 2005; CARVALHO, 2003; TUCCI, 2002; BEYRUTH, 2000; HUSZAR & REYNOLDS, 1997; BEYRUTH, 1996) fornecendo ferramentas que possibilitam previsões a partir de alterações no ambiente.

O fitoplâncton é constituído por um conjunto diversificado de grupos taxonômicos de algas e cianobactérias e, juntamente com as macrófitas aquáticas e as algas perifíticas, iniciam a fase biológica dos nutrientes nos ambientes aquáticos. Desta forma, constituem o primeiro elo da cadeia alimentar, provendo alimentos para os consumidores primários incluindo protozoários, insetos, zooplâncton e peixes e, servindo ainda aos organismos da cadeia detritívora tais como vírus, bactérias e fungos (BEYRUTH, 1996).

CARVALHO (2003), a partir de resultados de seis reservatórios no estado de São Paulo, propôs um índice utilizando a comunidade fitoplanctônica para avaliação da qualidade da água (Índice de Comunidade Fitoplanctônica - ICF). Este estudo teve como objetivo o aprimoramento do biomonitoramento da qualidade da água em reservatórios no estado de São Paulo. A proposta do índice é uma avaliação multimétrica, a partir de atributos como a dominância dos grandes grupos que compõem o fitoplâncton, a densidade total dos organismos e o Índice de Estado Trófico (IET), que classifica os corpos d'água em diferentes graus de trofia. Este índice vem sendo aplicado no monitoramento da qualidade das águas interiores do estado de São Paulo, pela

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB desde 2002 (CETESB, 2010).

Além de avaliar a qualidade da água em reservatórios, o índice de comunidade fitoplânctonica (ICF) também vem sendo aplicado em ambientes lóticos, cujas águas são utilizadas para o abastecimento público (CETESB 2010). LAMPARELLI (2004) propôs alterações na métrica do IET para ambientes lóticos, aprimorando sua utilização em rios sendo que o IET aplicado no ICF para rios também foi alterado. Porém como a dinâmica de rios é diferente de reservatórios, a revisão das métricas referentes à composição e densidade do fitoplâncton se faz necessária para adequar a aplicação do Índice de Comunidade Fitoplanctônica para rios.

Com relação ao fitoplâncton que habita os rios, são poucos os estudos desenvolvidos em todo mundo, inclusive no Brasil, a despeito dos numerosos sistemas fluviais, e a origem e a manutenção do fitoplâncton nestes sistemas ainda não é bem conhecida (SOARES *et al* 2007). Segundo REYNOLDS (1996), o fitoplâncton encontrado em rios pode refletir componentes de associações de algas perifíticas, ou mesmo inóculos oriundos de ecossistemas lênticos localizados ao longo do curso do rio, porém em trechos intermediários de grandes rios não são claramente derivados destas fontes, e sua distribuição espacial e temporal, indica que a população é efetivamente nativa do rio.

No estado de São Paulo, muitas das captações de água para o abastecimento público se localizam em rios de planície ou rios de baixo gradiente. Além disso, estes ambientes apresentam uma grande quantidade de barragens, com reservatório construídos nos seus cursos, além de lagoas marginais e pequenos represamentos para a captação de água, o que modifica

características como velocidade e turbidez da água, contribuindo para o desenvolvimento dos organismos planctônicos (LAMPARELLI, 2004).

São de grande importância os estudos ecológicos e sanitários da comunidade fitoplanctônica em saúde pública, principalmente em águas destinadas ao abastecimento público, uma vez que alguns grupos podem trazer problemas relacionados à sua utilização, tais como gosto e odor na água, entupimento de filtros em estações de tratamento, corrosão de estruturas, e em especial o potencial de produção de toxinas por cianobactérias que podem conseqüentemente afetar a saúde humana (SANT'ANNA *et. al.* 2006; MATSUZAKI *et. al.* 2004; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2003; ZAGATTO, 1997; BRANCO, 1986).

Assim, devido à importância de ambientes lóticos por sua relação à utilização do recurso hídrico e frente à necessidade de conhecer melhor a estrutura e a dinâmica de algas e cianobactérias planctônicas em rios, visando aprimorar sua utilização como ferramenta em monitoramentos, o objetivo principal deste projeto foi o de avaliar e discutir melhorias na aplicação do índice da comunidade fitoplânctonica (ICF) nestes ambientes.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Caracterizar a comunidade fitoplânctonica dos rios selecionados e juntamente com os resultados físicos e químicos discutir aspectos da qualidade da água reavaliando as métricas que compõem o ICF – Índice de Comunidade Fitoplanctônica para estes ambientes.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar e caracterizar a comunidade fitoplanctônica dos rios selecionados;
- Avaliar a presença de grupos (e se possível espécies) bioindicadores da qualidade da água;
- Testar aperfeiçoamentos do índice de comunidade fitoplanctônica ICF para ecossistemas lóticos ICF_{rios};
- Discutir a presença e abundância de grupos de algas e cianobactérias de interesse sanitário;
- Discutir a aplicabilidade e a resposta do ICF_{rios} com base nos resultados

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Áreas do estudo

Neste estudo foram utilizados pontos de amostragens pertencentes a rede de monitoramento de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, órgão vinculado à Secretaria do Meio Ambiente do estado. Foram avaliados oito locais de coleta, dos quais sete estão localizados em rios junto a captações de água para o abastecimento público de seis importantes municípios do estado: Americana, Campinas, Jundiaí, Marília, Piracicaba e São Roque. E um ponto localizado à jusante de uma estação de tratamento de esgoto no município de Itaporanga. Os pontos de amostragem foram selecionados considerando também diferentes Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI, nas quais o estado de São Paulo está dividido (CETESB, 2010). A seguir será apresentada a localização e a descrição geral de cada ponto de amostragem.

3.1.1. Rio Atibaia

Integrante da UGRHI-5, que contempla as bacias do Rio Piracicaba, Jundiaí e Capivari, o rio Atibaia é um dos principais formadores do rio Piracicaba, nasce na confluência dos rios Cachoeira e Atibainha e desenvolve-se ao longo de 180 Km desde o município de Atibaia até Paulínia. O local de amostrado neste trabalho se localiza na captação de água para abastecimento do município de Campinas na divisa entre os municípios de Campinas e Valinhos (Latitude 22 54 18 / Longitude 46 58 26) (CETESB, 2010)

Figura 1: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio Atibaia com a identificação do local de coleta. Fonte: Google Earth (2012).

3.1.2. Rio Piracicaba

Principal componente da UGRHI-5, o rio Piracicaba é o maior afluente do rio Tietê, formado a partir da confluência dos rios Atibaia e Jaguari. Ele se desenvolve em sentido predominante leste-oeste por aproximadamente 177

Km até desaguar na margem direita do rio Tietê. No presente estudo foram utilizados dois pontos de coleta ao longo do Rio Piracicaba.

Figura 2: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio Piracicaba em Piracicaba com a identificação do local de coleta. Fonte: Google Earth (2012).

Figura 3: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio Piracicaba em Americana com a identificação do local de coleta. Fonte: Google Earth (2012).

Um localizado na captação de água do município de Piracicaba (Latitude 22 42 44 / Longitude 47 38 58) a jusante cerca de 3 Km da afluência do rio Piracicamirim (figura 2) .

O outro ponto esta localizado na captação de água do município de Americana (Latitude 22 42 39 / Longitude 47 19 22) a jusante (cerca de 600 metros) da afluência do córrego Bertine (figura 3) (CETESB, 2010).

3.1.3. Rio Corumbataí

Também localizado na UGRHI-5, o rio Corumbataí nasce na Serra de Santana no município de Analândia, a cerca de 800 metros de altitude e deságua no rio Piracicaba na cota de 470 metros. O local amostrado neste estudo está localizado na captação de água do município de Piracicaba (Latitude 22 38 01 / Longitude 47 40 58), situado no Baixo Corumbataí a montante (cerca de 600 metros) de uma grande usina de açúcar e álcool da região (figura 4) (CETESB, 2010).

Figura 4: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio Corumbataí com a identificação do local de coleta. Fonte: Google Earth (2012).

3.1.4. Rio Jundiáí-mirim

Este corpo d'água também pertence à UGRHI-5, e o ponto de amostragem do Rio Jundiáí-mirim esta localizado na captação de água para o abastecimento do município de Jundiáí (Latitude 23 09 30 / Longitude 46 54 34) conforme apresentado na figura 5. (CETESB, 2010).

Figura 5: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio Jundiáí-Mirim com a identificação do local de coleta. Fonte: Google Earth (2012).

3.1.5. Rio Água do Norte

Rio integrante da UGRHI-20, na Bacia do Rio Aguapeí, o ponto de amostragem se localiza no represamento do manancial de captação de água para o abastecimento público do município de Marília, conforme figura 6 (Latitude 22 12 28 / Longitude 43 54 39) (CETESB, 2010).

Figura 6: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio Água do Norte com a identificação do local de coleta. Fonte: Google Earth (2012).

3.1.6. Rio Sorocamirim

O rio Sorocamirim, localizado na UGHRI-10, nas Bacias dos rios Sorocaba e Médio Tiête, foi amostrado neste estudo junto à captação de água para abastecimento público do município de São Roque, figura 7 (Latitude 23 37 01 / Longitude 47 12 50) (CETESB, 2010).

Figura 7: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio Sorocamirim com a identificação do local de coleta. Fonte: Google Earth (2012).

3.1.7. Rio São Miguel Arcanjo

O Rio São Miguel Arcanjo é integrante da UGRHI-14, na Bacia do Alto Paranapanema, área considerada com potencial de conservação. O ponto de amostragem é sobre a Ponte na estrada SP 250, que liga São Miguel Arcanjo à Capão Bonito, à jusante da ETE SABESP, na altura da fazenda Pinhalzinho, conforme figura 8 (Latitude 23 53 18 / Longitude 48 01 32) (CETESB, 2010).

Figura 8: Imagem aérea do ponto de amostragem no Rio São Miguel Arcanjo com a identificação do local de coleta. Fonte: Google Earth (2012).

3.2. Período e frequência de amostragem

As amostragens foram realizadas de janeiro a dezembro de 2009 com a frequência bimestral. Assim os resultados finais foram baseados em seis amostragens para cada um dos pontos coletados (n=48).

3.3. Variáveis físicas e químicas

Foram utilizados resultados das análises físicas e químicas originadas no monitoramento da CETESB. Os parâmetros e seus respectivos métodos de análises estão apresentados abaixo na tabela 1.

Tabela 1: Variáveis físicas e químicas estudadas e os respectivos métodos analíticos

Variáveis	Metodologia
Temperatura da água (°C)	Oxímetro OXI-197 WTW
pH	Eletrométrico (Método 4500-OG) APHA-AWWA-WEF,2005
Condutividade (µS/cm)	Condutimetria (Metodo 2510) APHA-AWWA-WEF,2005
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Eletrométrico (Método 4500-H ⁺ B) APHA-AWWA-WEF,2005
Turbidez (NTU)	Turbidimetria (Método 2130)APHA-AWWA-WEF,2005
DBO _{5,20} (mg/L)	Diluição e incubação a 20°C e 5 dias (Método 5210-B) APHA-AWWA-WEF, 2005
Carbono Orgânico Dissolvido (mg/L)	Combustão infravermelha (Método 5310-B) APHA-AWWA-WEF, 2005.
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Espectrofotometria automática com ácido isocianídrico (ISO 11732)
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg/L)	Espectrofotometria automática com ácido isocianídrico, após digestão ácida. (Método 4500-Norg – item B) APHA-AWWA-WEF,2005
Nitrato (mg/L)	Cromatografia iônica (Método 4110-C) APHA-AWWA-WEF, 2005
Nitrito (mg/L)	Cromatografia iônica (Método 4110-C) APHA-AWWA-WEF, 2005
Fósforo Total (mg/L)	Espectrometria automática com molibdato de amônia e ácido ascórbico (Método 4500-P-itens B e F) APHA-AWWA-WEF,2005

3.4. Variáveis biológicas

3.4.1. Clorofila *a*

A clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$) foi determinada conforme Norma técnica L5-306 (extração por acetona) (CETESB 1990).

3.4.2. Colimetria

Para determinação dos coliformes termotolerantes foi utilizada técnica de membrana filtrante conforme Norma Técnica CETESB L5.221 (CETESB, 1984).

3.4.3. Comunidade Fitoplânctônica

As coletas do fitoplâncton foram feitas na sub-superfície (cerca de 20 cm de profundidade) dos corpos d'água e as amostras para a determinação do fitoplâncton total foram preservadas com lugol-acético. Para as análises qualitativas, uma alíquota de 1 litro das amostras foi filtrada em rede de plâncton, com abertura de malha de $20\mu\text{m}$. Previamente à preservação da amostra qualitativa o material foi examinado vivo, para observação de características como movimento e flagelos de certos grupos de algas e epifluorescência para as cianobactérias. Posteriormente as amostras foram fixadas com formol a 2%.

A contagem do fitoplâncton foi realizada em microscópio invertido, de acordo a metodologia descrita por UTERMÖHL (1958). Os organismos foram contados sob o aumento de 400X, com o auxílio de retículo de Whipple aferido com régua micrométrica calibrada e contagem em campos ou transectos, garantindo desta forma a precisão dos resultados. Cada célula, colônia, cenóbio e filamento foram considerados como um indivíduo. Durante a

contagem foi estabelecido um limite de precisão de duas maneiras, através da curva de rarefação das espécies, ou seja, adicionando novas unidades de contagem (campos ou transectos) até a estabilização de ocorrência de espécies na análise, bem como foi estabelecido um número mínimo de 100 indivíduos da espécie dominante que foram contados para se determinar o erro padrão de até 20% na contagem, obtido por meio da formula (APHA, 2005; CETESB, 2005).

$$\text{Erro na contagem (\%)} = \frac{2}{\sqrt{N}} \times 100$$

Onde N é o número de unidades contadas

Para uma avaliação adequada da riqueza e diversidade do fitoplâncton é recomendado que as identificações sejam feitas em nível específico, utilizando as técnicas necessárias para a correta identificação de cada grupo encontrado, assim identificação foi feita sempre que possível em nível infragenérico, analisando-se as características morfológicas e métricas das populações. Foi utilizada bibliografia especializada incluindo floras, revisões e monografias e confirmação com especialistas para os grupos encontrados.

Os sistemas de classificação adotados foram o de ROUND (1971) para as classes de Chlorophyta, ROUND (1990) para Bacillariophyta, KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (1989, 1998 e 2005) para Cyanobacteria e o de Round (1965) para as demais classes.

Dentre os trabalhos especializados que foram consultados para identificação de gêneros e espécies destacam-se: BICUDO & MENEZES

(2006) para gêneros; KOMÁREK & FOTT (1983), SANT'ANNA (1984), NOGUEIRA (1991) e COMAS (1996) para Chlorococcales; HUBER-PESTALOZZI (1955), TELL & CONFORTI (1986), MENEZES (1994) e XAVIER (1994) para Euglenophyceae; STARMACH (1985) para Chrysophyceae; CASTRO et al. (1991) e MENEZES (1994) para Cryptophyceae; SORMUS & BICUDO (1994) para Zygnemaphyceae; KOMAREK & ANAGNOSTIDIS (1989, 1998, 2005), KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ & CRONBERG (1994) e SANT'ANNA et al. (2006) para Cyanobacteria, KRAMER e LANGE-BERTALOT (1991, 1997) para Baccillariophyceae.

3.5. Tratamento dos dados

3.5.1. Abundância e dominância de espécies

Foram considerados abundantes aqueles taxa cuja densidade for maior do que o valor da densidade média, em função do número total de indivíduos dos táxons presentes na amostra, e dominantes aqueles cuja densidade superou 50% do número total de indivíduos na amostra (LOBO & LEIGHTON 1986).

3.5.2. Frequência de ocorrência

É a relação entre o número de ocorrências de uma dada espécie e o número total de amostras analisadas. As espécies constantes são aquelas onde $F > 50\%$, comum $10\% < F < 50\%$ e raras quando $F < 10\%$ (BRANCO, 1991) através da seguinte fórmula:

$$F = (Pa/P) \times 100$$

Onde:

Pa = número de amostras em que a espécie a esta presente

P = número total de amostras analisadas

3.5.3. Riqueza

Foi considerada como o número total dos táxons encontrados em uma amostra.

3.5.4. Índices de diversidade e equitabilidade

A diversidade foi estimada pelo índice de Shannon (H'), baseado na teoria da informação (SHANNON & WEAVER, 1949), o qual é uma medida do grau médio de “incerteza” em predizer qual espécie pertencerá um indivíduo escolhido aleatoriamente de uma coleção de S espécies e N indivíduos, por meio da fórmula:

$$H' = -\sum_{i=1}^S \frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N}$$

Onde:

S = número de espécies

N_i = número de indivíduos em cada espécie

N = número total de indivíduos

A diversidade de espécies é constituída por 2 componentes que devem ser interpretados separadamente: a riqueza, aqui considerada como o número de espécies presentes na amostra, e a equitatividade ou uniformidade, a qual

se refere à distribuição dos organismos nos táxons (LEGENDRE & LEGENDRE, 1983).

Segundo PIELOU (1975) a diversidade máxima pode ser encontrada quando todas as espécies estiverem igualmente distribuídas. Neste caso, o índice de diversidade pode ser considerado como uma medida da equitabilidade, a qual é expressa como a razão entre a diversidade real e a diversidade hipotética (distribuição uniforme das espécies), de acordo com a seguinte formula:

$$E = \frac{H''}{H''_{\max}}$$

H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener

$H'_{\max} = \log S$

3.5.5. Espécies descritoras

O critério de seleção de espécies descritoras pode variar de acordo com as características da comunidade. Os táxons com 1% ou até 5% da densidade total relativa (TUCCI, 2002), que juntos somem 80% da densidade total, são considerados espécies indicadoras.

3.5.6. Índice da comunidade fitoplanctônica - ICF

Para o cálculo deste índice é utilizada a dominância dos grandes grupos que compõem o fitoplâncton, a densidade dos organismos e o Índice de Estado Trófico (IET), visando separar em categorias a qualidade da água (CETESB, 2010).

Tabela 2: Classificação do Índice da Comunidade Fitoplanctônica - ICF

Classificação do Índice da Comunidade Fitoplanctônica – ICF		
Categoria	Ponderação	Níveis
Ótima	1	Não há dominância entre os grupos Densidade total <1000org/mL $IET \leq 52$
Boa	2	Dominância de Clorofíceas (Desmidiaceas) ou Diatomáceas Densidade total >1000 e < 5000 org/mL $52 < IET \leq 59$
Regular	3	Dominância de Clorofíceas (Chlorococcales) Densidade total > 5000 e < 10000 org/mL $59 < IET \leq 63$
Ruim	4	Dominância de Cianofíceas ou Euglenofíceas Densidade total > 10000 org/mL $63 < IET$

3.5.7. Índice de Estado Trófico – IET

O índice de estado trófico tem a finalidade de classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, avaliando e separando a qualidade da água com relação ao enriquecimento por nutrientes e seus efeitos sobre o desenvolvimento excessivo de algas e cianobactérias, ou mesmo ao aumento de macrófitas aquáticas. Das três métricas que podem ser usadas para o cálculo do IET, no ICF são considerados os resultados correspondentes ao fósforo, IET (PT) e a avaliação correspondente à clorofila a, IET (CL), conforme equações abaixo, modificadas por LAMPARELLI (2004) para os ambientes lóticos.

$$IET (PT) = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln PT)) / \ln 2)) - 20$$

$$IET (CL) = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln CL)) / \ln 2)) - 20$$

Onde:

PT: Concentração de Fósforo total medido à superfície da água, em $\mu\text{g/L}$;

CL: concentração de Clorofila a medida à superfície da água, em $\mu\text{g/L}$;

ln: logaritmo natural;

Estas duas métricas são consideradas juntas no cálculo índice médio que compõe o ICF:

$$IET = IET(PT) + IET(CL) / 2$$

Assim, uma vez que o fósforo é entendido como uma medida do potencial de eutrofização e a clorofila como a resposta biológica do corpo hídrico, esta métrica reflete de forma satisfatória a causa e o efeito do processo de eutrofização (CETESB, 2010).

Tabela 3: Classificação do Índice de Estado Trófico - IET

CLASSIFICAÇÃO DO IET		
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	Ponderação
Ultraoligotrófico	≤ 47	0,5
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	1
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	2
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	3
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	4
Hipereutrófico	$IET > 67$	5

3.5.8. Índice de proteção da vida aquática - IVA

O IVA tem o objetivo de avaliar a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora em geral. O IVA foi calculado conforme CETESB (2010) à partir dos dados do IPMCA e IET.

Tabela 4: Classificação do Índice de Proteção da Vida Aquática - IVA

CLASSIFICAÇÃO DO IVA	
Categoria	Ponderação
Qualidade Ótima	$IVA \leq 2,5$
Qualidade Boa	$2,6 \leq IVA \leq 3,3$
Qualidade Regular	$3,4 \leq IVA \leq 4,5$
Qualidade Ruim	$4,6 \leq IVA \leq 6,7$
Qualidade Péssima	$IVA > 6,8$

3.5.9. Análise Estatística

Para a avaliação conjunta dos resultados físicos, químicos, biológicos e das espécies fitoplânctônicas, os dados foram tratados por meio da análise estatística multivariada, realizada pelo programa PC-ORD versão 5.35 para Windows.

Análise de Componentes Principais- ACP

A análise de componentes principais foi realizada para ordenar as variáveis ambientais em relação aos gradientes ambientais e sazonais entre os rios e as variáveis mais importantes na formação destes gradientes. Utilizou-se matriz de correlação, com a transformação dos dados pela amplitude de variação “ranging” ($[(X - X_{\min}) / X_{\max} - X_{\min}]$), através do programa FITOPAC (SHEPHERD, 1996).

Foram consideradas as variáveis com correlação significativa aquelas que apresentaram $r > 0,5$ para o coeficiente de Pearson nos resultados da ordenação.

Análises de Correspondência Canônica - ACC

A Análise de Correspondência Canônica (ACC) foi realizada para ordenar as variáveis biológicas (densidade das espécies descritoras) em relação às variáveis físicas e químicas previamente selecionadas a partir da análise de componentes principais.

Utilizou-se a matriz de correlação, com transformação das variáveis biológicas pelo $[\log (x+1)]$ e variação ranging ($[(X - X_{\min}) / X_{\max} - X_{\min}]$) para as variáveis físicas e químicas.

4. RESULTADOS

4.1. Dados hidrometeorológicos

As figuras 9 a 12 mostram as precipitações médias históricas, a variação mensal da precipitação e a vazão durante o ano de 2009, nos rios Atibaia, Piracicaba, Corumbataí e Jundiá-Mirim.

Nas figuras 13 a 15 são mostrados as precipitações médias históricas nos rios Sorocamirim, Água do Norte e São Miguel Arcanjo.

Figura 9: Variação mensal da vazão durante o ano de 2009, precipitação média histórica (1976 a 2005) e precipitação durante o ano de 2009 e acumulado anual da precipitação no Rio Atibaia. Fonte: DAEE (2012) e Fundação Agência das Bacias PCJ (2009).

Figura 10: Variação mensal da vazão durante o ano de 2009, precipitação média histórica (1976 a 2005) e precipitação durante o ano de 2009 e acumulado anual da precipitação no Rio Piracicaba. Fonte: DAEE (2012) e Fundação Agência das Bacias PCJ (2009).

Figura 11: Variação mensal da vazão durante o ano de 2009, precipitação média histórica (1976 a 2005) e precipitação durante o ano de 2009 e acumulado anual da precipitação no Rio Corumbataí. Fonte: DAEE (2012) e Fundação Agência das Bacias PCJ (2009).

Figura 12: Variação mensal da vazão durante o ano de 2009, precipitação média histórica (1976 a 2005), precipitação durante o ano de 2009 e acumulado anual da precipitação no Rio Jundiá-Mirim. Fonte: DAEE (2012) e Fundação Agência das Bacias PCJ (2009).

Figura 13: Variação mensal da precipitação média histórica (1984 a 2004) e acumulado anual da precipitação no Rio Água do Norte. Fonte: DAEE (2012)

Figura 14: Variação mensal da precipitação média histórica (1984 a 2004) e acumulado anual da precipitação no Rio Sorocamirim. Fonte: DAEE (2012)

Figura 15: Variação mensal da precipitação média histórica (1984 a 2004) e no Rio São Miguel Arcanjo. Fonte: DAEE (2012)

Para os rios Atibaia, Piracicaba, Corumbataí e Jundiaí-Mirim o período de menor vazão foi entre os meses de abril e setembro, e o período de menor precipitação também foi entre os meses de abril e setembro. Nos rios Água do Norte, Sorocamirim e São Miguel Arcanjo o período de menor precipitação é registrado historicamente também entre os meses de abril e setembro. Para o critério de avaliação dos resultados foi considerado como período seco, as campanhas realizada entre os meses de maio e agosto, ou seja, as campanhas de números 3 e 4 (coletas bimestrais). O período chuvoso foi considerado como o das campanhas nos meses de janeiro e fevereiro (campanha 1) e novembro e dezembro (campanha 6).

Os rios avaliados neste estudo apresentam vazão média variando de 1,33 m³/s (Jundiaí-Mirim) até 150 m³/s (Rio Piracicaba), a média anual de vazão dos rios é apresentada na tabela 3. Para os rios Sorocamirim e São Miguel Arcanjo, foram considerados os dados de vazão anual média das sub-bacias em que estão inseridos, devido a indisponibilidade de informações sobre a vazão específicas destes corpos d'água. Para o Rio Água do Norte não foi encontrada informações sobre a vazão.

Tabela 5: Vazão Anual Média dos rios Piracicaba, Atibaia, Corumbataí, São Miguel Arcanjo, Sorocamirim e Jundiaí-Mirim. Fonte: DAEE (2012) e Fundação Agência das Bacias PCJ (2009).

Rio	Vazão Anual Média (m ³ /s)
Piracicaba	150
Atibaia	33,28
Corumbataí	23,7
São Miguel Arcanjo*	15,66
Sorocamirim*	9,61
Jundiaí Mirim	1,33

*Vazão anual média das sub-bacias

4.2 Resultados físico-químicos e biológicos

Os resultados físico-químicos e biológicos são apresentados nas tabelas de 6 a 13 a seguir. Os resultados estão apresentados separados por rio estudado e ordenados no mês em que foi realizada a amostragem. Para avaliação da qualidade da água foi levado em conta o enquadramento dos rios no estado de São Paulo, segundo o Decreto estadual 10.755/1977 e os padrões de qualidade das águas estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005. Os rios Atibaia, Piracicaba, Corumbataí, Água do Norte, Sorocamirim e São Miguel Arcanjo são enquadrados na classe 2 do decreto Estadual 10.755/1977 e suas águas devem atender aos padrões de qualidade da classe 2 da Resolução CONAMA 357/2005. O Rio Jundiaí-Mirim é enquadrado na classe 1 do decreto

Estadual 10.755/1977 e suas águas devem atender aos padrões de qualidade da classe especial da Resolução CONAMA 357/2005.

Para o critério de comparação dos resultados foi considerado como período seco, as campanhas realizada entre os meses de maio e agosto, ou seja, as campanhas de números 3 e 4 (das coletas bimestrais). O período chuvoso foi considerado como o das campanhas nos meses de janeiro e fevereiro (campanha 1) e novembro e dezembro (campanha 6), no Anexo C consta a comparação dos resultados médios no período seco e chuvoso nos rios do estudo.

4.2.1. Rio Atibaia

Na tabela 6 são apresentados os resultados físicos e químicos para o Rio Atibaia.

A temperatura máxima foi registrada de 26,5°C no mês de novembro, e a mínima foi de 16°C em julho, com amplitude de variação de 10,5°C.

O pH não variou significativamente, registrando a mínima de 6,6 e máxima de 7,3, ficando dentro do limite estabelecido pelo CONAMA para as água de classe 02.

A condutividade variou de 88 µS/cm em setembro, a 124 µS/cm em maio.

Os valores de oxigênio dissolvido apresentaram-se bons o ano todo, sendo 7mg/L foi menor valor registrado, em setembro.

A turbidez do rio Atibaia variou de significativamente, de 24 NTU em novembro até 373 NTU em setembro.

A quantidade de matéria orgânica foi avaliada por meio das análises de DBO e carbono orgânico dissolvido, e apresentaram resultados baixo em todas as campanhas. A DBO variou de 2 mg/L (julho) a 6mg/L (setembro). Os valores de

carbono orgânico dissolvido estiveram entre 3,84 mg/L (julho) e 6,87 mg/L (janeiro).

Os nutrientes foram avaliados por meio das análises da série de Nitrogênio e de Fósforo. O Nitrogênio Amoniacal registrou o menor valor de 0,3 mg/L em janeiro e 1 mg/L em novembro. Os resultados de Nitrito e Nitrato foram baixos em todas as campanhas. Nitrito variou de 0,01 mg/L em setembro, até 0,1 mg/L em maio. Nitrato teve o menor valor de 0,2 mg/L em setembro e o maio registrado em janeiro de 1,2 mg/L. O Nitrogênio total Kjeldahl variou de 0,3 mg/L (janeiro) a 2 mg/L (novembro). Os resultados de Fósforo total estiveram altos em todas as campanhas, sempre acima do estabelecido pelo CONAMA para a classe 2, variando de 0,2 mg/L (setembro) e 1 mg/L (janeiro).

Os coliformes termotolerantes apresentaram altos valores em todas as campanhas, variando de 1100 UFC/100mL em novembro até 51000 UFC/100mL em novembro.

A clorofila *a* foi baixa ao longo de todo o período avaliado, estando entre 0,01µg/L (janeiro) e 2,67µg/L (setembro).

Tabela 6: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio Atibaia em 2009

VARIÁVEIS	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV	Padrão Conama Classe 2
Temperatura da água (°C)	24	25	22	16	20,5	26,5	---
pH	7	7,3	6,6	6,7	6,9	7	entre 6 e 9
Condutividade (µS.cm ⁻¹)	93	104	124	94	88	118	---
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	7,3	7,2	7,5	8,6	7	7,1	> 5
Turbidez (NTU)	77	45	17	40	373	24	< 100
DBO _{5,20} (mg/L)	3	4	4	2	6	4	< 5
Carbono Orgânico Dissolvido (mg/L)	6,87	5,51	4,02	3,84	5	5,2	---
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	1	0,6	0,5	0,3	0,2	0,5	< 0,1
Nitrogênio Amoniacal (mg.L ⁻¹)	0,3	0,4	0,9	0,5	0,5	1	< 3,7
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg.L ⁻¹)	0,3	0,4	1	0,8	0,8	2	---
Nitrito (mg/L)	0,05	0,04	0,1	0,07	0,01	0,09	< 1
Nitrato (mg/L)	1,2	0,8	1	1	0,2	1	< 10
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	5900	24000	3600	3900	51000	1100	< 1000
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	0,01	0,41	0,38	0,31	2,67	0,76	< 30

4.2.2. Rio Piracicaba

Foram avaliados dois pontos de coleta no Rio Piracicaba, na captação do município de Piracicaba e junto à captação do município de Americana.

A tabela 7 mostra os resultados no ponto da Captação de Piracicaba, neste ponto a temperatura da água apresentou variação de 21,8°C (julho) e 27,9°C (novembro), com amplitude de variação de 6,1 °C.

O pH variou muito pouco, foi registrado o valor 7,0 em cinco campanhas e apenas em novembro o valor foi de 6,8.

Os resultados de condutividade estiveram entre 140 µS/cm em janeiro e 299 µS/cm em setembro, já considerados altos.

O oxigênio dissolvido apresentou índices ruins em todas as campanhas, variando 4,1 mg/L (janeiro) até o valor de 1,1mg/L (setembro)

A turbidez apresentou valores elevados em janeiro e novembro, registrando nesta ocasião o valor de 221 NTU, o menor valor foi de maio com 18,5 NTU.

Com relação à carga orgânica, a DBO apresentou alguns valores acima do limite estabelecido pelo CONAMA, em janeiro, julho e novembro, com 6mg/l, 9mg/L e 7mg/L, respectivamente, o restante da campanhas o resultado foi de 5mg/L.

Em relação aos nutrientes, o nitrogênio registrou valores baixos, o nitrogênio amoniacal foi que apresentou os maiores resultados, variando de 0,6 mg/L (janeiro) até 2 mg/L (maio, julho e setembro). O Nitrogênio Total Kjeldahl apresentou a variação que os resultados de N. amoniacal. O Nitrito variou de 0,3 mg/L (maio) até 1,4 mg/L (março). Já o nitrato registrou valores que mudaram pouco ao longo do ano, de 0,1 mg/L a 0,2 mg/L. Já para o fósforo os

valores foram acima dos estabelecidos pelo CONAMA para águas de classe II o ano todo, variando de 0,6mg/L (março) a 2 mg/L (janeiro e julho).

Os coliformes termotolerantes foram altos o ano todo, ficando os resultados entre 21000 UFC/100mL e 86000 UFC/100L (março e setembro respectivamente).

A clorofila *a* registrou valores que variaram de < 0,01µg/L em março até 5,35 µg/L em janeiro e setembro.

Tabela 7: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio Piracicaba (Captação de Piracicaba) em 2009

VARIÁVEIS	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV	Padrão Conama Classe 2
Temperatura da água (°C)	24,2	27	22,7	21,8	25	27,9	---
pH	7	7	7	7	7	6,8	entre 6 e 9
Condutividade (µS.cm ⁻¹)	140	168	250	258	299	223	---
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	4,1	3,1	3,8	2,4	1,1	1,7	> 5
Turbidez (NTU)	190	88,5	17,5	37,9	22,8	221	< 100
DBO _{5,20} (mg/L)	6	5	5	9	5	7	< 5
Carbono Orgânico Dissolvido (mg/L)	6,29	5,04	7,07	4,68	6,32	6,12	---
Fósforo Total (µg.L ⁻¹)	2	0,6	0,8	2	1	1	< 0,1
Nitrogênio Amoniacal (µg.L ⁻¹)	0,6	0,8	2	2	2	0,8	< 3,7
Nitrogênio Total Kjeldahl (µg.L ⁻¹)	0,6	1	2	2	2	0,9	---
Nitrito (mg/L)	0,9	1,4	0,3	0,4	0,9	1	< 1
Nitrato (mg/L)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	< 10
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	56000	21000	44000	66000	86000	36000	< 1000
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	5,35	0,01	3,21	6,42	5,35	3,56	< 30

A tabela 8 mostra os resultados no ponto junto à Captação do município de Americana.

A temperatura da água mais baixa registrada foi de 19,1°C em julho, e a máxima de 26,5°C em março, com amplitude de variação de 7,4°C.

O pH apresentou uma pequena variação, estando entre 6,7 a 6,9.

A condutividade apresentou valores razoavelmente altos, variando de 110 µS/cm a 199 µS/cm nos meses de março e setembro respectivamente.

O oxigênio dissolvido ficou abaixo do valor mínimo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 para a classe 2 em quatro das campanhas, chegando ao menor valor de 2,12 mg/L em março, o maior valor foi registrado em julho, de 5,6 mg/L.

A turbidez apresentou em novembro um valor elevado (216 NTU), porém na outras campanhas os valores relativamente baixos, com o mínimo registram em julho (9,94 NTU).

Quanto a avaliação da carga orgânica deste ponto do rio, os valores de DBO foram baixos, ficando sempre igual ou abaixo ao estabelecido pelo CONAMA para classe 2, os valores estiveram entre < 3 mg/L (maio) e 5 mg/L (janeiro e novembro). O carbono orgânico dissolvido variou de 3,84 mg/L em julho até 11,1 mg/L em setembro.

Tabela 8: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio Piracicaba (Captação de Americana) em 2009

VARIÁVEIS	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV	Padrão Conama Classe 2
Temperatura da água (°C)	24,3	26,5	23,8	19,1	23	26,2	---
pH	6,7	6,7	6,8	6,9	6,9	6,9	entre 6 e 9
Condutividade ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$)	121	110	157	177	199	136	---
Oxigênio dissolvido ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$)	4,4	2,1	4,4	5,6	5,3	4,5	> 5
Turbidez (NTU)	94,4	55,9	11,7	9,94	12,9	216	< 100
DBO _{5,20} (mg/L)	5	3	< 3	3	3	5	< 5
Carbono Orgânico Dissolvido (mg/L)	6,76	6,91	4,27	3,84	11,1	6,47	---
Fósforo Total ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$)	0,8	0,3	2	0,3	0,9	0,6	< 0,1
Nitrogênio Amoniacal ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$)	< 0,05	< 0,05	0,6	0,5	0,5	0,4	< 3,7
Nitrogênio Total Kjeldahl ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$)	< 0,05	0,2	0,8	0,8	0,6	0,6	---
Nitrito (mg/L)	0,07	0,04	0,1	0,03	0,1	0,08	< 1
Nitrato (mg/L)	1,5	1	2,3	0,1	2	1	< 10
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	5300	2600	2000	1900	2600	6100	< 1000
Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g}/\text{L}$)	< 0,01	0,76	0,71	2,85	1,07	3,56	< 30

Os nutrientes variaram quanto aos resultados, para o nitrogênio os valores foram considerados baixos pra toda a série ao longo do ano, o nitrogênio amoniacal ficou entre < 0,05 (janeiro e março) e 0,6 mg/L (maio). O nitrogênio

total Kjeldahl apresentou valores entre $< 0,05$ mg/L (janeiro) e $0,8$ mg/L (maio e julho). O Nitrito variou de $0,03$ mg/L (julho) e $0,1$ mg/L (maio e setembro).

O Nitrato ficou entre $0,1$ mg/L (julho) e $2,3$ mg/L (maio). Já os valores do Fósforo foram considerados altos para este trecho do rio, variando de $0,3$ mg/L (março e julho) e 2 mg/L (maio).

Os coliformes termotolerantes apresentaram valores elevados ao longo do ano todo no trecho avaliado, estando sempre acima do valor estabelecido pela resolução CONAMA para a classe 2, o menor valor foi visto em julho (1900 UFC/100 mL) o maior foi em novembro (6100 UFC/100 mL).

A clorofila *a* foi considerada baixa em todas as campanhas, o menor resultado foi registrada em janeiro ($<0,01$ µg/L) e o meio foi obtido em novembro ($3,56$ µg/L).

4.2.3. Rio Corumbataí

Os resultados físicos e químicos e biológicos do Rio Corumbataí esta listados na tabela 9.

A temperatura da água registrou o menor valor em julho ($18,8$ °C) e o maior em janeiro ($27,6$ °C).

O pH apresentou resultados entre $6,9$ (janeiro e novembro) e $7,1$ (março).

Os valores de condutividade estiveram entre 112 µS/cm e 182 µS/cm (em janeiro e setembro respectivamente).

O oxigênio dissolvido esteve abaixo do mínimo recomendável, estabelecido pelo CONAMA para águas de classe 2, nos meses de setembro e novembro ($4,8$ mg/L e $4,7$ mg/L, respectivamente), nos outros meses os valores foram acima de 5 mg/L, chegando a $6,3$ mg/L em julho.

A turbidez registrou valores baixos na maioria das campanhas, com o mínimo em maio 13,3 NTU, e um valor considerado alto em novembro (114 NTU).

A matéria orgânica foi baixa para o ponto no Rio Corumbataí com pequena elevação nos meses com maior intensidade de chuvas. A DBO ficou entre 3 mg/L (janeiro, março e maio) e 8 mg/L (novembro). Já o carbono orgânico dissolvido variou de 2,87 mg/L (julho) a 6,94 mg/L (setembro).

Tabela 9: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio Corumbataí em 2009

VARIÁVEIS	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV	Padrão Conama Classe 2
Temperatura da água (°C)	27,6	24,7	22,8	18,8	23,5	26,4	---
pH	6,9	7,1	7	7	7	6,9	entre 6 e 9
Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	112	128	148	165	182	115	---
Oxigênio dissolvido (mg.L^{-1})	5,1	5,9	5,8	6,3	4,8	4,7	> 5
Turbidez (NTU)	76,9	51,1	13,3	13,7	18,6	114	< 100
DBO _{5,20} (mg/L)	3	3	3	4	6	8	< 5
Carbono Orgânico Dissolvido (mg/L)	6,58	4,63	4,79	2,87	6,94	6,31	---
Fósforo Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	0,6	1	0,8	0,4	0,4	0,4	< 0,1
Nitrogênio Amoniacal ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	0,2	0,5	0,4	0,7	0,7	0,3	< 3,7
Nitrogênio Total Kjeldahl ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	0,2	0,5	0,5	0,8	1	0,4	---
Nitrito (mg/L)	0,2	0,09	0,2	0,2	0,3	0,1	< 1
Nitrato (mg/L)	1,3	1,3	2,4	1	1	0,8	< 10
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	3500	4000	900	2600	4500	9200	< 1000
Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)	<0,01	<0,01	0,71	1,78	<0,01	---	< 30

Dos nutrientes, o Fósforo esteve alto em todas as campanhas, apresentando valores entre 0,4 mg/L (julho, setembro e novembro) e 1 mg/L (março). A série nitrogenada apresentou valores baixos. O nitrogênio amoniacal ficou entre 0,2 mg/L (janeiro) e 0,7 mg/L (julho e setembro). O nitrogênio total kjeldahl também registrou o valor mínimo em janeiro (0,2 mg/L) e o máximo em julho (0,8 mg/L). Nitrito teve os valores entre 0,09 mg/L e 0,3 mg/L (setembro). O Nitrato teve o menor valor de 1 mg/L em julho e setembro e o maior de 2,4 mg/L, obtido em maio.

Para os coliformes termotolerantes os valores também foram altos com o mínimo de 900 UFC/ 100mL em maio e o máximo em dezembro com 9200 UFC/ 100mL.

A clorofila *a* foi baixa em todas as campanhas com o máximo registrado em julho (1,78 µg/L).

4.2.4. Rio Jundiaí-Mirim

Os resultados físicos e químicos e biológicos no Rio Jundiaí-Mirim encontram-se na tabela 10, é importante destacar que a qualidade da água do Rio Jundiaí-Mirim deve atender aos padrões da classe especial da resolução CONAMA 357/2005, tendo os limites mais restritivos em relação aos outros rios avaliados.

A temperatura variou de 17 °C a 26 °C (em junho e fevereiro, respectivamente).

O pH apresentou o menor valor em dezembro (6,7) e o maior em junho (7,5).

Os valores de condutividade não foram considerados altos variando entre 75 µS/cm (fevereiro) e 88 µS/cm (abril).

Tabela 10: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio Jundiaí-Mirim em 2009

VARIÁVEIS	FEV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ	Padrão Conama Classe Especial
Temperatura da água (°C)	26	22,5	17	19	24	24	---
pH	6,8	7	7,5	7	7,2	6,7	entre 6 e 9
Condutividade (µS.cm ⁻¹)	75	88	79	84	85	80	---
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	6,2	7,2	8,5	8,4	8,2	5,9	> 6
Turbidez (NTU)	92	12	21	16	22	43	< 40
DBO _{5,20} (mg/L)	<2	<2	2	<2	<2	<2	< 3
Carbono Orgânico Dissolvido (mg/L)	3,83	2,99	3,84	2,86	2,86	3,98	---
Fósforo Total (µg.L ⁻¹)	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,6	< 0,02
Nitrogênio Amoniacal (µg.L ⁻¹)	< 0,05	0,1	0,09	0,2	0,08	0,1	< 3,7
Nitrogênio Total Kjeldahl (µg.L ⁻¹)	< 0,05	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	---
Nitrito (mg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,009	< 0,006	0,007	< 1
Nitrato (mg/L)	0,5	< 0,1	0,2	0,5	0,4	0,2	< 10
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	880	60	24	55	540	232	< 200
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	---	---	---	---	---	---	---

O oxigênio dissolvido apresentou resultados bons no ano todo com o menor resultado de 5,9 mg/L (dezembro), estando este resultado um pouco abaixo do estabelecido pelo CONAMA para águas de classe especial (6,0 mg/L). Porém os outros resultados foram maiores, chegando a 8,5 mg/L em junho.

A turbidez apresentou dois valores acima do limite estabelecido pelo CONAMA para classe especial, com o maior valor em fevereiro (92 NTU).

A DBO apresentou resultados sempre abaixo de 2 mg/L (junho) e o carbono orgânico dissolvido apresentou o valor máximo de 3,98 mg/L (dezembro).

Para os nutrientes, o fósforo novamente esteve alto quando comparado com o limite estabelecido pelo CONAMA para classe especial, variando de 0,1 mg/L (fevereiro, abril e outubro) até 0,6 mg/L (dezembro). Para a série nitrogenada os resultados foram todos baixos ao longo do estudo. Para o nitrogênio amoniacal os resultados estiveram entre < 0,05 mg/L (fevereiro) e 0,2 mg/L (agosto). O nitrogênio total kjeldahl variou entre < 0,05 mg/L (fevereiro) e 0,3 mg/L (abril, agosto e outubro). O Nitrato teve o maior valor registrado em fevereiro e agosto (0,5 mg/L) e o nitrito em agosto (0,009 mg/L).

Dos parâmetros biológicos, os coliformes termotolerantes estiveram entre 24 UFC/ 100mL em junho e 880 UFC/ 100mL em fevereiro.

Para o rio Jundiaí-Mirim não foram medidos os valores de clorofila *a*.

4.2.5. Rio Água do Norte

Na tabela 11 estão apresentados os resultados para o ponto no rio Água do Norte.

A temperatura da água esteve entre 22 °C em julho e 30 °C em março.

O pH apresentou valores que variaram de 6,8 (janeiro) a 8,4 (novembro).

Os resultados de condutividade foram altos ao longo do ano avaliado, variando de 148 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (novembro) a 325 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (maio).

Os valores de oxigênio dissolvido tiveram uma grande variação ao longo das campanhas, o menor resultado foi de 1,3 mg/L (janeiro) e o maior de 9mg/L (novembro).

Tabela 11: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio Água do Norte em 2009

VARIÁVEIS	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV	Padrão Conama Classe 2
Temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$)	29,1	30	25,3	22	23,9	29,5	---
pH	6,8	7	7	7,2	7,3	8,4	entre 6 e 9
Condutividade ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$)	167	161,2	325	221	149	148	---
Oxigênio dissolvido ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$)	1,3	5,6	5,6	1,9	7	9	> 5
Turbidez (NTU)	18	34	20	13	14	9,14	< 100
DBO _{5,20} (mg/L)	21	6	75	42	5	9	< 5
Carbono Orgânico Dissolvido (mg/L)	13,3	9,66	43,3	24,8	7,68	9,7	---
Fósforo Total ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$)	0,05	0,03	0,16	0,14	0,09	0,06	< 0,1
Nitrogênio Amoniacal ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,12	---	< 3,7
Nitrogênio Total Kjeldahl ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$)	1,36	0,87	1,41	1,35	1,57	0,99	---
Nitrito (mg/L)	0,003	0,006	0,002	0,002	0,02	< 0,001	< 1
Nitrato (mg/L)	0,44	0,54	0,31	0,69	0,38	< 0,1	< 10
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	6200	4900	4300	1800	332	180	< 1000
Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g}/\text{L}$)	1,78	---	144,34	41,58	60,59	24,82	< 30

A turbidez foi baixa em todas as campanhas com o seu máximo registrado na campanha de março (34 NTU).

A carga orgânica foi considerada alta, quando comparamos com o limite do CONAMA para água de classe 2. A DBO ficou igual ou acima do recomendado em todas as campanhas, chegando até o valor máximo de 75 mg/L em maio. O carbono orgânico dissolvido acompanhou os resultados e em maio obteve o valor de 43,3 mg/L.

Os nutrientes tiveram resultados considerados baixos, onde apenas o fósforo que obteve valores razoavelmente altos em maio e julho (0,16 mg/L e 0,14

mg/L, respectivamente). Da série nitrogenada o nitrogênio amoniacal teve 0,12 mg/L como o maior valor encontrado (setembro). O nitrogênio total kjeldahl variou de 0,87 mg/L (março) a 1,57 mg/L (setembro). O Nitrito teve o valor máximo de 0,2 mg/L, também registrado em setembro. O Nitrato variou de < 0,1 mg/L a 0,69 mg/L (novembro e julho, respectivamente).

Para os coliformes termotolerantes predominaram resultados elevados, observado em janeiro o valor máximo de 6200 UFC/ 100mL.

A clorofila *a* foi alta nas campanhas de maio, junho e setembro, os resultados estiveram entre 1,78 µg/L (janeiro) e 144,34 mg/L (maio).

4.2.6. Rio Sorocamirim

Na tabela 12 se encontram os resultados físico-químicos e biológicos do rio Sorocamirim.

A temperatura da água variou de 15,5 °C (julho) a 23 °C (março e novembro).

O pH ficou entre 6 e 7,7 (março e julho respectivamente).

A condutividade teve o menor valor encontrado em novembro (66 µS/cm) e o maior em maio (90 µS/cm).

O menor valor de oxigênio dissolvido foi de 3,7 mg/L (março) e o maior foi de 6,8 mg/L (julho).

A turbidez foi considerada baixa em todas as campanhas, com o maior resultado observado em março (50mg/L).

A matéria orgânica também foi baixa nos meses avaliados. A DBO máxima foi registrada em novembro (5mg/L). E o carbono orgânico dissolvido variou de 3,6 mg/L (julho) a 9,47 mg/L (janeiro).

Os resultados de nutrientes foram predominantemente baixos ao longo do ano no rio Sorocamirim. O fósforo variou de 0,06 mg/L (janeiro e julho) até 0,11 mg/L (março). O nitrogênio amoniacal não apresentou variação com os resultados sempre abaixo de 0,1 mg/L. O nitrogênio total kjeldahl apresentou variação entre 0,54 mg/L (março) e 0,74 mg/L (janeiro). O Nitrato variou de < 0,2 mg/L em novembro a 1,11 mg/L em maio. E o Nitrito teve todos os resultados menor ou igual a 0,01 mg/L.

Tabela 12: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio Sorocamirim em 2009

VARIÁVEIS	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV	Padrão Conama Classe 2
Temperatura da água (°C)	21	23	18	15,5	18,2	23	---
pH	6,1	6	7,3	7,7	6,8	6,7	entre 6 e 9
Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	88	86	90	80	86	66	---
Oxigênio dissolvido (mg.L^{-1})	4,3	3,7	6,6	6,8	5,6	3,5	> 5
Turbidez (NTU)	21	50	10	11	44	28	< 100
DBO _{5,20} (mg/L)	< 2	< 2	< 2	2	< 2	5	< 5
Carbono Orgânico Dissolvido (mg/L)	9,47	5,66	9,07	3,6	8,23	8,21	---
Fósforo Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	0,06	0,11	0,07	0,06	0,1	0,1	< 0,1
Nitrogênio Amoniacal ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	---	< 0,1	< 0,1	< 3,7
Nitrogênio Total Kjeldahl ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	0,74	0,54	0,64	0,56	0,63	0,58	---
Nitrito (mg/L)	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 1
Nitrato (mg/L)	0,39	0,41	1,11	0,42	0,33	< 0,2	< 10
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	1240	5900	460	196	3960	1880	< 1000
Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)	2,29	<0,01	0,8	1,97	< 0,01	1,34	< 30

Para os coliformes termotolerantes predominaram resultados insatisfatórios neste trecho do rio, o maior resultado foi encontrado em março (5900 UFC/100 mL) e o menor foi em julho (196 UFC/ 100mL).

A clorofila *a* foi baixa em todas as campanhas, os maiores resultados foram encontrado em janeiro e julho (2,29 $\mu\text{g/L}$ e 1,97 $\mu\text{g/L}$ respectivamente).

4.2.7. Rio São Miguel Arcanjo

Na tabela 13 são listados os resultados físico-químicos e biológicos do rio São Miguel Arcanjo.

A temperatura da água apresentou variação de 15°C (junho) até 25° C (fevereiro).

O pH apresentou os resultados entre 6,6 e 8 (abril e fevereiro respectivamente).

A condutividade registrou o valor máximo no mês de junho e o mínimo em dezembro, com respectivamente os valores de 95 mg/L e 50 mg/L.

O oxigênio dissolvido esteve com valores abaixo do recomendável nas campanhas de fevereiro (4,7 mg/L), abril (4,5 mg/L) e outubro (4,7 mg/L), nos outros meses os valores foram bons chegando ao máximo de 6,1 mg/L em agosto.

Tabela 12: Resultado das análises físico-químicas e biológicas do Rio São Miguel Arcanjo em 2009

VARIÁVEIS	FEV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ	Padrão Conama Classe 2
Temperatura da água (°C)	25	20	15	16	20	21	---
pH	8	6,6	7,1	---	---	6,9	entre 6 e 9
Condutividade ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	59	95	96	64	56	50	---
Oxigênio dissolvido ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	4,7	4,5	5,3	6,1	4,7	5,2	> 5
Turbidez (NTU)	110	12	8,1	20	72	56	< 100
DBO _{5, 20} (mg/L)	2	3	4	3	8	2	< 5
Carbono Orgânico Dissolvido (mg/L)	---	---	---	---	---	---	---
Fósforo Total ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	0,15	0,12	0,22	0,08	0,21	0,11	< 0,1
Nitrogênio Amoniacal ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	0,17	0,41	0,38	0,28	0,17	0,1	< 3,7
Nitrogênio Total Kjeldahl ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	1,24	< 0,5	1,43	0,69	1,42	1,15	---
Nitrito (mg/L)	0,01	< 0,01	0,06	0,02	0,02	< 0,01	< 1
Nitrato (mg/L)	0,23	2,17	1,29	0,39	0,26	0,32	< 10
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	6600	2200	1900	13000	7900	5600	< 1000
Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)	6,53	1,6	43,66	22,96	23,17	11,76	< 30

A turbidez variou de 8,1 NTU (junho) a 110 NTU (fevereiro).

A carga orgânica do rio São Miguel Arcanjo foi avaliada apenas pelo parâmetro DBO. Os valores foram considerados baixo em cinco das campanhas, variando entre 2 e 4 mg/L, apenas em outubro o valor foi mais alto chegando a 8 mg/L.

Os resultados de fósforo total variaram de 0,08 mg/L (agosto) a 0,21 mg/L (outubro). O nitrogênio amoniacal apresentou variação nos resultados entre 0,1 mg/L (dezembro) e 0,41 mg/L (abril). O nitrogênio total kjeldahl ficou entre os < 0,05 mg/L, registrado em abril, e 1,43 mg/L em junho. O Nitrito teve o valor máximo registrado em junho (0,06 mg/L), e o Nitrato em abril (2,17 mg/L).

Os coliformes foram considerados altos em todas as campanhas, variando de 1900 UFC/ 100mL até 13000 UFC/ 100mL.

A clorofila *a* teve o valor máximo de 43,66 µg/L registrado em junho e o mínimo de 1,6 µg/L obtido em abril.

4.2.8. Comparação dos resultados físico-químicos e biológicos entre os rios

Para a comparação dos resultados entre os rios são apresentados na tabela 14 os resultados médios, mínimos e máximos anual para cada rio avaliado.

Os rios Jundiaí-Mirim, Sorocamirim e São Miguel Arcanjo apresentaram os menores valores de condutividade elétrica do estudo, e o rio Piracicaba foi o que apresentou o valor médio mais elevado (223 µS/cm).

Com relação ao oxigênio dissolvido o rio Piracicaba também apresentou os índices médios anuais mais baixos, em ambos os pontos coletados, e os rios Atibaia e Jundiaí-Mirim apresentaram os valores mais elevados (7,5 mg/L e 7,4 mg/L respectivamente).

Com relação a carga o maior valor foi registrado no rio Água do Norte e os mais baixos no Jundiá-Mirim.

Tabela 14: Média, mínimo e máximo dos resultados físicos, químicos e biológicos dos rios Atibaia (ATIB), Piracicaba na captação de Piracicaba (PCP), Piracicaba na captação de Americana (PCAM), Corumbataí (CRUM), Jundiá-Mirim (JUMI), Água do Norte (ANOR), Sorocamirim (SORO) e São Miguel Arcanjo (SMIG), durante o ano de 2009.

RESULTADOS	ATIB	PCP	PCAM	CRUM	JUMI	ANOR	SORO	SMIG
	Média							
	Mínimo – Máximo							
Temperatura da água (°C)	22,3	24,8	23,8	24,0	22,1	26,6	19,8	19,5
	16 - 26,5	21,8 - 27,9	19,1 - 26,5	18,8 - 27,6	17 - 26	22 - 30	15,5 - 23	15 - 25
pH	6,9	7,0	6,8	7,0	7,0	7,3	6,8	7,2
	6,6 - 7,3	6,8 - 7	6,7 - 6,9	6,9 - 7,1	6,8 - 7,5	6,8 - 8,4	6 - 7,7	6,6 - 8
Condutividade ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	103,5	223,0	150,0	141,7	81,8	195,2	82,7	70,0
	88 - 124	140 - 299	110 - 199	112 - 182	75 - 88	149 - 325	66 - 90	50 - 96
Oxigênio dissolvido ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	7,5	2,7	4,4	5,4	7,4	5,1	5,1	5,1
	7 - 8,6	1,1 - 4,1	2,1 - 5,6	4,7 - 6,3	5,9 - 8,5	1,3 - 9	3,5 - 6,8	4,5 - 6,1
Turbidez (NTU)	96,0	96,3	66,8	47,9	34,3	18,0	27,3	46,4
	17 - 373	17,5 - 221	9,94 - 216	13,3 - 114	16 - 92	9,14 - 34	10 - 50.	8,1 - 110
DBO _{5,20} (mg/L)	3,8	6,2	3,8	4,5	2,0	26,3	3,5	3,7
	2 - 6.	5 - 9.	< 3 - 5	3 - 8.	< 2 - 2	5 - 75.	< 2 - 5	2 - 8.
Carbono Orgânico Dissolvido (mg/L)	5,07	5,92	6,56	5,35	3,39	18,07	7,37	---
	3,84 - 6,87	4,68 - 7,07	3,84 - 11,1	2,87 - 6,94	2,86 - 3,98	7,68 - 43,3	3,6 - 9,47	---
Fósforo Total ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0,5	1,2	0,8	0,6	0,2	0,1	0,08	0,15
	0,2 - 1	0,6 - 2	0,3 - 2	0,4 - 1	0,1 - 0,6	0,03 - 0,16	0,06 - 0,11	0,08 - 0,22
Nitrogênio Amoniacal ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0,60	1,37	0,50	0,47	0,11	0,12	< 0,01	0,25
	0,3 - 1	0,6 - 2	< 0,05 - 0,6	0,2 - 0,7	< 0,05 - 0,2	< 0,1 - 0,12	< 0,01	0,1 - 17
Nitrogênio Total Kjeldahl ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0,9	1,4	0,6	0,6	0,3	1,3	0,6	1,2
	0,3 - 2	0,6 - 2	< 0,05 - 0,8	0,2 - 1	< 0,05 - 0,3	0,87 - 1,57	0,54 - 0,74	< 0,01 - 1,43
Nitrito (mg/L)	0,06	0,82	0,07	0,18	0,008	0,007	0,01	0,03
	0,01 - 0,1	0,3 - 1,4	0,03 - 0,1	0,09 - 0,3	< 0,005 - 0,009	< 0,001 - 0,006	< 0,01 - 0,01	< 0,01 - 0,06
Nitrato (mg/L)	0,9	0,2	1,3	1,3	0,4	0,5	0,5	0,8
	0,2 a 1,2	0,1 - 0,2	0,1 - 2,3	0,8 - 2,4	< 0,1 - 0,5	< 0,01 - 0,69	< 0,02 - 1,11	0,23 - 2,17
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL) - (média geométrica)	6938	46849	3066	3327	143	1553	1304	5013
	1100 - 51000	21000 - 86000	2900 - 6100	900 - 9200	24 - 880	180 - 6200	186 - 5900	1900 - 13000
Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)	0,76	3,98	1,79	1,25	---	54,62	1,60	18,28
	0,01 - 2,67	0,01 - 6,42	< 0,01 - 3,56	< 0,01 - 1,78	---	1,78 - 144,34	< 0,01 - 2,29	1,6 - 43,66

Para os nutrientes, o maior valor médio de fósforo foi registrado no rio Piracicaba e o menor no rio Sorocamirim. O nitrogênio amoniacal, nitrogênio

total kjeldahl e nitrito também foram mais elevados no Rio Piracicaba e nos rios Jundiá-Mirim e Sorocamirim foram registrados os menores valores.

O resultados de coliformes foi baixo apenas no rio Jundiá-Mirim com valor médio de 143 UFC/ 100 mL. Nos outros rios os resultados foram elevados com destaque ao rio Piracicaba com o maior valor.

A clorofila *a* foi mais elevada no rio Água do Norte, seguida do São Miguel Arcanjo e os resultados dos rios Atibaia e Corumbataí foram o menores.

4.3. Comunidade Fitoplanctônica

Durante o período do estudo foram identificados um total de 479 táxons nos rios estudados. A classe mais representativa foi Chlorophyceae com 30% dos táxons encontrados, seguida de Bacillariophyta (25%), Euglenophyceae (15%), Cyanobacteria (12%), Zygnemaphyceae (9%) e 9% das demais classes (Chlamydomonadophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Xanthophyceae e Prasinophyceae). Nas tabelas 15 a 22 são apresentados os resultados quantitativos da comunidade fitoplanctônica em cada um dos rios. A listagem total dos táxons encontra-se no anexo A.

4.3.1. Rio Atibaia

No Rio Atibaia foram encontrados um total de 184 táxons, sendo que 30% foram representados por Bacillariophyta (diatomáceas), 29% de Chlorophyceae, 14% de Euglenophyceae, 11% de Cyanobacteria, 8% de Zygnemaphyceae, 3% de Chrysophyceae, e 5% dos demais grupos (Chlamydomonadophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae e Xanthophyceae).

A densidade de organismos no Rio Atibaia foi considerada baixa durante o ano todo do estudo (tabela 15), variando de 86 org./mL (maio) até 202 org./mL (setembro).

Bacillariophyta foi o grupo que apresentou as maiores densidades, representado principalmente pelo grupo Coscinodiscophyceae (diatomáceas centricas) com a predominância do gênero *Cyclotella/Discostella* sp, em novembro, e da espécie *Aulacoseira granulata* var. *granulata* nos meses de janeiro e março.

Tabela 15: Densidade de organismos fitoplânctônicos do Rio Atibaia em 2009 (organismos/mL)

GRUPO	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV
CYANOBACTERIA	13	13	1	4	10	15
CHLAMYDOPHYCEAE	2	0	0	0	0	6
CHLOROPHYCEAE	41	26	27	50	28	66
ZYGNEMAPHYCEAE	0	3	4	7	2	4
BACILLARIOPHYTA	31	41	45	35	53	71
CHRYSTOPHYCEAE	3	3	2	2	79	2
CRYPTOPHYCEAE	0	4	0	8	0	3
DINOPHYCEAE	2	0	0	0	5	0
EUGLENOPHYCEAE	11	3	7	6	25	30
XANTHOPHYCEAE	0	0	0	0	0	1
TOTAL	103	93	86	112	202	198

A classe Chlorophyceae foi a mais abundante nos meses de janeiro e julho, com predominância das espécies *Chlorella vulgaris*, *Crucigenia tetrapedia* e espécies do gênero *Monoraphidium*. Em novembro as espécies predominantes do grupo foram *Chlorella* sp e *Monoraphidium contortum*.

A classe Chrysophyceae apresentou densidade relativamente elevada no mês de setembro, com destaque as espécies *Synura* sp e *Dinobryon sertularia*.

As cianobactérias apresentaram densidades que variaram de 1 org./mL (maio) até 15 org./mL (novembro). Dentro do grupo foram predominantes as espécies *Dolichospermum* sp (janeiro), *Aphanocapsa delicatissima* (março) e *Raphidiopsis* sp (dezembro).

A classe Euglenophyceae apresentou uma densidade relativamente significativa nos meses de setembro e novembro (25 org/mL e 30 org/mL respectivamente). As espécies predominantes nestes meses foram *Euglena* sp, *Trachelomonas volvocina* e *Trachelomonas volvocinopsis*.

4.3.2. Rio Piracicaba

No ponto do Rio Piracicaba localizado junto à captação do município de Piracicaba foram encontrados um total de 202 táxons, ao longo das seis campanhas do ano. Os táxons estiveram distribuídos em 33% de Chlorophyceae, 26% Bacillariophyta, 16% de Cyanobacteria, 10% de Euglenophyceae, 5% Zygnemaphyceae, 2% de Chlamydomonadophyceae, 2% Chrysophyceae, 2% Cryptophyceae e 2% dos demais grupos (Xanthophyceae, Dinophyceae e Prasinophyceae).

A densidade total do Fitoplâncton variou de 99 org./mL (março) à 1197 org./mL (setembro), conforme apresentado na tabela 16.

Cyanobacteria foi a classe que apresentou maior densidade neste trecho do rio, sendo as espécies *Chroococcus* sp, *Merismopedia punctata* e *Sphaerocavum brasiliense* predominantes em janeiro e maio. Em julho as espécies *Aphanocapsa* cf. *incerta* e *Sphaerocavum brasiliense* predominaram.

Já em setembro *Aphanocapsa delicatissima*, *Merismopedia punctata* e *Raphidiopsis* sp foram as espécies abundantes.

Chlorophyceae foi o grupo com maior densidade nos meses de setembro e novembro, onde as espécies predominantes foram *Chlorococcum* sp, *Chlorella vulgaris* e *Crucigenia tetrapedia* em setembro e *Chlorella minutissima* e *Monoraphidium griffithi* em novembro.

Tabela 16: Densidade de organismos fitoplantônicos do Rio Piracicaba (Captação de Piracicaba) em 2009 (organismos/mL)

GRUPO	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV
CYANOBACTERIA	399	48	193	487	257	46
CHLAMYDOPHYCEAE	54	5	0	8	37	0
CHLOROPHYCEAE	111	23	100	97	563	65
ZYGNEMAPHYCEAE	0	0	0	16	8	1
PRASINOPHYCEAE	0	0	0	4	0	0
BACILLARIOPHYTA	103	15	98	278	221	60
CHRYSTOPHYCEAE	45	0	0	12	0	0
CRYPTOPHYCEAE	14	2	60	94	62	1
EUGLENOPHYCEAE	0	6	3	4	41	2
XANTHOPHYCEAE	0	0	0	0	8	0
TOTAL	726	99	454	1000	1197	175

O grupo das diatomáceas (Bacillariophyta) apresentou densidade que variou de 15 org./mL (março) até 278 org./mL (julho), o grupo das diatomáceas centricas foi dominante, representando 58% da densidade total das diatomáceas, as espécies predominantes foram *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, *Aulacoseira granulata* var. *granulata*, *Melosira varians*, *Aulacoseira* sp1, e

Cyclotella meneguiniana. As espécies *Nitzschia palea* e *Ulnaria ulna* foram predominantes entre as diatomáceas penadas (Bacillariophyceae e Fragilariophyceae).

A Classe Cryptophyceae tiveram as densidades mais significativas do grupo nos meses de maio, julho e setembro, onde as espécies *Cryptomonas* sp, *Cryptomonas marsonii* e *Cryptomonas* cf. *obovata* foram predominantes.

Na tabela 17 são apresentadas as densidades dos grupos do Fitoplâncton do Rio Piracicaba no trecho junto à captação do município de Americana.

Tabela 17: Densidade de organismos fitoplantônicos do Rio Piracicaba (Captação de Americana) em 2009 (organismos/mL)

GRUPO	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV
CYANOBACTERIA	52	140	413	235	96	60
CHLAMYDOPHYCEAE	0	0	8	0	0	0
CHLOROPHYCEAE	17	16	40	46	65	26
ZYGNEMAPHYCEAE	1	3	0	0	7	1
BACILLARIOPHYTA	30	15	24	121	48	48
CHRYSOPHYCEAE	0	0	0	0	2	3
CRYPTOPHYCEAE	0	5	32	73	8	0
DINOPHYCEAE	0	0	4	0	0	0
EUGLENOPHYCEAE	0	0	4	0	2	2
TOTAL	100	179	525	475	228	140

Neste ponto foram encontrados um total de 134 táxons, composto por 36% de Chlorophyceae, 31% de Bacillariophyta, 18% de Cyanobacteria, 7% de Zygnemaphyceae, 3% de Euglenophyceae, 2% de Crysophyceae e 4% dos

demais grupos encontrados (Chlamyidophyceae, Cryptophyceae e Dinophyceae).

A densidade de organismos variou de 100 org./L (janeiro) até 525 org./mL (julho).

Neste ponto a classe predominante em todas as campanhas foi Cyanobacteria, sendo que as maiores densidade foram registradas nos meses de maio e julho (413 org./mL e 235 org./mL, respectivamente). As espécies que contribuíram com as maiores densidades foram *Chroococcus* cf. *minor*, *Sphaerocavum brasiliense* e *Merismopedia punctata*.

A classe Bacillariophyta apresentou contribuição significativa na densidade dos meses de janeiro, julho e novembro. O grupo das diatomáceas centricas contribuiu com 83% da densidade total de diatomáceas, com predominância das espécies *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, *Aulacoseira granulata* var. *granulata*, *Aulacoseira* sp1.

Para a classe Chlorophyceae a densidade variou de 16 org./mL à 65 org./mL, sendo que as espécies que ocorreram em maior densidade foram *Chlorella vulgaris*, *Monoraphidium tortile*, *Actinastrum hantzschii* e *Didymocistis* sp.

Nos meses de maio (32 org./mL) e julho (73 org./mL) o grupo Cryptophyceae apresentou as densidades mais significativas para o grupo, sendo que as espécies *Cryptomonas erosa* e *Cryptomonas marsonii* que contribuíram para este resultado.

4.3.3. Rio Corumbataí

No rio Corumbataí foram encontrados 184 táxons distribuídos entre 37% Bacillariophyta, 35% Chlorophyceae, 10% Cyanobactéria, 8% Euglenophyceae,

4% de Zygnemaphyceae e 6% dos demais grupos (Chlamydomphyceae, Chrysophyceae e Cryptophyceae).

A tabela 18 traz os resultados de densidade do Fitoplâncton para o rio Corumbataí ao longo do ano avaliado.

A densidade total de organismos variou de 66 org./mL (março) a 593 org./mL (julho).

O grupo Chlorophyceae apresentou as maiores densidades ao longo do ano, sendo dominantes nos meses de julho e setembro. Em julho as espécies *Chlorella minutissima*, *Chorycistis minor* e *Desmodesmus communis* foram predominantes, já em setembro *Chlorella minutissima*, *Chlorella vulgaris* e *Monoraphidium contortum* foram as espécies com maior densidade no grupo.

Tabela 18: Densidade de organismos fitoplanctônicos do Rio Corumbataí em 2009 (organismos/mL)

GRUPO	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV
CYANOBACTERIA	54	15	84	32	12	0
CHLAMYDOPHYCEAE	15	1	0	3	0	2
CHLOROPHYCEAE	72	27	22	435	244	79
ZYGNEMAPHYCEAE	3	0	0	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	120	14	30	117	12	83
CHRYSTOPHYCEAE	6	1	0	3	0	0
CRYPTOPHYCEAE	18	2	1	0	0	3
EUGLENOPHYCEAE	15	6	5	3	10	7
TOTAL	303	66	142	593	278	174

As diatomáceas apresentaram densidades que variaram de 12 org./mL (setembro) a 120 org./mL (janeiro). Sendo o grupo dominante nos meses de

janeiro e novembro com principal ocorrência das espécies *Nitzschia palea*, *Nitzschia* sp e *Fragilaria* sp. O grupo das diatomáceas penadas (Bacillariophyceae e Fragilariophyceae) foi predominante com 89% da densidade total.

A classe Cyanobacteria apresentou uma densidade relativa elevada nos meses de janeiro, março e maio. As espécies que mais contribuíram em termos de densidade foram *Chroococcus* sp, *Merismopedia punctata* e *Merimopedia* sp.

4.3.4. Rio Jundiaí-Mirim

O Fitoplâncton do Rio Jundiaí-Mirim foi composto por um total de 167 táxons.

Tabela 19: Densidade de organismos fitoplantônicos do Rio Jundiaí-mirim em 2009 (organismos/mL)

GRUPO	FEV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ
CYANOBACTERIA	124	127	56	1095	1	62
CHLAMYDOPHYCEAE	11	0	0	0	0	0
CHLOROPHYCEAE	16	69	2	44	10	158
ZYGNEMAPHYCEAE	5	4	0	3	1	6
BACILLARIOPHYTA	55	57	40	32	66	75
CHRYSTOPHYCEAE	21	106	1	0	0	4
CRYPTOPHYCEAE	0	61	4	51	0	2
DINOPHYCEAE	245	8	0	0	0	0
EUGLENOPHYCEAE	109	0	0	3	0	37
TOTAL	586	432	103	1228	78	344

Estes estiveram distribuídos entre as classes Chlorophyceae (31%), Bacillariophyta (23%), Cyanobacteria (16%), Euglenophyceae (14%),

Zygnemaphyceae (10%) e as classes Chlamydoephyceae, Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dinophyceae e Xanthophyceae que somados representaram 7% do táxons encontrados.

A densidade total variou de 78 org./mL (outubro) até 1228 org./mL (agosto), conforme apresentados na tabela 19.

A classe Cyanobacteria foi a que apresentou as maiores densidades ao longo de todo período, sendo o grupo dominante no mês de agosto com a contribuição da espécie *Merismopedia tenuissima*. Nos meses de fevereiro e abril as cianobactérias contribuíram significativamente com a densidade total, com destaque as espécies *Chroococcus* sp e *Raphidiopsis* sp em janeiro e *Merismopedia tenuissima* e *Cylindrospermopsis/Raphidiopsis* em abril.

A classe Bacillariophyta apresentou densidade constante ao longo dos meses avaliados, sendo o grupo dominante no mês de outubro. As espécies *Nitzschia* sp., *Aulacoseira* sp., *Cyclotella/Discostella* sp e *Discostella* sp foram predominantes para o grupo.

A classe Chlorophyceae apresentou densidades baixas na maioria das campanhas, porém foi o grupo dominante em dezembro. As espécies *Chlorella minutissima*, *Chlorella vulgaris* e *Monoraphidium minutum* foram as que predominaram nesta ocasião.

A Classe Dinophyceae foi dominante no mês de fevereiro com 245 org./mL, sendo que a espécie *Peridinium* sp responsável por esta densidade.

A classe Euglenophyceae apresentou densidade relativamente significativa nos meses de fevereiro e dezembro, representada principalmente pela espécie *Trachelomonas volvocina*.

No mês de abril a classe Chrysophyceae apresentou densidade elevada, com ocorrência principalmente de *Dinobryon divergens*.

4.3.5. Rio Água do Norte

O Rio Água do Norte foi composto por 188 táxons fitoplanctônicos ao longo do ano de 2009, que estiveram distribuídos em 10 classes taxonômicas, sendo 44% de Chlorophyceae, 28% de Euglenophyceae, 8% de Bacillariophyta, 7% Cyanobacteria, 5% Zygnemaphyceae e 8% dos demais grupos encontrados (Chlamydomphyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae e Xanthophyceae).

Tabela 20: Densidade de organismos fitoplanctônicos do Rio Água do Norte em 2009 (organismos/mL)

GRUPO	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV
CYANOBACTERIA	36	213	0	691	171	298
CHLAMYDOPHYCEAE	144	43	0	0	0	43
CHLOROPHYCEAE	2665	555	73928	67516	3836	7970
ZYGNEMAPHYCEAE	36	43	0	0	0	43
BACILLARIOPHYTA	36	43	0	230	6094	937
CHRYSTOPHYCEAE	0	255	0	0	0	0
CRYPTOPHYCEAE	108	0	0	0	3537	682
DINOPHYCEAE	252	43	0	0	0	298
EUGLENOPHYCEAE	4324	4510	8309	2073	639	1321
XANTHOPHYCEAE	0	0	0	0	0	0
TOTAL	7601	5705	82237	70510	14277	11592

A densidade do fitoplâncton no Rio água do norte foi a maior registrada neste estudo, variando de 5705 org./mL no mês de março até 82237 org./mL em maio (tabela 20).

A classe Chlorophyceae foi predominante durante todo o período avaliado, sendo dominante nos meses de maio, julho e novembro e abundante nos meses de janeiro e setembro. As espécies *Chlorella minutissima*, *Choricystis minor*, *Monoraphidium contortum*, *Monoraphidium griffithii* e *Monoraphidium nanum* foram predominantes dentro do grupo.

A Classe Euglenophyceae foi dominante nos meses de janeiro e março com respectivamente 4324 org./mL e 4510 org./mL. As espécies *Lepocinclis salina*, *Trachelomonas curta* var. *minima* e *Trachelomonas volvocina* foram predominantes no grupo.

A Classe Bacillariophyta apresentou densidades entre 36 org./mL (janeiro) e 6094 org./mL (setembro), sendo nesta ocasião o grupo dominante, e no mês de maio não foi registrada contagem para grupo. As espécies predominantes foram *Nitzschia* sp e *Cyclotella/Discostella* sp.

A classe Cryptophyceae também apresentou densidade significativa para o rio água do norte, especialmente nos meses de setembro e novembro. Sendo que *Cryptomonas erosa*, *Cryptomonas* cf. *obovata*, *Cryptomonas* cf. *phaseolus*, *Cryptomonas* sp e *Rhodomonas lacustris* foram as espécies predominantes.

4.3.6. Rio Sorocamirim

Foram identificados um total de 197 táxons do Fitoplâncton no Rio Sorocamirim, distribuídos entre as classes Bacillariophyta (28%), Chlorophyceae (21%), Euglenophyceae (21%), Zygnemaphyceae (10%)

Cyanobacteria (9%), Cryptophyceae (4%) e as demais Chlamydomonadales, Prasinophyceae, Chrysophyceae e Xanthophyceae (7%).

A densidade total do fitoplâncton do Rio Sorocamirim (tabela 21) variou de 122 org./mL (setembro) a 659 org./mL (maio).

Tabela 21: Densidade de organismos fitoplânctônicos do Rio Sorocamirim em 2009 (organismos/mL)

GRUPO	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV
CYANOBACTERIA	26	15	0	6	0	18
CHLAMYDOPHYCEAE	14	5	0	2	1	3
CHLOROPHYCEAE	34	20	17	93	69	80
ZYGNEMAPHYCEAE	25	5	17	51	0	4
PRASINOPHYCEAE	0	0	0	4	0	0
BACILLARIOPHYTA	135	46	504	18	23	54
CHRYSOPHYCEAE	3	12	93	41	1	3
CRYPTOPHYCEAE	17	14	0	120	19	35
EUGLENOPHYCEAE	35	60	28	2	9	30
XANTHOPHYCEAE	0	0	0	0	0	0
TOTAL	289	177	659	337	122	227

A classe Bacillariophyta apresentou as maiores densidades ao longo do ano, com destaque aos meses de janeiro e maio onde foi o grupo dominante com respectivamente 135 org./mL e 504 org./mL. As espécies *Urosolenia eriensis*, *Urosolenia longiseta*, *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* e *Melosira varians* foram as formas predominantes do grupo.

A classe Chlorophyceae apresentou densidade total entre 15 org./mL e 93 org./mL (respectivamente maio e julho). Foi o grupo predominante nos meses de setembro e novembro, e para a densidade total do grupo a principal contribuição foi das espécies *Chlorella minutíssima*, *Chlorella vulgaris*, *Monoraphidium contortum* e *Crucigenia tetrapedia*.

Cryptophyceae foi um importante grupo na composição do fitoplâncton do Rio Sorocamirim, com destaque ao mês de julho onde o grupo predominante. As espécies *Cryptomonas* cf. *obovata*, *Cryptomonas marsonii* e *Cryptomonas* sp foram as formas predominantes.

A classe Euglenophyceae apresentou densidade relativamente significativa nos meses de março e novembro, com respectivamente 60 org./mL e 30 org./mL. *Trachelomonas volvocina* foi a espécie predominante.

A classe Chrysophyceae apresentou densidade entre 1 org./mL e 93 org./mL, sendo que nos meses maio e julho foram significativos componentes da comunidade, com o predomínio das espécies *Dinobryon divergens* e *Dinobryon sertularia*

4.3.7. Rio São Miguel Arcanjo

Foram registrados 108 táxons no Rio São Miguel Arcanjo, distribuídos entre 26% da classe Chlorophyceae, 23% Euglenophyceae, 15% Cyanobacteria, 14% Zygnemaphyceae, 13% Bacillariophyta, 5% Chrysophyceae, 3% Chlamydomonadales e 2% dos demais grupos (Chrysophyceae e Cryptophyceae).

A densidade do fitoplâncton do Rio São Miguel Arcanjo é apresentada na tabela 22, houve a variação de 278 org./mL (fevereiro) até 5225 org./mL (junho).

A classe Chlorophyceae apresentou densidade entre 14 org./mL (fevereiro) 4800 org./mL junho, e foi o grupo predominante nos meses de junho, agosto e outubro. *Chlorococcum* sp e *Closteriopsis acicularis* foram as espécies que mais contribuíram para os resultados de densidade do grupo.

A classe Cyanobacteria apresentou densidades elevadas nos meses fevereiro, abril, outubro e dezembro, sendo dominante em três ocasiões. As espécies que mais representaram o grupo foram *Merismopedia punctata*, *Merismopedia* sp., *Planktothrix isothrix* e *Geitlerinema unigranulatum*.

Tabela 22: Densidade de organismos fitoplanctônicos do Rio São Miguel Arcanjo em 2009 (organismos/mL)

GRUPO	FEV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ
CYANOBACTERIA	231	1226	255	74	180	884
CHLAMYDOPHYCEAE	3	0	0	15	0	4
CHLOROPHYCEAE	14	180	4800	2715	280	53
ZYGNEMAPHYCEAE	0	0	0	0	5	0
BACILLARIOPHYTA	12	0	57	0	6	4
CHRYSOPTHYCEAE	3	0	28	0	0	0
CRYPTOPHYCEAE	0	0	0	15	3	0
EUGLENOPHYCEAE	15	8	85	302	43	24
TOTAL	278	1414	5225	3121	517	969

A classe Euglenophyceae apresentou densidade relativamente baixa ao longo do ano, variando de 8 org./mL até 302 org./mL, porém no mês de agosto contribui significativamente com a densidade total, com destaque a ocorrência das espécies *Lepocinclis fusiformis*, *Lepocinclis salina*, *Lepocinclis* sp e *Trachelomonas volvocina*.

4.3.8. Comparação da comunidade fitoplanctônica entre os rios

Na tabela 23 são apresentados os resultados do número de táxons, densidade média, mínima e máxima e o grupo dominante para os rios avaliados.

No rio Água do Norte foi encontrados o maior valor de densidade de organismos seguido do rio São Miguel Arcanjo, e no Rio Atibaia foi encontrado o menor valor médio.

Cyanobacteria foi o grupo dominante nos rios Piracicaba (nos dois pontos avaliados) e no rio Jundiá-Mirim. No restante dos rios predominou a classe Chlorophyceae.

Tabela 23: Número total de taxa, densidades média, mínima e máxima, e grupo dominante da comunidade fitoplanctônica dos rios Atibaia, Piracicaba, Corumbataí, Jundiá-Mirim, Água do Norte, Sorocamirim e São Miguel Arcanjo, durante o ano de 2009.

Resultados	Número total de Taxa	Densidade média (organismo/mL)	Densidades mínima e máxima (organismo/mL)	Grupo Dominante no ano
Rio Atibaia	184	132	86 – 202	CHLOROPHYCEAE
Rio Piracicaba (Captação Piracicaba)	202	609	99 – 1197	CYANOBACTERIA
Rio Piracicaba (Captação Americana)	134	275	100 – 525	CYANOBACTERIA
Rio Corumbataí	184	259	66 – 593	CHLOROPHYCEAE
Rio Jundiá-Mirim	167	462	78 – 1228	CYANOBACTERIA
Rio Água do Norte	188	31987	5705 – 82237	CHLOROPHYCEAE
Rio Sorocamirim	197	302	122 – 659	CHLOROPHYCEAE
Rio São Miguel Arcanjo	108	1921	278 – 5225	CHLOROPHYCEAE

4.4. Índices descritivos da comunidade fitoplânctonica

4.4.1. Frequência de ocorrência

A frequência de ocorrência para cada táxon encontrado esta descrita no anexo A. A classificação da frequência dos táxons foi feita agrupando os resultados de todos os rios estudados, para obter um aspecto geral da ocorrência de cada grupo neste tipo de ambiente. Do total de táxons encontrados, 66% foram considerados raros, 31% foram classificados como comuns e apenas 3% dos táxons foram classificados como constantes.

Tabela 24: Porcentagem das classificações de Frequência de ocorrência por grupo taxonômico da comunidade fitoplanctônica nos rios avaliados (Raros $F < 10\%$, Comuns $10\% < F < 50\%$, Constantes $F > 50\%$).

GRUPO	% Táxons Raros	% Táxons Comuns	% Táxons Constantes
CYANOBACTERIA	11	15	0
CHLAMYDOPHYCEAE	3	1	7
CHLOROPHYCEAE	29	30	40
ZYGNEMAPHYCEAE	11	7	0
PRASINOPHYCEAE	1	0	0
TREBOUXIOPHYCEAE	0	0	0
BACILLARIOPHYTA	25	23	47
CHRYSTOPHYCEAE	1	5	0
CRYPTOPHYCEAE	2	3	0
DINOPHYCEAE	1	1	0
EUGLENOPHYCEAE	14	16	7
XANTHOPHYCEAE	3	0	0

Ao separar estes resultados pelos grupos do Fitoplâncton, conforme apresentado na tabela 24, é possível observar a predominância da frequência nos diferentes grupos que compuseram a comunidade. As classes Chlorophyceae e Bacillariophyta representaram respectivamente 40% e 47%

dos táxons considerados constantes, e respectivamente 30% e 23% dos comuns. Cyanobacteria não apresentou táxons classificados como constantes, porém representaram 15% dos táxons comuns e 11% dos raros. Euglenophyceae representou 16% dos táxons comuns e 7% dos constantes.

4.4.2. Riqueza

No Anexo B estão apresentadas as riquezas da comunidade fitoplanctônica para os rios estudados.

No Rio Atibaia a riqueza se manteve constante ao longo do ano, variando de 46 em março até o valor máximo de 70 em novembro, Bacillariophyta e Chlorophyceae foram os grupos que contribuíram com o maior número de espécies durante o período estudado.

Nos dois pontos do Rio Piracicaba os valores de riqueza tiveram o mesmo comportamento ao longo do ano, os menores valores foram registrados nos meses de março e maio, e os máximos de riqueza registrados no mês de setembro.

As classes Cyanobacteria, Chlorophyceae e Bacillariophyceae predominaram o ano todo no local.

A riqueza do rio Corumbataí variou de 46 (março) até 76 (janeiro). Houve o predomínio de Chlorophyceae e Bacillariophyta durante todo o período.

O rio Jundiá-Mirim apresentou os menores valores de riqueza nos meses de junho e agosto (25 e 38, respectivamente), o valor máximo encontrado foi em dezembro, com 93 táxons. A composição dos grupos nos meses de abril a outubro foi parecida, com predomínio de Chlorophyceae e Bacillariophyta e Cianobactéria, já nos meses de dezembro e janeiro as classes

Euglenophyceae e Zygnemaphyceae contribuíram com um numero maior de representantes.

A riqueza do rio Água do Norte foi constante, com valores variando de 54 (janeiro) a 67 (setembro). Os táxons pertencentes às classes Chlorophyceae e Euglenophyceae estiveram representados durante todo o período.

O rio Sorocamirim teve a maior riqueza quando em todas as campanhas, com a riqueza por grupo similar ao longo de todo período.

No rio São Miguel Arcanjo foi observado os menores valores de riqueza, com o predomínio de representantes da classe Euglenophyceae nos meses de fevereiro e dezembro e Chlorophyceae nas demais campanhas.

4.4.3. Diversidade e Equitabilidade

Os resultados de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplânctonica encontram-se organizados na tabela 25.

Os maiores valores de diversidade e equitabilidade foram encontrados no Rio Atibaia, assim como também o menor coeficiente de variação destes índices, mostrando a pouca variação ao longo do período.

O valor da diversidade variou de 3,69 bits/mL, encontrados no rio Piracicaba na campanha de setembro, até valor mínimo de 0,57bits/ind., encontrado no Rio Jundiaí-Mirim no mês de agosto. As maiores diferenças deste índice ao longo do período foram encontradas no Rio Jundiaí-Mirim, onde o coeficiente de variação foi de 43%.

A equitabilidade variou de 0,99, registrada no Rio Atibaia no mês de julho, até os 0,21 registrados no Rio Jundiaí-Mirim no mês de agosto. A maior variação

da equitabilidade também foi encontrada no Rio Jundiá-Mirim, onde foi registrado o valor de 35% no coeficiente de variação.

Tabela 25: Valores médios, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV %) dos resultados dos Índices de Diversidade (H') e Equitabilidade (E') para os rios avaliados durante o período do estudo.

	Diversidade (H')			Equitabilidade (E')		
	Media	DP	CV (%)	Media	DP	CV (%)
Rio Atibaia	3,12	0,25	8	0,88	0,07	7
Rio Piracicaba (Captação Piracicaba)	2,96	0,42	14	0,82	0,06	7
Rio Piracicaba (Captação Americana)	2,41	0,54	23	0,75	0,10	13
Rio Corumbataí	2,50	0,52	21	0,74	0,13	17
Rio Jundiá-mirim	1,88	0,81	43	0,63	0,22	35
Rio Água do Norte	2,01	0,34	17	0,63	0,06	10
Rio Sorocamirim	2,67	0,72	27	0,77	0,16	20
Rio São Miguel Arcanjo	1,32	0,32	24	0,53	0,13	24

4.5. Índices de qualidade da água

4.5.1. Índice de estado trófico - IET

Na tabela 26 estão apresentados os resultados de IET para os rios do estudo. É possível observar a variação sazonal da classificação dos índices em todos os rios, e o aspecto geral de qualidade do rio é dado pela média anual da avaliação.

Foram considerados oligotróficos os rios Corumbataí e Sorocamirim, porém nos meses de julho e novembro o rio Corumbatái foi considerado supereutrófico. O rio sorocamirim foi que apresentou menor variação, sendo considerado mesotrófico em janeiro, julho e novembro.

Os rios classificados como mesotróficos foram o Atibaia e o Piracicaba em Americana. Porém foram considerados como eutrófico no mês de setembro no rio Atibaia e nos meses de maio a novembro no trecho do Piracicaba.

A classificação supereutrífica foi atribuída aos rios Piracicaba no trecho de Piracicaba e o rio Jundiá-Mirim.

Tabela 26: Resultados de IET para os rios avaliados durante o ano de 2009 ($IET \leq 47$ = Ultraoligotrófico / $47 < IET \leq 52$ = Oligotrófico / $52 < IET \leq 59$ = Mesotrófico / $59 < IET \leq 63$ = Eutrófico / $63 < IET \leq 67$ = Supereutrófico / $IET > 67$ = Hiperetrófico)

	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV	Média	Classificação
Rio Atibaia	40	55	54	52	60	57	53	Mesotrófico
Rio Piracicaba (Captação Piracicaba)	69	39	64	70	67	65	62	Eutrófico
Rio Piracicaba (Captação Americana)	39	56	60	61	60	64	57	Mesotrófico
Rio Corumbataí	39	40	53	60	38	65	49	Oligotrófico
Rio Água do Norte	55	52	77	71	71	67	65	Supereutrófico
Rio Sorocamirim	56	34	52	56	34	55	48	Oligotrófico
	FEV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ		
Rio Jundiá-Mirim	58	58	64	61	58	67	61	Eutrófico
Rio São Miguel Arcanjo	63	56	72	67	70	65	66	Supereutrófico

4.5.2. Índice de proteção da vida aquática - IVA

A avaliação dos rios segundo a classificação do IVA consta na tabela 27.

Tabela 27: Resultados de IVA para os rios avaliados durante o ano de 2009 ($IVA \leq 2,5$ = Ótima / $2,6 \leq IVA \leq 3,3$ = Boa / $3,4 \leq IVA \leq 4,5$ = Regular / $4,6 \leq IVA \leq 6,7$ = Ruim / $IVA > 6,8$ = Péssima)

	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV	Media	Classificação
Rio Atibaia	1,7	3,2	4,4	2,2	4,2	3,2	3,2	Boa
Rio Piracicaba (Captação Piracicaba)	7,4	2,9	7,6	8,6	8,6	7,6	7,1	Péssima
Rio Piracicaba (Captação Americana)	2,9	5,6	5,4	4,2	4,2	6,4	4,8	Ruim
Rio Corumbataí	1,7	1,7	3,2	4,2	2,9	6,4	3,4	Regular
Rio Água do Norte	5,6	2,2	6,2	8,6	6,2	5,2	5,7	Ruim
Rio Sorocamirim	4,4	2,9	3,2	3,2	1,7	4,4	3,3	Boa
	FEV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ		
Rio São Miguel Arcanjo	6,4	4,4	6,2	---	---	5,2	5,6	Ruim

Considerando a média anual do índice, os rios Atibaia e Sorocamirim foram considerados de boa qualidade. O rio Corumbataí foi considerado como regular. A classificação ruim foi dada aos rios Piracicaba em Americana, Água do Norte e São Miguel Arcanjo, principalmente pelos valores baixos de oxigênio dissolvido e elevados de fósforo do rio Piracicaba e os valores elevados de

4.6. Análise de componentes Principais - ACP

A Análise de Componentes Principais ACP com as variáveis ambientais (Figura 16) resumiu nos dois primeiros eixos 66,6% de explicabilidade da variabilidade total do sistema, sendo 36,8% no primeiro eixo e 29,8% no segundo eixo (Tabela 29).

Tabela 29: Coeficientes de correlação de Pearson e Kendall entre as variáveis físicas e químicas da água e os dois primeiros eixos da ordenação para o período do estudo (N = 48)

Variável	Componentes principais		
	Abreviações	Eixo 1	Eixo 2
Condutividade	Cond	0,916	-0,051
DBO	DBO	0,622	-0,726
Carbono Orgânico Dissolvido	COD	0,595	-0,684
Fósforo Total	P	0,488	0,621
Nitrogênio Total Kjeldahl	NTK	0,637	-0,064
Nitrito	NO2	0,578	0,571
Oxigênio Dissolvido	OD	-0,585	-0,184
Coliformes termotolerantes	Coli	0,646	0,546
Clorofila a	Clor	0,469	-0,774
Total de explicabilidade		36,80%	29,80%

As unidades amostrais foram identificadas de acordo com o rio: Atibaia (ATIB), Piracicaba em Piracicaba (PCP), Piracicaba em Americana (PCAM), Corumbataí (CRUM), Jundiaí-Mirim (JUMI), Água do Norte (ANOR), Sorocamirim (SORO) e São Miguel Arcanjo (SMIG). E os números de 1 a 6 ao lado da sigla do rio correspondem a sequência das campanhas (bimestral) ao longo do ano.

Os rios Piracicaba (Piracicaba), e Água do Norte em todas as campanhas foram claramente separados dos outros rios no lado positivo do eixo 1, principalmente pelos parâmetros Condutividade, NTK, DBO, Coliformes termotolerantes, Nitrito e Fósforo e baixo valores de oxigênio dissolvido, mostrando que são os rios mais comprometidos tanto com relação a carga

orgânica quanto a eutrofização. Algumas campanhas do Rio Piracicaba em Americana e Corumbataí também já apresentam forte correlação com estes parâmetros. Do lado negativo do eixo 1 ficaram os outros rios do estudo e em todas as campanhas, agrupados principalmente pelos valores mais elevados de oxigênio dissolvido. É possível notar que não houve uma separação significativa da sazonalidade dentro do mesmo rio.

O eixo 2 foi formado principalmente pelos parâmetros Clorofila *a*, DBO e COD no lado negativo e Fósforo, Nitrito e Coliformes no lado positivo. O eixo 2 separou os rios Piracicaba (Piracicaba) e Água do Norte agrupados pelo eixo I, mostrando uma correlação maior da densidade do fitoplâncton com a carga orgânica do que com a disponibilidade de nutrientes.

A Análise de Componentes Principais ACP com as espécies descritoras (Figura 17) resumiu nos dois primeiros eixos 44,6% de explicabilidade da variabilidade total do sistema, sendo 24,1% no primeiro eixo e 20,5% no segundo eixo (Tabela 30).

Tabela 30: Coeficientes de correlação de Pearson e Kendall entre as espécies descritoras da comunidade com base na densidade e os dois primeiros eixos da ordenação para o período do estudo (N = 48)

Espécies	Componentes principais		
	Abreviações	Eixo 1	Eixo 2
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	AUGA	-0,588	0,218
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i>	AUGG	-0,693	0,235
<i>Aulacoseira</i> sp	AUSP	0,067	-0,557
<i>Aulacoseira</i> sp1	AUS1	-0,756	0,336
<i>Chlorella minutissima</i>	CLMI	0,458	0,571
<i>Chlorella vulgaris</i>	CLVU	-0,005	0,421
<i>Choricystis minor</i>	CHMI	0,37	0,493
<i>Coelosphaerium</i> sp	CSSP	-0,766	0,344
<i>Cryptomonas erosa</i>	CPER	-0,831	0,351
<i>Cryptomonas marsonii</i>	CPMA	-0,637	0,256
<i>Cylindrospermopsis/Raphidiopsis</i> sp	CYRA	0,058	-0,492
<i>Dinobryon divergens</i>	DNDI	0,071	-0,434
<i>Monoraphidium contortum</i>	MOCO	0,547	0,652
<i>Monoraphidium griffithii</i>	MOGR	0,506	0,690
<i>Monoraphidium nanum</i>	MONA	0,505	0,696
<i>Peridinium</i> sp	PESP	0,057	-0,465
<i>Raphidiopsis</i> sp	RASP	0,076	-0,415
<i>Sphaerocavum</i> cf. <i>brasiliense</i>	SPCB	-0,753	0,315
<i>Trachelomonas curta</i> var. <i>minima</i>	TRMI	0,359	0,485
<i>Trachelomonas volvocina</i>	TRVO	0,082	-0,424
Total de explicabilidade		24,10%	20,50%

Figura 16: Ordenação biplot, pela ACP, das unidades amostrais (pontos e campanhas) e das variáveis físicas e químicas significativas: eixos 1 e 2. As unidades amostrais foram identificadas de acordo com o rio: Atibaia (ATIB), Piracicaba em Piracicaba (PCP), Piracicaba em Americana (PCAM), Corumbataí (CRUM), Jundiá-Mirim (JUMI), Água do Norte (ANOR), Sorocamirim (SORO) e São Miguel Arcanjo (SMIG). Os números de 1 a 6 correspondem a sequência das campanhas ao longo do ano. As abreviações das variáveis ambientais estão na tabela 29.

Figura 17: Ordenação biplot, pela ACP, das unidades amostrais (pontos e campanhas) e das espécies descritoras: eixos 1 e 2. As unidades amostrais foram identificadas de acordo com o rio: Atibaia (ATIB), Piracicaba em Piracicaba (PCP), Piracicaba em Americana (PCAM), Corumbataí (CRUM), Jundiá-Mirim (JUMI), Água do Norte (ANOR), Sorocamirim (SORO) e São Miguel Arcanjo (SMIG). Os números de 1 a 6 correspondem a sequência das campanhas ao longo do ano. As abreviações das espécies estão na tabela 30.

As espécies descritoras foram importantes para o agrupamento de três dos rios avaliados. O Rio Água do Norte foi agrupado no lado positivo do eixo 1, principalmente pelas espécies de Chlorophyceae chlorococcales *Monoraphidium contortum*, *Monoraphidium griffithii*, *Monoraphidium nanum*, *Chlorella minutissima* e *Choricystis minor*, e de Euglenophyceae *Trachelomonas curta* var. *minima*. Do lado negativo do eixo 1 o rio Piracicaba em Americana foi separado principalmente pela espécies de diatomáceas centricas *Aulacoseira*

granulata var. *granulata*, *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, *Aulacoseira* sp1, Cryptophyceae *Cryptomonas erosa* e *Cryptomonas marsonii* e Cyanobacteria *Coelosphaerium* sp e *Sphaerocavum* cf. *brasiliense*.

O eixo 2 separou principalmente o rio Jundiaí-Mirim do lado negativo por espécies pertencentes à diversos grupos, *Dinobryon divergens*, *Aulacoseira* sp, *Trachelomonas volvocina*, *Peridinium* sp, *Cylindrospermopsis/Raphidiopsis* sp e *Raphidiopsis* sp.

4.7. Análise de Correspondência Canônica - ACC

Foi realizada uma análise de correspondência canônica integrando os dados biológicos e os ambientais (Figura 18 e 19), os resultados da ACC estão resumidos na tabela 31. Na presente análise a explicabilidade da distribuição das espécies frente aos resultados físico-químicos mais significativos foi de 28,2%, acumulada no terceiro eixo da ordenação. Esta porcentagem de explicabilidade (abaixo de 50%) é considerada comum para este tipo de análise que relaciona espécie e ambiente, uma vez que há diversas fontes de variação não controladas, especialmente dentro do próprio ambiente aquático (TER BRAAK 1990 apud CARVALHO, 2003).

Tabela 31: Resultados da Análise de Correspondência Canônica entre os dados biológicos e ambientais para os pontos avaliados em todas as campanhas do ano (N=48).

Eixos canônicos	1	2	3	Inércia total
Autovalores	0,386	0,28	0,128	2,814
% explicabilidade acumulada	13,7	23,7	28,2	---
Correlação de Pearson espécie-ambiente	0,891	0,759	0,763	---

O eixo 1 foi formado principalmente pelas variáveis DBO, carbono orgânico dissolvido, Clorofila *a*, condutividade e nitrogênio total kjeldahl do lado negativo e o oxigênio dissolvido no lado positivo, que mostra um gradiente espacial

O eixo 2 é formado principalmente pelos resultados de Fósforo e Nitrito do lado negativo e oxigênio dissolvido do lado positivo. Desta forma separa em um

gradiente espacial os rios Piracicaba (Americana) e Corumbataí, com maiores valores de fósforo e nitrito relacionados à abundância de algumas espécies de Cryptophyceae, Cyanobacteria e Bacillariophyta.

Tanto nos eixos 1 e 2 os rios Jundiá-Mirim, Atibaia, Sorocamirim e São Miguel Arcanjo que foram associados aos maiores valores de oxigênio dissolvido e menores resultados de Fósforo e carga orgânica, as espécies associadas a esta situação foram pertencentes a diferentes grupos taxonômicos como Bacillariophyta (diatomáceas), Chrysophyceae, Cyanobacteria, Euglenophyceae e Dinophyceae, e neste caso a sazonalidade também não ficou evidenciada na ordenação canônica.

Figura 19: Espécies e vetores da ordenação pela ACC das unidades amostrais, gerada a partir de nove variáveis ambientais (tabela 25) e 20 espécies descritoras (tabela 26). As unidades amostrais foram identificadas de acordo com o rio: Atibaia (ATIB), Piracicaba em Piracicaba (PCP), Piracicaba em Americana (PCAM), Corumbataí (CRUM), Jundiaí-Mirim (JUMI), Água do Norte (ANOR), Sorocamirim (SORO) e São Miguel Arcanjo (SMIG). Os números de 1 a 6 correspondem às campanhas ao longo do ano.

4.8. Proposta de alterações no Índice da comunidade fitoplanctônica para rios – ICF_{rios}

Foram testadas modificações nos atributos que compõem as ponderações do Índice da comunidade fitoplanctônica (ICF) e os resultados do novo índice foram comparados com os outros índices de qualidade da água (IVA, IET) e com o ICF já aplicado para comparação e avaliação. Como no índice IVA, procurou organizar os resultados das ponderações do ICF_{rios} em cinco classes de qualidade (Ótima, Boa, Regular, Ruim, Péssima).

Atributo da densidade de organismos

Os resultados de densidade total de organismos nos rios foram listados e organizados em ordem crescente, e foi observado que em 77% do total de amostras avaliadas a densidade total esteve abaixo de 1000 organismos/mL, ou seja, estava atribuindo a categoria Ótima a este atributo do índice ICF.

Com isso foram feitos ranges para agrupar os dados de densidade total de organismos encontrados de modo a testar uma nova combinação para ambientes lóticos, visto que de maneira geral a densidade de organismos tende a ser menor em rios. Os ranges estabelecidos são apresentados na tabela 32.

Tabela 32: Ranges de densidade total de organismos da comunidade fitoplanctônica dos rios avaliados em 2009 e ponderação associada ao resultado

Ranges de Densidade	Numeros de amostras	% do total	Classificação Atribuída
Menor que 100 organismos	6	13	Ótima
Entre 100 e 500 organismos	23	48	Boa
Entre 500 e 1000 organismos	8	17	Regular
Entre 1000 e 5000 organismos	4	8	Ruim
Maior que 5000 organismos	7	15	Péssima

Atributo de dominancia

O atributo de dominância entre os grupos do fitoplâncton que compõem o ICF foi avaliado separadamente para os resultados. Foi identificado que em 50% do total dos resultados, havia a efetiva dominância de um grupo de alga e/ou cianobactéria (densidade do grupo $> 50\%$).

Nos dados em que não havia a relação de dominância foi observado que ocorreram grupos abundantes, de forma que em todas as campanhas do estudo (48), a relação de abundancia de algum grupo estava presente, ou seja, que a densidade total do grupo era maior que as densidades médias encontradas. E em 35% do total dos resultados, a densidade relativa estava próxima ao critério que determina a dominância do grupo, entre 37% e 49% da densidade (dominancia $> 50\%$). Desta forma foi testada também a alteração deste critério de classificação no índice, usando a abundancia de um dado grupo, ao invés da dominância, como um atributo para a ponderação dos resultados. O resultado da abundancia associados ao grupo predominante foi agrupado nas cinco classes de qualidade conforme descrito na tabela 33.

Atributo dos grupos

Também foram testadas alterações nos grupos predominantes do fitoplâncton que formam as ponderações do índice ICF. Para isso o grupo predominante, já seguindo o critério de abundância, foi listado e comparado em cada uma das campanhas e em todos os rios, com a classificação dos índices IET e IVA e com os parâmetros de qualidade da água relacionados como importantes pelas análises estatísticas e que não entraram na composição dos índices IET e IVA, a DBO e Coliformes termotolerantes.

Tabela 33: Comparação dos grupos predominantes com a classificação dos Índices IET e IVA e os parâmetros DBO, e Coliformes termotolerantes. (ATIB = Atibaia, PCP = Piracicaba em Piracicaba, PCAM = Piracicaba em Americana, CRUM = Corumbataí, JUMI = Jundiaí-Mirim, ANOR = Água do Norte, SORO = Sorocamirim, SMIG = São Miguel Arcanjo) em todas as campanhas (1 a 6).

Campanhas	Grupo predominante	Classificação do IET	Classificação do IVA	DBO (mg/L)	Coliformes termotolerantes UFC/100mL
ATIB1	Chlorophyceae	Ultraoligotrófico	Ótimo	3	5900
ATIB2	Coscinodiscophyceae	Mesotrófico	Bom	4	24000
ATIB3	Bacillariophyceae	Mesotrófico	Regular	4	3600
ATIB4	Chlorophyceae	Mesotrófico	Ótimo	2	3900
ATIB5	Chrysophyceae	Eutrófico	Regular	6	51000
ATIB6	Chlorophyceae	Mesotrófico	Bom	4	1100
PCP1	Cyanobacteria	Hipereutrófico	Péssimo	6	56000
PCP2	Cyanobacteria	Ultraoligotrófico	Bom	5	21000
PCP3	Cyanobacteria	Supereutrófico	Péssimo	5	44000
PCP4	Cyanobacteria	Hipereutrófico	Péssimo	9	66000
PCP5	Chlorophyceae	Hipereutrófico	Péssimo	5	86000
PCP6	Chlorophyceae	Supereutrófico	Péssimo	7	36000
PCAM1	Cyanobacteria	Ultraoligotrófico	Bom	5	5300
PCAM2	Cyanobacteria	Mesotrófico	Ruim	3	2600
PCAM3	Cyanobacteria	Eutrófico	Ruim	< 3	2000
PCAM4	Cyanobacteria	Eutrófico	Regular	3	1900
PCAM5	Cyanobacteria	Eutrófico	Regular	3	2600
PCAM6	Cyanobacteria	Supereutrófico	Ruim	5	6100
CRUM1	Coscinodiscophyceae	Ultraoligotrófico	Ótimo	3	3500
CRUM2	Chlorophyceae	Ultraoligotrófico	Ótimo	3	4000
CRUM3	Cyanobacteria	Mesotrófico	Bom	3	900
CRUM4	Chlorophyceae	Eutrófico	Regular	4	2600
CRUM5	Chlorophyceae	Ultraoligotrófico	Ótimo	6	4500
CRUM6	Chlorophyceae	Supereutrófico	Ruim	8	9200
JUMI1	Dinophyceae	Mesotrófico	---	<2	880
JUMI2	Cyanobacteria	Mesotrófico	---	<2	60
JUMI3	Cyanobacteria	Supereutrófico	---	2	24
JUMI4	Cyanobacteria	Eutrófico	---	<2	55
JUMI5	Coscinodiscophyceae	Mesotrófico	---	<2	540
JUMI6	Chlorophyceae	Supereutrófico	---	<2	232
ANOR1	Euglenophyceae	Mesotrófico	Ruim	21	6200
ANOR2	Euglenophyceae	Mesotrófico	Ótimo	6	4900
ANOR3	Chlorophyceae	Hipereutrófico	Ruim	75	4300
ANOR4	Chlorophyceae	Hipereutrófico	Péssimo	42	1800
ANOR5	Coscinodiscophyceae	Hipereutrófico	Ruim	5	332
ANOR6	Chlorophyceae	Supereutrófico	Ruim	9	180
SORO1	Coscinodiscophyceae	Mesotrófico	Regular	< 2	1240
SORO2	Euglenophyceae	Ultraoligotrófico	Bom	< 2	5900
SORO3	Coscinodiscophyceae	Oligotrófico	Bom	< 2	460
SORO4	Cryptophyceae	Mesotrófico	Bom	2	196

Continuação da Tabela 33: Comparação dos grupos predominantes com a classificação dos Índices IET e IVA e os parâmetros DBO e Coliformes termotolerantes. (ATIB = Atibaia, PCP = Piracicaba em Piracicaba, PCAM = Piracicaba em Americana, CRUM = Corumbataí, JUMI = Jundiaí-Mirim, ANOR = Água do Norte, SORO = Sorocamirim, SMIG = São Miguel Arcanjo) em todas as campanhas (1 a 6).

SORO5	Chlorophyceae	Ultraoligotrófico	Ótimo	< 2	3960
SORO6	Chlorophyceae	Mesotrófico	Regular	5	1880
SMIG1	Cyanobacteria	Eutrófico	Ruim	2	6600
SMIG2	Cyanobacteria	Mesotrófico	Regular	3	2200
SMIG3	Chlorophyceae	Hipereutrófico	Ruim	4	1900
SMIG4	Chlorophyceae	Supereutrófico	---	3	13000
SMIG5	Chlorophyceae	Hipereutrófico	---	8	7900
SMIG6	Cyanobacteria	Supereutrófico	Ruim	2	5600

Para estes os parâmetros DBO e Coliformes termotolerantes os valores foram comparados com o padrão estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005, para avaliar a qualidade da água em cada campanha, frente ao grupo predominante. Buscou-se refinar o nível da classificação taxonômica na composição do ICF_{rios}.

O grupo das diatomáceas foi separado pelas classes taxonômicas (Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae e Fragilariophyceae) levando em conta os resultados obtidos. O grupo dos flagelados foi ampliado para as classes Cryptophyceae e Dinophyceae e a abundância de Cyanobacteria foi colocada no nível de qualidade Péssimo, seguindo as cinco classes de qualidade que foram propostas para o índice.

O grupo então foi associado à classificação em que sua ocorrência predominou, para a composição da nova proposta do índice, conforme tabela 34.

Atributo do IET

A classificação do Índice de Estado Trófico foram agrupadas nas cinco categorias de qualidade propostas para a composição do ICF_{rios}. As categorias

Ultraoligotrófica e Oligotrófica permaneceram atribuídas à classe de qualidade Ótima do ICF_{rios} . A classificação Mesotrófico permaneceu atribuída à classificação Boa do ICF_{rios} , Eutrófico atribuída à Regular, Supereutrófico atribuída à Ruim, e foi adicionado a categoria Hipereutrófico, atribuída à classificação Péssima no ICF_{rios} , conforme tabela 34.

ICF_{rios}

Na tabela 34 é apresentada a proposta do índice de comunidade fitoplanctônica para rios. E a aplicação do ICF_{rios} nas campanhas do estudo é apresentada na tabela 35.

Tabela 34: Proposta do Índice da Comunidade Fitoplanctônica para aplicação em rios

Índice da Comunidade Fitoplanctônica em rios – ICF_{rios}		
Categoria	Ponderação	Níveis
Ótima	1	Não há grupo abundante (Densidade do grupo > que densidade média encontrada) Densidade total ≤ 100 org/mL $IET \leq 52$
Boa	2	Desmidiaceas (Zygnemaphyceas) ou Diatomáceas centricas (Coscinodiscophyceae) são os grupos mais abundantes Densidade total > 100 e ≤ 500 org/mL $52 < IET \leq 59$
Regular	3	Clorofíceas (Chlorococcales) ou Diatomáceas penadas (Bacillariophyceae ou Fragilariophyceae) são os grupos mais abundantes Densidade total > 500 e ≤ 1000 org/mL $59 < IET \leq 63$
Ruim	4	Flagelados (Cryptophyceae, Dinophyceae ou Euglenophyceae) são os grupos mais abundantes Densidade total > 1000 e ≤ 5000 org/mL $63 < IET \leq 67$
Péssimo	5	Cianobactéria é o grupo mais abundante Densidade total > 5000 org/mL $67 < IET$

Ao testar o novo índice, foram observadas algumas mudanças de categorias de qualidade da água (Tabela 36). É possível notar que os resultados do ICF_{rios} acompanharam em mais ocasiões os resultados do IET e IVA, do que o ICF inicialmente aplicado.

Tabela 35: Resultados do ICF_{rios} aplicados nos rios avaliados durante o ano de 2009 (1 = Ótima / 2 = Boa / 3 = Regular / 4 = Ruim / 5 = Péssima)

	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV	Média	Classificação
Rio Atibaia	2	2	2	2	3	2	2	Boa
Rio Piracicaba (Captação Piracicaba)	4	2	4	4	4	3	4	Ruim
Rio Piracicaba (Captação Americana)	2	3	4	3	3	4	3	Regular
Rio Corumbataí	2	2	3	3	2	3	3	Regular
Rio Água do Norte	4	3	4	4	4	4	4	Ruim
Rio Sorocamirim	2	2	2	3	2	2	2	Boa
	FEV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ		
Rio Jundiá-Mirim	3	3	4	4	2	3	3	Regular
Rio São Miguel Arcanjo	3	4	4	4	4	4	4	Ruim

Para a avaliação do gradiente espacial em relação aos rios estudados foi feita uma análise de componentes principais com os resultados dos índices de qualidade da água. Foi incluída na análise o ICF_{rios} e separadamente a classificação das métricas de densidade e grupo abundante que compõe o índice. É importante destacar que os dados dos índices não foram transformados previamente, apenas correlacionados qualitativamente para avaliar a similaridade da classificação final (Figura 20).

O eixo 1 separou os rios classificados como os de pior qualidade para o lado positivo do eixo e os de melhor para o lado negativo, resumindo boa parte do que foi apontado neste estudo. É importante observar como os índices ICF, IET e ICF_{rios} agrupam os rios de forma semelhante, e a métrica de densidade separada estabelecida no ICF_{rios} também acompanhou para a mesma classificação.

Tabela 36: Comparação da classificação de qualidade dos rios avaliados com os índices ICF, IET, IVA E ICF_{rios} aplicados (ATIB = Atibaia, PCP = Piracicaba em Piracicaba, PCAM = Piracicaba em Americana, CRUM = Corumbataí, JUMI = Jundiá-Mirim, ANOR = Água do Norte, SORO = Sorocamirim, SMIG = São Miguel Arcanjo) em todas as campanhas (1 a 6).

Campanhas	Classificação do ICF	Classificação do IET	Classificação do IVA	Classificação do ICF _{rios}
ATIB1	Ótimo	Ultraoligotrófico	Ótimo	Bom
ATIB2	Ótimo	Mesotrófico	Bom	Bom
ATIB3	Bom	Mesotrófico	Regular	Bom
ATIB4	Ótimo	Mesotrófico	Ótimo	Bom
ATIB5	Bom	Eutrófico	Regular	Regular
ATIB6	Ótimo	Mesotrófico	Bom	Bom
PCP1	Regular	Hipereutrófico	Péssimo	Ruim
PCP2	Ótimo	Ultraoligotrófico	Bom	Bom
PCP3	Ruim	Supereutrófico	Péssimo	Ruim
PCP4	Ruim	Hipereutrófico	Péssimo	Ruim
PCP5	Bom	Hipereutrófico	Péssimo	Ruim
PCP6	Bom	Supereutrófico	Péssimo	Regular
PCAM1	Bom	Ultraoligotrófico	Bom	Bom
PCAM2	Bom	Mesotrófico	Ruim	Regular
PCAM3	Regular	Eutrófico	Ruim	Ruim
PCAM4	Bom	Eutrófico	Regular	Regular
PCAM5	Bom	Eutrófico	Regular	Regular
PCAM6	Bom	Supereutrófico	Ruim	Ruim
CRUM1	Ótimo	Ultraoligotrófico	Ótimo	Bom
CRUM2	Ótimo	Ultraoligotrófico	Ótimo	Bom
CRUM3	Bom	Mesotrófico	Bom	Regular
CRUM4	Bom	Eutrófico	Regular	Regular
CRUM5	Bom	Ultraoligotrófico	Ótimo	Bom
CRUM6	Bom	Supereutrófico	Ruim	Regular
JUMI1	Ótimo	Mesotrófico	---	Regular
JUMI2	Ótimo	Mesotrófico	---	Regular
JUMI3	Regular	Supereutrófico	---	Ruim
JUMI4	Regular	Eutrófico	---	Ruim
JUMI5	Bom	Mesotrófico	---	Bom
JUMI6	Bom	Supereutrófico	---	Regular
ANOR1	Regular	Mesotrófico	Ruim	Ruim
ANOR2	Regular	Mesotrófico	Ótimo	Regular
ANOR3	Ruim	Hipereutrófico	Ruim	Ruim
ANOR4	Ruim	Hipereutrófico	Péssimo	Ruim
ANOR5	Regular	Hipereutrófico	Ruim	Ruim
ANOR6	Regular	Supereutrófico	Ruim	Ruim
SORO1	Ótimo	Mesotrófico	Regular	Bom
SORO2	Ótimo	Ultraoligotrófico	Bom	Bom
SORO3	Ótimo	Oligotrófico	Bom	Bom
SORO4	Ótimo	Mesotrófico	Bom	Regular
SORO5	Bom	Ultraoligotrófico	Ótimo	Bom
SORO6	Ótimo	Mesotrófico	Regular	Bom
SMIG1	Regular	Eutrófico	Ruim	Regular
SMIG2	Regular	Mesotrófico	Regular	Ruim
SMIG3	Regular	Hipereutrófico	Ruim	Ruim
SMIG4	Regular	Supereutrófico	---	Ruim
SMIG5	Regular	Hipereutrófico	---	Ruim
SMIG6	Regular	Supereutrófico	Ruim	Ruim

Figura 20: Ordenação biplot, pela ACP, das unidades amostrais (pontos e campanhas) e o índices de qualidade de água aplicados (ICF, IET, IVA, ICFrios, Densidade do ICF rios e Classificação do grupo abundante do ICFrios) : eixos 1 e 2. As unidades amostrais foram identificadas de acordo com o rio: Atibaia (ATIB), Piracicaba em Piracicaba (PCP), Piracicaba em Americana (PCAM), Corumbataí (CRUM), Jundiaí-Mirim (JUMI), Água do Norte (ANOR), Sorocamirim (SORO) e São Miguel Arcanjo (SMIG). Os números de 1 a 6 correspondem às campanhas ao longo do ano.

O eixo 2 agrupou no lado negativo os maiores valores dos grupos mais abundantes estabelecidos no ICFrios, e é possível observar que separou os rios Sorocamirim, Jundiaí-Mirim, considerados de melhor qualidade, do rio Piracicaba que apresentou maior correlação com os piores resultados do IVA na formação do eixo 2.

5. DISCUSSÃO

Os indicadores biológicos são ferramentas acuradas, e conforme o nível de identificação pretendido, podem ser de custo acessível em estudos de avaliação sanitária e monitoramento da qualidade da água. Os estudos com fitoplâncton em ecossistemas lóticos são escassos e a utilização de índices relacionados ao diagnóstico com base nesta comunidade necessita de aprimoramentos. Além disso, alguns organismos dessa comunidade, como Cianobacteria, constituem um grupo de grande interesse sanitário, pelo seu potencial de produção de toxinas e sua dinâmica deve ser conhecida e monitorada em todos mananciais que se destinam ao abastecimento público, conforme Portaria MS 2914/2011.

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar e discutir o aprimoramento na aplicação do índice da comunidade fitoplânctonica (ICF) em rios. Assim foi realizada uma caracterização dos ambientes, sob os aspectos físicos, químicos e biológicos e discutidos aspectos da comunidade fitoplânctônica com propostas para alteração do ICF com base nos resultados.

5.1 Dados hidrometeorológicos

Precipitação

A precipitação atua como um importante fator diluidor e perturbador sobre a comunidade fitoplânctonica (CARVALHO, 2003), além disso, é um fator regulador da vazão do rio.

Naturalmente a concentração total de íons de um rio resulta da interação da chuva e a lavagem do solo na bacia drenagem (PAYNE, 1986). Porém em rios

com influências de áreas urbanas ou agrícolas esta composição é fortemente influenciada pela atividade de uso e ocupação do solo na bacia.

Os dados de precipitação de todos os rios foram semelhantes, onde o período mais seco foi registrado entre os meses de abril e setembro, e o período chuvoso entre os meses de outubro e março.

Os resultados são compatíveis com a classificação de Köppen que considera o clima da região como tropical e subtropical, com o verão quente e chuvoso e o inverno seco e ameno.

Ao comparar os dados de precipitação no ano de 2009 com a média histórica, é possível observar que o ano de 2009 foi um ano atípico com uma elevada precipitação.

Vazão

A vazão é considerada um dos principais fatores reguladores do fitoplâncton que habita os rios, especialmente quando comparamos diferentes rios e as variações sazonais dentro do mesmo rio (CHÉTELAT et. al. 2006; REYNOLDS, 1996). As características físicas e químicas da água também são influenciadas diretamente pela vazão.

Nos rios avaliados, a vazão apresentou uma clara sazonalidade acompanhando diretamente os dados de precipitação e afetando alguns dos resultados físico-químicos, principalmente a temperatura, turbidez, e a densidade do Fitoplâncton em alguns locais.

Nos rios Piracicaba, Corumbataí, Jundiá-Mirim, Água do Norte, Sorocamirim e São Miguel Arcanjo, as maiores densidades do Fitoplâncton foram encontradas no período de menor vazão dos rios. Apenas no Rio Atibaia a densidade não

foi alterada significativamente com a época do ano, porém é importante observar que os resultados de densidade foram baixos o ano todo.

Uma maior densidade do Fitoplâncton em épocas de seca ou de baixa vazão é esperada em ambientes lóticos, e foram encontrados em diversos trabalhos que avaliaram a dinâmica do fitoplâncton em rios no Brasil (RODRIGUES et. al. 2009, RODRIGUES et al. 2007; SILVA et. al. 2001) e na Argentina (DEVERCELLI, 2006; GARCIA de EMILIANE, 1990). Entretanto em alguns casos este não é o principal fator para a variação sazonal da densidade, podendo estar associado ao tamanho do rio e a disponibilidade de nutrientes (CHÉTELAT et. al. 2006), e a densidade pode inclusive aumentar em período de cheia devido ao incremento dos inóculos oriundos de lagoas marginais e reservatórios localizados ao longo do rio.

5.2 Resultados físico-químicos e biológicos

Temperatura

Diversos fatores influenciam a temperatura de águas superficiais, tais como a latitude, altitude, estação, hora do dia, circulação de ar, fluxo e profundidade do corpo d'água (CETESB, 2010). A temperatura por sua vez influência nos processos biológicos, reações químicas e bioquímicas dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998).

No presente estudo a temperatura da água foi mais baixa nos períodos de outono e inverno, ou seja, nas campanhas entre os meses de abril e setembro, em todos os rios avaliados, mostrando uma clara variação sazonal deste parâmetro.

CARNEIRO et. al. (2009), também encontrou um forte correlação entre a temperatura da água e os resultados de precipitação anual. Entretanto RODRIGUES et. al. 2009 encontrou baixa variação sazonal da temperatura da água em três rios avaliados na bacia do Rio Paraná.

A amplitude térmica foi maior no rio Atibaia chegando a uma variação de 11 °C dos meses registrados. A menor amplitude foi registrada no rio Piracicaba (Capitação Piracicaba), em que a variação foi de 6 °C.

pH

As comunidades aquáticas e as reações químicas sofrem influencia do pH do meio. Além disso, as algas e cianobactérias podem também interferir nos valores de pH através na assimilação de CO₂ pela fotossíntese (ESTEVES 1998), tornando o meio mais alcalino especialmente em eventos de florações. Enquanto outros processos biológicos podem tornar o meio mais ácido, tais como a respiração e decomposição (ESTEVES, 1998).

No presente estudo o pH variou muito pouco em todos os rios, e estiveram sempre em torno de neutro a levemente alcalino, ou seja, adequado para o desenvolvimento dos organismos aquáticos (entre 6 e 9) segundo a resolução CONAMA 357/2005.

Os valores mais elevados de pH no rio Água do Norte (novembro) e São Miguel Arcanjo (fevereiro) parecem não estar associados aos valores de densidade do fitoplâncton, conforme discutido por alguns autores para reservatórios (CARVALHO, 2003; DIAS-LOPES, 2007) , podendo estar relacionado com o aumento da precipitação no período, conforme encontrado

por MATSUZAKI (2007). Os valores de pH foram próximos aos encontrados no trabalho de RODRIGUES et al (2009) para ambientes lóticos.

Condutividade

Quanto maior a quantidade de íons dissolvidos na água maior será o valor de condutividade elétrica, indicando alto grau de decomposição de matéria orgânica (MATSUZAKI, 2004), sendo um ótimo indicador de poluição do meio aquático.

Os resultados de condutividade variaram entre os rios do estudo, os rios Atibaia, Jundiaí-Mirim e Sorocamirim não apresentaram variação sazonal significativa entre as campanhas dentro dos períodos de chuva e seca (Anexo C), da mesma forma que em outros estudos em ecossistemas lóticos (RODRIGUES et. al. 2009; CARNEIRO, 2009) não foram encontradas uma clara variabilidade sazonal da condutividade.

Os rios Piracicaba (os dois pontos), Corumbataí, Água do Norte e São Miguel Arcanjo apresentaram os maiores valores de condutividade entre os meses de menor pluviosidade. CARVALHO (2003) e DIAS-LOPES (2007) encontraram resultados similares em lagos e reservatórios com a qualidade da água comprometida em regiões metropolitanas e relacionaram o aumento da condutividade à concentração dos poluentes devido o período seco. SOARES et. al. (2007) também obteve estes resultados avaliando nos rios Pomba e Paraíbuna no estado de Minas Gerais.

A condutividade foi selecionada pela análise de componentes principais como uma variável estatisticamente significativa. Foi importante para a separação dos rios Piracicaba e Água do Norte como os maiores resultados e foi

associada a altos valores de Nitrogênio Total Kjeldahl. Algumas espécies de Euglenophyceae e Chlorophyceae estiveram associadas a esta situação.

Turbidez

A turbidez é a medida das partículas em suspensão na água, e como interferem na penetração da luz dentro do ambiente aquático, também é um importante fator ambiental para o crescimento e distribuição das algas planctônicas (REYNOLDS, 1996).

No presente estudo a turbidez variou sazonalmente de forma significativa. Quando comparadas as campanhas dentro dos períodos de seca e chuva (Anexo C), os resultados de turbidez de maneira geral são bem menores para o período seco. Isto pode ser explicado pelo aporte de material de origem alóctone durante o período de chuva. Nos estudos de SOARES et. al. (2007) e CARNEIRO et. al. (2009) os resultados de turbidez foram similares ao presente estudo com incremento de turbidez durante o período de chuvas.

Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é o gás mais importante na caracterização de ecossistemas aquáticos. A entrada de OD no ambiente é oriunda da atmosfera, que em rios assume papel importante devido à turbulência, e do processo de fotossíntese. Já o consumo de OD está relacionado principalmente à decomposição da matéria orgânica, perdas para atmosferas, oxidação de íons metálicos e respiração de organismos aquáticos (DIAS-LOPES, 2007).

O OD, entre os rios avaliados, apresentou alguns resultados distintos. Os rios Atibaia e Jundiaí-Mirim apresentaram resultados elevados de OD durante todo

o período. No rio Piracicaba próximo à Piracicaba o OD foi muito baixo o ano todo, indicando uma situação crônica de hipoxia no local. Os rios Piracicaba, em Americana, Corumbataí, Sorocamirim e São Miguel Arcanjo seguiram a mesma tendência geral, com resultados bons nos meses mais secos do ano e uma piora significativa dentro do período chuvoso (Anexo C). SOARES et. al. (2007) encontrou resultados similares, com os maiores valores de OD também no período seco.

Alguns fatores podem explicar esta situação, como a temperatura elevada do período que diminui a solubilidade do gás na água. Além disso, o aporte de matéria orgânica pelo escoamento superficial em eventos de chuva também podem contribuir para a queda deste valor, aumentando a demanda de OD, e finalmente a diluição e consequente diminuição da densidade do Fitoplâncton neste período pode diminuir a contribuição de entrada do oxigênio pelo processo de fotossíntese.

MALLIN et. al. (2006) discutem que ocorrência aguda de hipoxia em rios e riachos geralmente esta associada a fatores alóctones, como descargas de efluentes, períodos de chuva com o escoamento superficial de fontes difusas, como é o caso da maioria dos rios avaliados, porém a hipóxia crônica, como a encontrada no Rio Piracicaba, geralmente é oriunda de fatores autóctones, como a intensa atividade biológica, intensa decomposição do sedimento ou lançamento contínuo de esgotos.

O rio Água do Norte apresentou resultados distintos dos demais, com valor baixo de OD no mês de julho e um valor elevado no mês de novembro. Este último resultado parece estar associado à densidade do fitoplâncton encontrado do local, sendo inclusive as maiores densidades registradas neste

trabalho. Desta forma a contribuição pela fotossíntese e a decomposição da biomassa de algas foi o fator determinante para os valores de OD no local, conforme discutido e constatado por diversos autores (MARGALEF, 1986; ESTEVES, 1998; CARVALHO, 2003; DIAS-LOPES, 2007).

As análises de componentes principais e de correspondência canônica identificaram o OD como uma variável significativa para a separação dos rios Jundiaí-Mirim, Sorocamirim e São Miguel Arcanjo com os melhores índices deste parâmetro e selecionando algumas espécies indicadoras relacionadas a esta situação.

Matéria orgânica

A matéria orgânica no presente estudo foi avaliada por meio do carbono orgânico dissolvido - COD e da DBO. Apesar de diferentes quanto ao método, sensibilidade e objetivo analítico, ambas as variáveis foram utilizadas como indicadoras da disponibilidade de matéria orgânica para o ecossistema aquático e puderam evidenciar o aporte de despejos provenientes de esgotamento sanitário ou atividades industriais. O COD foi usado principalmente para evidenciar a presença de matéria orgânica não biodegradável que não é encontrada nos resultados de DBO, complementando essa avaliação.

No presente estudo os valores de DBO e COD foram considerados baixos durante todo o ano, com alguns aumentos nos meses de julho e setembro no Rio Piracicaba. A única exceção foi o rio Água do Norte que apresentou valores elevados de DBO e COD nos meses de janeiro, maio e julho (tabela 9), porém comparando estes dados com os de densidade de fitoplâncton (tabela 17) é

possível notar que são os meses que tiveram uma elevada densidade de organismos e os resultados também podem estar associados à decomposição da biomassa algal.

Além disso as análises estatísticas de ACP e ACC evidenciaram a separação do rio Água do Norte dos demais, especialmente pelos parâmetros de DBO e COD, sempre associados a altos valores de clorofila *a*, e elevada densidade de espécies de Chlorophyceae da ordem Chlorococcales.

Nutrientes

Os principais nutrientes para o desenvolvimento dos organismos aquáticos são o fósforo e o nitrogênio, comumente chamados de macronutrientes, uma vez que são exigidos em grandes quantidades e por constituírem as moléculas essenciais para os processos biológicos (ESTEVES, 1998).

LAMPARELLI (2004) discute que a concentração basal de nutrientes em rios é normalmente baixa, e por meio de fontes de naturais e antropogênicas há o incremento destes compostos no ambiente aquático favorecendo ou limitando a produtividade do ecossistema.

Os resultados de fósforo total neste estudo estiveram acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 nos rios Atibaia, Piracicaba, Corumbataí, Jundiaí-Mirim e São Miguel Arcanjo em praticamente todas as campanhas. Para os rios Água do Norte e Sorocamirim os valores foram abaixo ou muito próximos ao limite estabelecido. Não houve uma clara sazonalidade entre os resultados de fósforo em todos os pontos. LAMPARELLI (2004) ao avaliar um total de 35 rios entre os anos de 1996 a 2001 no estado de São Paulo, também não encontrou diferença significativa na concentração do

fósforo total entre os períodos de seca e chuva. Entretanto RODRIGUES et. al. (2009) encontraram alta correlação dos resultados da vazão do rio com os resultados de fósforo total em dois rios da bacia do Rio Paraná, indicando uma relação com a sazonalidade.

Com a determinação da série nitrogenada, além da avaliação da disponibilidade do nitrogênio, é possível associar as etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio predominantes (reduzidas e oxidadas). Seguindo a autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (CETESB, 2010).

O nitrogênio foi avaliado na forma de Nitrogênio total Kjeldahl, Nitrogênio amoniacal, Nitrato e Nitrito. Os resultados de todos os rios e em todas as campanhas foram considerados baixos para as formas de nitrogênio. Apesar disso em alguns rios foi possível notar que o Nitrogênio Amoniacal foi um pouco maior nas épocas seca do ano.

Ao contrário do que é estabelecido para lagos e reservatórios, a relação direta entre a densidade da comunidade fitoplânctonica e a disponibilidade de nutrientes para os rios algumas vezes é contraditória na literatura que trata do assunto, conforme já observado por KELLY & WITTON (1998), e parecem variar regionalmente conforme o tamanho e as características hidráulicas do rio estudado. Os trabalhos de DOKULIL (1996) e KISS et. al. (1996) demonstraram que os nutrientes não são fatores limitantes para a concentração de clorofila *a* no Rio Danubio na Austria e Hungaria, e os fatores como vazão e disponibilidade de luz foram os mais importantes na regulação

do crescimento das algas. Mais recentemente, HILTON et. al. (2006) também argumentaram no mesmo sentido, e mostraram que os nutrientes não são os fatores limitantes para o desenvolvimento de algas em rios e que a interação do fluxo hidráulico com a limitação de luz são os principais fatores reguladores dos rios avaliados na Inglaterra. Entretanto CHÉTELAT et. al. (2006) encontraram correlação positiva entre a variação da biomassa de diatomáceas e clorofíceas com a variação anual de fósforo total e não houve correlação dos resultados encontrados com a disponibilidade de luz e o tempo de residência da água para 31 rios estudados no Canadá.

As análises estatísticas de componentes principais e de correspondência canônica separaram o fósforo e as formas de nitrogênio de maneiras distintas. Os resultados de fósforo foram mais relacionados aos resultados de nitrito e elevados valores de coliformes termotolerantes e separou o rio Piracicaba (nos dois pontos) dos demais locais, indicando uma situação de despejo constante de esgoto doméstico nestes locais. Algumas espécies indicadoras pertencentes às classes Cryptophyceae, Coscinodiscophyceae (diatomáceas centricas) e Cyanobacteria foram associadas a esta situação. Os resultados de Nitrogênio Total Kjeldahl estiveram fortemente associados aos valores de condutividade elétrica e foi responsável por agrupar alguns pontos do rio Piracicaba e Água do Norte, como a variável mais significativa.

Coliformes Termotolerantes

Os coliformes termotolerantes são ótimos indicadores de poluição por esgotos domésticos e contaminação de organismos nocivos a saúde humana, uma vez

que são bactérias restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente (BRANCO, 1986).

Os resultados dos coliformes termotolerantes também podem ser relacionados com os dados da comunidade fitoplânctonica, uma vez que refletem a carga orgânica e disponibilidade de nutrientes contidas nos efluentes domésticos lançados.

Para os rios avaliados no presente estudo as concentrações de Coliformes termotolerantes foram altas em todos os pontos e na maioria das campanhas, indicando uma forte contribuição de esgotos domésticos, seja a partir de fontes pontuais ou difusas, embora sejam rios utilizados para abastecimento público.

Algumas características podem ser discutidas com base nos resultados, frente às variações sazonais (Anexo C), os rios Piracicaba (Americana), Corumbataí, Jundiaí-Mirim, Sorocamirim e São Miguel Arcanjo tiveram os maiores índices de coliformes termotolerantes no período chuvoso, indicando contribuição a partir do escoamento superficial e fontes difusas neste período. O Rio Piracicaba (Piracicaba) teve os resultados elevados para coliformes o ano todo (tabela 7), com um significativo aumento nos meses de seca (Anexo C), indicando contaminação por fontes pontuais que são diluídas no período chuvoso. Para o rio Água do Norte os resultados de coliformes diminuíram ao longo do estudo e não foi associado às variações sazonais.

Conforme mencionado anteriormente as análises estatísticas separaram a variável coliformes termotolerantes como significativa principalmente para separação do Rio Piracicaba dos demais e durante o ano todo, evidenciando o aporte de esgotos domésticos no local.

Clorofila a

Os valores de clorofila são usados para estimativa da biomassa de algas e cianobactérias e considera os organismos viáveis do ecossistema (WETZEL, 2001).

De maneira geral para os rios avaliados, os resultados de clorofila *a* acompanharam os resultados de densidade do fitoplâncton.

Os rios Piracicaba (captação Piracicaba), Água do Norte e São Miguel Arcanjo apresentaram resultados mais elevados de clorofila *a* no período seco (Anexo C), entretanto também foram significativamente altos no período de chuva, indicando uma provável contribuição de inóculos de sistemas secundários, como lagoas marginais e reservatórios, durante este período. Os dados de Feofitina *a* de 2009 para os rios avaliados (CETESB, 2010), contribuem para esta afirmação, onde no período de chuva os dados de feofitina *a* chegam a ser maiores do que de clorofila *a*, indicando que a senescência da comunidade fitoplânctônica encontrada.

Nos rios Atibaia, Corumbataí e Sorocamirim os resultados do período chuvoso foram menores, indicando tanto um efeito de diluição sobre a comunidade fitoplâncton como a diminuição na biomassa pela diminuição da penetração de luz e aumento de turbulência do sistema nestes locais, associados à época do ano.

LAMPARELLI (2004) comparando os dados de rios e reservatórios no estado de São Paulo verificou que os dados de clorofila para rios é significativamente menor que os resultados normalmente encontrados em reservatórios. Entretanto para os rios Água do Norte e São Miguel Arcanjo os resultados foram considerados altos para sistema lóticos. Estes resultados podem estar

refletindo alterações nas características hidráulicas, como no rio Água do Norte que se localiza em um represamento do rio para captação de água. Bem como a influencia de inóculos no corpo do rio, uma vez que o rio São Miguel Arcanjo se encontra a jusante de uma estação de tratamento de esgotos.

Os valores de clorofila *a* foram importantes na separação dos locais avaliados, conforme apresentados na análise de componentes principais e de correspondência canônica. Estiveram associados principalmente a valores elevados de matéria orgânica, e um pouco menos com os valores de Nitrogênio total Kjeldahl.

5.3 Comunidade Fitoplânctonica

As teorias sobre o fitoplâncton em lagos e reservatórios não se aplicam diretamente ao fitoplâncton que habita os rios (potamoplâncton) simplesmente pela obvia diferença física entre os ambientes. De maneira geral acredita-se que os fatores hidrodinâmicos e hidrológicos, tais como o tempo de residência da água e a vazão são os mais importantes fatores para o desenvolvimento do fitoplâncton nestes ambientes. Também o fitoplâncton de rios é mais suscetível à limitação de luz, devido à alta turbidez pelo material em suspensão e pela perda de estratificação vertical (CHÉTELAT et. al. 2006).

De maneira geral as espécies fitoplânctônicas de ambientes lóticos devem estar adaptadas à alta turbulência e tolerar grande variação da intensidade luminosa, uma vez que são submetidas a esta situação a medida que são transportadas ao longo do rio. Esses organismos são geralmente de tamanho pequeno e apresentam uma velocidade de reprodução elevada. Além disso, para o estabelecimento da comunidade é importante a contribuição alóctone de

inóculos para os rios, decorrente de sistemas secundários como lagos e reservatórios (WETZEL, 2001; REYNOLDS, 1996).

A comunidade fitoplanctônica do presente estudo apresentou uma riqueza muito elevada de táxons, porém com uma alta proporção de espécies raras (67%), resultados similares foram obtidos em outros estudos com o potamoplâncton (VERASZTÓ et al., 2010; RODRIGUES et. al. 2009, SOARES et al. 2007; FERRAREZE & NOGUEIRA 2006; REYNOLDS & DESCY 1996;).

VERASZTÓ et al. (2010) afirmaram que o potamoplâncton geralmente apresenta um grande número de espécies, compostas em sua maioria por espécies raras, e consolidando um trabalho de 20 anos de monitoramento no rio Danúbio na Hungria, classificou apenas 10% do total de espécies encontradas como comuns e constantes, enquanto que todo o restante das espécies foram consideradas raras.

A densidade total do Fitoplâncton nos rios estudados foi considerada baixa durante o ano todo, com exceção do rio Água do Norte, onde foi obtida uma alta densidade, especialmente no período mais seco. A influência da sazonalidade da densidade total dos organismos foi observada em quase todos os rios, onde a densidade total foi significativamente maior no período seco (Anexo C). O rio Atibaia foi uma exceção a isso, suas densidades foram baixas ao longo do ano todo. PAYNE (1986) menciona que a densidade do fitoplâncton em rios tende a ser baixa, porém a contribuição por inóculos e a presença de grupos com alta taxa de reprodução podem vencer a perda pelo escoamento e provocar aumento da densidade.

Os índices de diversidade e equitatividade foram altos para todos os rios, com exceção do São Miguel Arcanjo, porém não foram considerados como indicadores de qualidade adequados para os ambientes avaliados.

O conhecimento dos grandes grupos da comunidade fitoplanctônica é uma ferramenta importante para a classificação rápida do corpo d'água. O fitoplâncton pode dar uma rápida resposta, por exemplo ao processo de eutrofização, com o aumento da dominância das cianobactérias (CARVALHO, 2003). Cianobactérias, seguidas de diatomáceas são os principais grupos que formam florações (TORGAN, 1989 apud CARVALHO, 2003).

No presente estudo os grupos que contribuíram com as maiores densidades foram Chlorophyceae, Bacillariophyta e Cyanobacteria. CHÉTELAT et. al. (2006), obteve o resultados similares avaliando 31 rios no Canadá, onde os resultados de densidade foram 40% de Chlorophyta, seguida de 24% de Bacillariophyta. No rio Danubio na Hungária os grupos mais abundantes foram Chlorophyceae e Baccillariophyceae, porém apesar das clorofíceas contribuírem com a metade do número de espécies, representaram apenas 6% da biomassa total, enquanto que cerca de 5% das espécies de diatomáceas centricas corresponderam a 90% da biomassa total (VERASZTÓ et al., 2010).

Para o Brasil, DEVERSELLI (2006) encontrou no rio Paraná os grupos Cryptophyceae, Chlorophyceae e Bacillariophyceae contribuindo com a maior densidade do fitoplâncton. Chlorophyceae ocorreu em maior densidade nos meses de menor vazão do rio. Coscinodiscophyceae (diatomáceas centricas) foi o grupo que prevaleceu entre as diatomáceas. RODRIGUES et al 2009 encontrou 454 táxon em dois rios na bacia do Rio Paraná, onde as diatomáceas, as clorofíceas e as cianobactérias foram os grupos

quantitativamente mais importantes. Além disso, verificou que após a construção de um reservatório houve uma diminuição na densidade das Bacillariophyta (diatomáceas) e Chlorophyceae e aumento na ocorrência de Cyanobacteria. As diatomáceas centricas dos gêneros *Aulacoseira* e *Discostella* foram as principais ocorrências entre as diatomáceas. RODRIGUES et al 2007, encontraram abundância de Chlorophyceae seguida das diatomáceas em rios do Rio Grande do Sul.

No rio Paranapanema, no estado de São Paulo, os grupos de Bacillariophyceae e Chlorophyceae foram mais correlacionados ao inverno enquanto que Cyanobacteria e Cryptophyceae foram correlacionados ao verão (FERRAREZE & NOGUEIRA, 2006).

É importante destacar que o presente estudo esta baseado em um ano de avaliação, e a continuidade deste tipo de estudo em longo prazo são fundamentais para entender melhor as tendências e modificações na comunidade de fitoplâncton, pois pequenas mudanças no clima de um ano ao outro, podem corresponder a uma mudança climática significativa para o fitoplâncton (REYNOLDS, 1997 apud VERASZTÓ et al. 2010).

Bacillariophyta

Bacillariophyta foi o grupo mais abundante nos rios Atibaia e Sorocamirim com a predominância do grupo das diatomáceas cêntricas. Também foi o segundo grupo mais abundante do rio Piracicaba (em Piracicaba e Americana). As diatomáceas penadas foram predominantes no rio Corumbataí, principalmente com a ocorrência de *Nitzschia palea*, *Nitzschia* sp e *Fragilaria* sp,

Alguns autores afirmam que as diatomáceas tendem a dominar a biomassa em rios (ROJO et al.1994; CHÉTELAT et. al. 2006). Porém SOARES et al. (2007) argumentam que a estrutura da comunidade fitoplânctonica em rios tropicais podem ser diferentes da região temperada. E que as diatomáceas nem sempre são os componentes dominantes nos rios tropicais como são em rios temperados e que a sua contribuição para biomassa em rios tropicais é menor mesmo quando é o grupo dominante.

As diatomáceas cêntricas possuem adaptações para ambientes lóticos, com tolerância a baixa transparência e ao meio turbulento. Além disso, apresentam uma baixa necessidade de luz (REYNOLDS 1994, REYNOLDS & DESCY 1996) e precisam da turbulência para se manterem em suspensão na coluna d'água (REYNOLDS et al 2002)

O fitoplâncton do rio Danubio na Hungária, apresenta grandes densidades de diatomáceas centricas associadas aos períodos de maior temperatura (VERASZTÓ et al., 2010). ZALOCAR de DOMITRIVIC et al. (2007) encontrou diatomáceas do gênero *Aulacoseira* em elevada densidade no rio Paraná, com a influencia de um reservatório no seu curso. GARCIA de EMILIANI (1990) encontrou em um trecho do Rio Paraná predominância de diatomáceas cêntricas, do gênero *Aulacoseira* (*Melosira*), onde foram abundantes durante o inverno e primavera.

FERRAREZE & NOGUEIRA (2006) analisaram o fitoplâncton na bacia do rio Paranapanema, no estado de São Paulo, e encontraram uma maior contribuição das formas centricas para os rios estudados. Encontraram a maior abundância durante o inverno e especialmente nos pontos com influencia de

reservatórios. As diatomáceas penadas foram encontradas em maior quantidade nos tributários de pequena ordem.

As análises de correspondência canônica mostraram a correlação de algumas espécies de diatomáceas centricas em duas situações distintas, as espécies *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, *Aulacoseira granulata* var. *granulata* e *Aulacoseira* sp1, foram correlacionadas com um maior valor de Fósforo e Nitrito nos rios Piracicaba (Americana) e Corumbataí, e a espécie *Aulacoseira* sp associada a valores elevados de OD dos rios Atibaia, Jundiaí-Mirim e Sorocamirim. No geral o grupo foi considerado como indicador de boa qualidade da água, pois predominou nos rios classificados com os melhores índices de qualidade.

Chlorophyceae

Chlorophyceae foi o grupo mais abundante nos rios Corumbataí, Água do Norte e São Miguel Arcanjo. E foi o segundo grupo predominante nos rios Atibaia e Piracicaba (Piracicaba).

O ponto de coleta no rio Água do Norte se localiza junto a um represamento para captação de água para o abastecimento e isso, juntamente com a elevada carga orgânica e de nitrogênio encontrada no local, favoreceu o desenvolvimento de elevadas densidades de Chlorophyceae. ZALOCAR de DOMITRIVIC et al. (2007) encontraram um aumento da densidade de Chlorophyceae da ordem Chlorococcales no rio Paraná após a construção de um reservatório no seu curso, indicando que mudanças no regime hidrológico é um importante fator para a densidade deste grupo.

Com relação a sazonalidade, Chlorophyceae apresentou as maiores densidades nos meses mais secos nos três rios onde foi dominante. O grupo Chlorophyceae, também foi encontrado como o principal componente do fitoplâncton em um trecho do Rio Paraná especialmente nos meses de outono e no início da primavera (GARCIA de EMILIANI; 1990). Na região temperada, as Chlorophyceae da ordem Chlorococcales foram mais abundantes durante o período mais quente do ano (VERASZTÓ et al., 2010), entretanto estes períodos nas diferentes regiões apresentam temperaturas semelhantes.

Cyanobacteria

Cyanobacteria foi o grupo predominante nos dois pontos do rio Piracicaba, no rio Jundiaí-Mirim e em algumas campanhas do Rio Corumbataí. As famílias Merismopediaceae e Nostocaceae foram as formas predominantes do grupo.

Cyanobacteria geralmente são consideradas sensíveis a condições de alta vazão, formando floração em reservatórios com tempo de residência elevada e disponibilidade de nutrientes (RODRIGUES et al 2009), porém isso ainda é contraditório na literatura. SILVA et al, (2001) por exemplo, encontraram dominância de *Cylindrospermopsis raciborskii* no rio Corumbá, e foi associada a elevada temperatura e períodos de baixa vazão, porém também ocorreram em épocas de maior vazão, sendo considerada pelos autores uma espécie adaptada a ecossistemas lóticos.

Eventos de florações de cianobactérias em rios não são raros de ocorrer, AGUJARO & ISAAC (2002) listaram diversos eventos de florações na mesma região dos rios do presente estudo.

ZALOCAR de DOMITROVIC et al. (2007) comparando duas margens do Rio Paraná, encontraram principalmente as espécies *Merismopedia tenuissima*, e os gêneros *Cylindrospermopsis* e *Raphidiopsis* e a densidade geral do grupo diminuiu significativamente após a construção do reservatório a montante de um dos pontos de coleta.

Já em GARCIA de EMILIANI (1990) a variação anual da densidade de cianobactérias foi atribuída ao regime hidrosedimentológico, uma vez que os maiores valores de densidade foram encontrados durante o período de menor vazão do rio.

SOARES, 2007 et al. afirmaram que a presença de reservatório ao longo do rio permite o desenvolvimento de cianobactérias, que raramente dominam em ambientes lóticos, mesmo em altas concentrações. E o desenvolvimento de cianobactérias em rios só é possível em período de baixa vazão onde o tempo de retenção da água é maior. Entretanto FERRAREZE & NOGUEIRA (2006) relacionaram a maior densidade de Cyanobacteria com as condições eutróficas no período chuvoso e o maior tempo de residência da água no ponto à jusante de um reservatório.

A espécie *Cylindrospermopsis/Raphidiopsis* sp, encontrada no rio Jundiá-Mirim, é provavelmente *Cylindrospermopsis raciborskii*, uma vez que o registro desta espécie sem heterocito é comum, e é destacada por SOARES et al (2007) como decorrente da alta afinidade desta espécie com as formas de nitrogênio inorgânico.

Algumas características de *Cylindrospermopsis raciborskii* favorecem o seu sucesso tanto em reservatórios quanto em rios, tais como flutuação, tolerância a baixa luminosidade, habilidade de armazenar internamente o fósforo para o

uso em situações de baixa disponibilidade do nutriente (PADISAK, 1997 apud SOARES, 2007).

As análises de correspondência canônica relacionaram as espécies *Sphaerocavum* cf. *brasiliense* e *Coelosphaerium* sp com os elevados resultados de fósforo, principalmente no Rio Piracicaba. Já as espécies *Cylindrospermopsis/Raphidiopsis* sp e *Raphidiopsis* sp foram relacionadas aos elevados valores de OD no Rio Jundiaí-Mirim. É importante destacar que o ponto de coleta no rio Jundiaí-Mirim se encontra junto ao represamento para captação de água para o abastecimento, o que, conforme já discutido, aumenta do tempo de residência da água e favorece o desenvolvimento das espécies planctônicas, especialmente das cianobactérias.

Cryptophyceae

No presente estudo a classe Cryptophyceae foi um grupo com densidade elevada nos dois pontos do rio Piracicaba e principalmente no período seco. No rio Jundiaí-Mirim houve um aumento significativo de Cryptophyceae no mês de setembro associados com a diminuição de Chlorophyceae no mesmo mês.

No rio Sorocamirim, o grupo foi predominante no mês de julho, associado à diminuição das diatomáceas.

Cryptophyceae são consideradas cosmopolitas, porém raramente são as espécies dominantes de um sistema aquático (BICUDO et al., 2009), sua vantagem competitiva é presença do flagelo que lhe permitem migrações verticais de acordo com a disponibilidade de luz e nutrientes (JANSSON et al. 1996 apud BICUDO et al. 2009). Algumas espécies são capazes de persistir em situações de extrema falta de luz e são consideradas espécies oportunistas

(KLAVERNESS, 1988). Além disso, são capazes de tolerar um largo espectro de condições tróficas e geralmente ocorrem em condições ricas em nutrientes e matéria orgânica (BICUDO et al. 2009).

Cryptophyceae são algas geralmente de pequeno tamanho, com alta relação superfície/volume, são consideradas boas competidoras por nutrientes, com uma alta taxa de reprodução, e geralmente predominam em reservatório com alta taxa de renovação uma vez que as espécies do gênero *Cryptomonas* geralmente toleram bem alta frequência de distúrbios verticais (REYNOLDS 1987 apud ZALOCAR de DOMITROVIC et al. 2007)

As espécies *Cryptomonas erosa* e *Cryptomonas marsonii* foram relacionadas pela análise de correspondência canônica, com os elevados valores de fósforo no rio Piracicaba, principalmente no período seco.

FERRAREZE & NOGUEIRA (2006) relacionaram o aumento de Cryptophyceae com alta concentração de nutrientes, porém também foi relacionado com o aumento da vazão durante o verão.

BICUDO et al (2009) encontraram Cryptophyceae o ano todo de um lago raso oligo-mesotrófico e na houve distribuição sazonal dos resultados. Segundo REYNOLD & REYNOLDS (1985) apud BICUDO et al. (2009) Cryptophyceae ocorrem o ano todo e seu aumento ou diminuição acentuadas seguem principalmente eventos de distúrbios.

BICUDO et al. (2009) encontraram a espécie *Cryptomonas erosa* contribuindo significativamente e como a única espécie ocorrendo no fundo do lago, considerada uma espécie bem adaptada a condições de deficiência de luz. A sua ocorrência foi associada a altos níveis de fósforo. Já a espécie *Cryptomonas marsonii* geralmente é associada a altos níveis de nitrato

(FONSECA 2005 apud BICUDO et al 2009). No presente estudo estas duas espécies estiveram associadas aos resultados de fósforo e nitrito.

ZALOCAR de DOMITRIVIC et al. (2007) encontraram as espécies *Cryptomonas marsonii* e *Cryptomonas ovata* o ano todo no rio Paraná.

Segundo REYNOLDS & REYNOLDS (1985) apud BICUDO et al. (2009) Cryptophyceae ocorrem geralmente o ano todo e seu aumento ou diminuição acentuadas seguem principalmente eventos de distúrbios. Geralmente aumentam sua densidade quando outro grupo de alga diminui, sendo consideradas oportunistas. Também no presente estudo os aumentos acentuados deste grupo estiveram associados à diminuição de outros grupos de algas.

Euglenophyceae

A classe Euglenophyceae foi abundante principalmente no Rio Água do Norte e Sorocamirim, além disso, contribuiu significativamente com as densidades da comunidade fitoplanctônica nas campanhas do período chuvoso dos rios Jundiaí-Mirim e São Miguel Arcanjo.

Euglenophyceae são comuns em lagos ricos em substâncias húmicas sendo favorecidas por aporte de esgoto (RÓSEN, 1981, apud CARVALHO, 2003).

A presença do flagelo é uma característica que favorece estes organismos, uma vez que permite que se locomovam para as condições mais favoráveis de luminosidade e de disponibilidade de nutrientes na coluna d'água.

A análise de correspondência canônica correlacionou as euglenofíceas em duas situações distintas. A espécie *Trachelomonas curta* var. *minima* foi relacionada aos altos valores de carga orgânica e Nitrogênio Total Kjeldahl no

rio Água do Norte. E *Trachelomonas volvocina* foi associada às condições de elevados resultados de oxigênio dissolvido no rio Jundiá-Mirim.

Chrysophyceae

Chrysophyceae foi o grupo com predominância pontual, foram os mais abundantes no rio Atibaia no mês de setembro, e o segundo grupo mais abundante no rio Sorocamirim no mês de maio.

As algas da classe Chrysophyceae são consideradas nutricionalmente oportunistas, muitas espécies são capazes de assimilar energia de forma autotrófica, heterotrófica e fagotrófica em respostas as alterações no ambiente. A habilidade de se mover em ambientes turbulentos e se direcionar em respostas a concentração de nutrientes e disponibilidade luminosa, fornecem uma importante vantagem competitiva as este grupo de algas (SANDGREN, 1988).

5.4 Índices de qualidade da água e ICF_{rios}

Os índices de qualidade da água aplicados separaram os diferentes rios em um gradiente de qualidade da água. Considerando a média anual, o IET classificou os rios Piracicaba (Piracicaba), Água do Norte, Jundiá-Mirim e São Miguel Arcanjo como os de pior qualidade, sendo considerados eutróficos e supereutróficos. Os rios Atibaia e Piracicaba (Americana) foram classificados como mesotróficos e enquanto que os rios Sorocamirim e Corumbataí foram considerados oligotróficos. Considerando a sazonalidade houve variação significativa do IET, com uma tendência de piora de qualidade nos meses de seca.

Os resultados do IVA seguiram a mesma tendência na classificação dos rios, o Rio Piracicaba foi considerado de qualidade péssima, enquanto que os rios Piracicaba (Americana), Água do Norte e São Miguel Arcanjo foram considerados ruins. A classificação Boa do IVA foi dada aos rios Atibaia e Sorocamirim. A influência sazonal na classificação do IVA ocorreu de maneira distinta para os rios do estudo. Nos rios Atibaia, Piracicaba (Piracicaba) e Água do Norte os piores resultados foram obtidos na época seca, enquanto que nos rios Piracicaba (Americana), Corumbataí e Sorocamirim a época de chuva acarretou nas piores classificações do índice.

O índice de proteção da vida aquática tem o objetivo de proporcionar a avaliação da qualidade das águas para fins de proteção das comunidades aquáticas (fauna e flora em geral) (LORENZETTI et al., 2002 apud CARVALHO, 2003).

Os resultados do ICF aplicados aos rios estudados mostraram que o índice acompanha os resultados do IET e IVA, porém com uma superestimativa da qualidade da água. Os rios Piracicaba (Piracicaba), Água do Norte e São Miguel Arcanjo foram classificados como regular na aplicação do ICF. Já a ponderação Boa foi dada aos rios Piracicaba (Americana), Corumbataí e Jundiaí-Mirim. E os rios Atibaia e Sorocamirim foram classificados como ótimos. Considerando a variação sazonal na aplicação deste índice os resultados dos rios Piracicaba (nos dois pontos), Água do Norte e Jundiaí-Mirim foram piores nos meses de seca.

As alterações testadas no ICF_{rios} mostraram uma melhor correlação com os outros índices de qualidade da água aplicados. Os rios Piracicaba (Piracicaba), Água do Norte e São Miguel Arcanjo foram classificados como Ruim segundo o

ICF_{rios}. Já os rios Piracicaba (Americana), Corumbataí e Sorocamirim foram considerados de qualidade Regular e a classificação Boa foi dada aos rios Atibaia e Sorocamirim. Com relação a variação sazonal dos resultados, é possível notar (tabela 36) que o ICF_{rios} acompanha as variações do IET e IVA nos meses do estudo.

A Análise de Componentes Principais aplicados aos resultados dos índices, além de separar os rios em um gradiente de qualidade, evidencia que o ICF_{rios} agrupa os rios de forma mais similar ao IET. As métricas separadas do ICF_{rios} também apontam que a densidade foi relacionada com classificação do IET e que a abundância dos grupos foi mais próxima à classificação do IVA.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- As características hidráulicas e hidrológicas de diferentes rios são fatores mais importantes para a comunidade fitoplanctônica do que as variações sazonais para cada rio, tendo em vista que a análise de correspondência canônica separou os rios com base nas espécies e nos parâmetros correlacionados;
- A densidade da comunidade fitoplanctônica em rios tende a ser baixa, porém alterações no tempo de residência da água e aumento de carga orgânica e nutrientes favorecem o desenvolvimento destes organismos.
- Coscinodiscophyceae (diatomáceas centricas), Chlorophyceae da ordem Chlorococcales e Cyanobacteria foram predominantes no presente estudo, sendo considerados grupos característicos deste tipo de ambiente.

- Os flagelados tendem a aumentar de densidade após períodos de alterações na comunidade, seca ou chuva, e com a diminuição de outros grupos taxonômicos;
- Os rios Piracicaba (Piracicaba), Água do Norte e Jundiá-Mirim foram classificados como os de pior qualidade segundo os índices de qualidade da água aplicados.
- O ICF_{rios} proposto apresentou uma boa correlação com os outros índices de qualidade da água aplicados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA; AWWA; WEF. Standard Methods for the examination of water and wastewater.** 21th ed. 2005.
- BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B.D. & STRIBLING, J.B. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish (Second Edition).** EPA 841-B- 99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. 339p. 1999.
- BEYRUTH, Z.** Comunidade Fitoplanctônica da Represa de Guarapiranga: 1991-92. Aspectos Ecológicos, Sanitários e Subsídios para a Reabilitação da Qualidade Ambiental. SP. Tese de Doutorado. Faculdade de Saúde Pública - USP, 282p. 1996.
- BEYRUTH, Z.** Phytoplankton of a supply reservoir impacted by anthropic activities: Guarapiranga Reservoirs, São Paulo, Brazil, 1991-1992. **Verh. Internat. Verein. Limnol.** 27:1973-1980. 2000.

- BICUDO, C.E.M; FERRAGUT, C.; MASSAGARDI, M.R.** Cryptophyceae population dynamics in na oligo-mesotrophic reservoir (Ninféias pond) in São Paulo, southeast Brazil. *Hoehnea* 36(1): 99-11. 2009.
- BICUDO, C.E.M. & MENEZES, M.** **Gênero de algas de águas continentais do Brasil.** 2 ed. São Carlos: RiMa. 502 p. 2006.
- BOURRELLY, P.** **Les algues d'eau douce:** initiation à la systémstique, 2: les algues jaunes et brunes, les Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Volume 2. Paris: Éditions N. Boubée. 517p. 1981.
- BOURRELLY, P.** **Les algues d'eau douce:** initiation à la systématique, 3: les algues blenes et rouges, les Euglénien, Peridiniens, et Cryptomonadines. Volume 3. (Ed. rev. aum.) Paris: Éditions N. Boubée. 606p. 1985.
- BRANCO, C. W. C.** A comunidade planctônica e a qualidade da água no lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil. Tese de Mestrado. Dpto de Ecologia da Universidade de Brasília. 279p. 1991.
- BRANCO, S. M.** **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária.** 3º Ed. São Paulo:CETESB. 616 p. 1986.
- BRASIL.** Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União.** Brasília, 2005.
- BRASIL.** Ministério da Saude. Portaria 2914, de 12 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União.** Brasília, 2011.
- BUSS, D. F., OLIVEIRA, R. B. & BAPTISTA, R. F.** Monitoramento biológico de ecossistemas aquáticos continentais. **Oecologia brasiliensis**, v 12 (3): 339-345. 2008.

- CARNEIRO, F.M., ANGELINI, R., CARVALHO, A.R., BINI, L.M.** Synchrony among limnological variables in a lotic system (Meia Ponte River, Goiás, Brazil). **Acta Limnol. Bras.**, vol 21 (3), p 287-292. 2009.
- CARVALHO, M. C.** Comunidade fitoplanctônica como instrumento de biomonitoramento de reservatórios no estado de São Paulo. Tese de doutorado, Faculdade de Saúde Pública. São Paulo. 129p. 2003.
- CASTRO, A.A.J., BICUDO, C.E.M. & BICUDO, D.C.** Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas 2: Cryptophyceae. **Hoehnea** 18(1):87-106. 1991.
- CETESB.** Coliformes fecais – determinação pela técnica de membrana filtrante: método de ensaio. CETESB: **Norma Técnica L5.221**. São Paulo. 42p. 1984.
- CETESB.** Determinação de pigmentos fotossintetizantes, Clorofila – A,B e C e Feofitina -A. **Norma técnica L5.306**. São Paulo, 1990. 22p. 1990.
- CETESB.** Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Fitoplâncton de água doce: métodos qualitativo e quantitativo – Método de ensaio. São Paulo. **Norma técnica L5. 303**. 23p. 2005.
- CETESB.** Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2007. CETESB: São Paulo: 537p. 2008.
- CETESB.** Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2009 [recurso eletrônico]. CETESB: São Paulo: 310p. 2010.

- CHÉTELAT, J., PICK, F.R. & HAMILTON, P. B.** Potamoplankton size structure and taxonomic composition: Influence of river size and nutrient concentrations. **Limnol. Oceanogr.**, v 51 (1 part 2) 681-689. 2006.
- COMAS, A.** **Las Chlorococcales dulciacuícolas de Cuba.** Bibliotheca Phycologica 99, Cramer, 192p. 1996.
- CROSSETTI, L. O. & BICUDO, C. E. M.** Structural and functional phytoplankton responses to nutrient impoverishment in mesocosms in a shallow eutrophic reservoir (Garças Pond), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia** 541: 71-85. 2005.
- DAEE, Departamento de Água e Energia Elétrica, SIGRH – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídrico do Estado de São Paulo,** 2012. www.sigrh.sp.gov.br/bancodedados/plu.htm
- DEVERSELLI, M.** Phytoplankton of the Middle Paraná River during an anomalous hydrological period: a morphological and functional approach. **Hydrobiologia** 563:465-478. 2006.
- DIAS-LOPES, A. G.** Estudo da comunidade fitoplânctonica como bioindicador de poluição em três reservatórios em serie do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Saúde Pública. São Paulo. 2007.
- DOKULIL, M. T.** Evaluation of eutrophication potential in rivers: The Danube example, a review. In B. A. Whitton & E. Rott (eds), **Use of Algae for Monitoring Rivers II.** Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Innsbruck: 173–178. 1996.
- ESTEVES, F.A.** **Fundamentos de Limnologia.** 2ª Ed. Editora Interciência. Rio de Janeiro. 602p. 1998.

- ETTL, H. & GARTNER, G.** Chlorophyta II. *In Süßwasserflora von Mitteleuropa* (H.Ettl, J.Gerloff, H.Heynig & D.Möllenbauer eds.). Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. vol.10, 436 p. 1988.
- ETTL, H.** Chlorophyta I. *In Süßwasserflora von Mitteleuropa* (H.Ettl, J.Gerloff, H.Heynig & D.Möllenbauer eds.). Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. vol. 6, 630p. 1983.
- FERRAREZE, M.; NOGUEIRA, M. G.** Phytoplankton assemblages and limnological characteristics in lotic systems of the Parapanema Basin (Southeast Brazil). **Acta Limnol. Bras.** 18(4): 389-405. 2006.
- FUNDAÇÃO AGENCIA DAS BACIAS PCJ. Dados Hidrometeorológicos 2008-2009.** Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. 2009
- GARCIA de EMILIANE, M. O.** Phytoplankton ecology of the middle Paraná River. **Acta Limnol. Brasil.** Vol. III, 391-417. 1990.
- GENTIL, R. C., TUCCI, A. & SANT'ANNA, C. L.** Dinâmica da comunidade fitoplânctonica e aspectos sanitários de um lago urbano eutrófico em São Paulo, SP. **Hoehnea** 35(2): 265-280. 2008.
- GIANI, A. & FIGUEIREDO, C.C.** Recorrência de padrões sazonais do fitoplâncton num reservatório Eutrófico (Reserv. Pampulha – MG), p. 531-50. In: Henry, R. **Ecologia de reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais:** Fapesp-Fundibio, 1999.
- HILTON, J., O'HARE, M., BOWES, M.J., JONES, J.I.** How green is my river? A new paradigm of eutrophication in rivers. **Science of the Total Environment.** 365:66-83. 2006.

- HÜBER-PESTALOZI, G.** **Das phytoplankton des Süßwassers:** systematik und biologie: Euglenaceen. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 16(4):605p. 1955.
- HUSZAR, V. L. M. & REYNOLDS, C. S.** Phytoplankton periodicity and sequences of dominance in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Pará, Brazil): responses to gradual environmental change. **Hydrobiologia** 346: 169-181. 1997.
- KELLY, M.G.; WHITTON, B.A.** Biological monitoring of eutrophication in rivers. **Hydrobiologia** 384: 55-67. 1998.
- KISS, K. T., SCHMIDT, A., ÁCS, E.** Sampling strategies for phytoplankton investigations in a large river (River Danube, Hungary). In B. A. Whitton & E. Rott (eds), **Use of Algae for Monitoring Rivers II**. Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Innsbruck: 179–185. 1996.
- KLAVENESS, D.** Ecology of the Cryptomonadida - a first review. In: Sandgren, C.D. (ed.): **Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton**, pp. 105-133. Cambridge University Press, New York. 1988.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K.** Modern approach to the classification system of cyanophytes, 4: Nostocales. **Algological Studies** 56:247-345. 1989.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K.** Cyanoprokaryota 1. Teil Chroococcales. *In Süßwasserflora von Mitteleuropa* (H.Ettl, G.Gärtner, H.Heynig & D.Möllenhauer eds.). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. vol.19/1. 548 p. 1998.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales.

In Sübwasserflora von Mitteleuropa (B. Büdel G. Gärtner, L. Krientitz & M. Schagerl eds.). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. vol. 19/2. 759 p. 2005.

KOMÁREK, J. & FOTT, B. Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung: Chlorococcales. In: Huber Pestalozzi, G., Heynig, H. & Mollenhauer, D.(eds) des **Süßwassersflora** Band (1). Gustav Fischer, Jena, 1044 p. 1983.

KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ, J. & CRONBERG, G. Planktic blue-green algae from lakes in South Scania, Sweden. Part I. Chroococcales. **Algological Studies** 72:13-51. 1994.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. Bacillariophyceae, 4.Teil: Achnantaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. In : Ettl, H., Gerloff, J., Heyning, H. & Mollenhauer, D.(eds.) **Subwasserflora von Mitteleuropa**. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag. Vol 2 (4), 437p. 1991.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. Bacillariophyceae, 1.Teil: Naviculaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heyning, H. & Mollenhauer, D. (eds.) **Subwasserflora von Mitteleuropa**. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag. Vol 2 (1), 876p. 1997.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. Bacillariophyceae, 3.Teil: Centrales, Fragillariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heyning, H. & Mollenhauer, D.(eds.) **Subwasserflora von Mitteleuropa**. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag. Vol 2 (3), 576p. 1991.

LAMPARELLI, M.C. Grau de Trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo (BR). Tese

(Doutorado) – Instituto de Biociências Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004;

LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P. Numerical ecology. Amsterdam, Elsevier, 419p. 1983.

LLOYD, M. & GHELARDI, R.J. A table for calculating the equitability component of species diversity. **Journal An. Ecology** 33:217-225. 1964.

LOBO, E. & LEIGHTON, G. Estruturas comunitárias de lãs fitocenosis planctônicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de La zona centras de Chile. **Ver. Biol. Mar. Valparaiso**, v. 22, n.1, p. 1-29. 1986.

MALLIN, M.A., JOHNSON, S.H.E., MACPHERSON, T.A. Factors contributing to hypoxia in rivers, lakes, and streams. **Limnol. Oceanogr.** 51 (1 part 2), pp 690-701. 2006.

MARGALEF, R. Limnologia. Ed. Omega. Barcelona. 1986.

MATSUZAKI, M. Transposição das águas do braço Taquecetuba da represa Billings para a represa Guarapiranga: aspectos relacionados à qualidade de água para abastecimento. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP. 2007.

MATSUZAKI, M.; MUCCI, J. L. N.; ROCHA, A. A. Comunidade fitoplanctônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo. **Rev. Saúde Pública** 38(5):679-686. 2004.

MENEZES, M. Fitoflagelados pigmentados de quatro corpos d' água da região sul do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo. 1994.

- MINISTÉRIO DA SAÚDE.** Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano. Brasília: Fundação Nacional de Saúde. 56p. 2003.
- NOGUEIRA, I.S.** Chlorococcales *sensu lato* (Chlorophyceae) do município do Rio de Janeiro e arredores, Brasil: inventário e considerações taxonômicas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. 1991.
- OLIVEIRA, B. S. O., CASTRO, C. M., BAPTISTA, D. F.,** Desenvolvimento de índices multimétricos para utilização em programas de monitoramento biológico da integridade de ecossistemas aquáticos. **Oecologia brasiliensis**, Vol. 12, nº 13. 2008.
- PADISAK, J., BORICS, G., GRIGORSZKY, I. & SORÓCZKI-PINTÉR, E.** Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Framework Directive: the assemblage index. **Hydrobiologia** 553: 1-14. 2006.
- PAYNE, A.I.** **The ecology of tropical lakes and rivers.** Wiley & Sons Inc. 301p. 1986.
- PIELOU, E. C.** **Ecological diversity.** Wiley & Sons Inc., New York. 1975.
- REYNOLDS CS.** The long, the short and the stalled: on the attributes of phytoplankton selected by physical mixing in lakes and rivers. **Hydrobiologia** 289: 9–14. 1994.
- REYNOLDS, C.S.** Algae. *In*: Geoffrey Petts & Peter Calow (eds.) **River Biota: Diversity and Dynamics.** Blackwell Science, pp. 6-26. 1996.

- REYNOLDS CS, DESCY J-P.** The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. **Archiv für Hydrobiologie** 113: 161–187.1996
- REYNOLDS, C.S., HUZSAR, V., KRUK, C., NASELLI-FLORES, L., MELO, S.** Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of plankton Research**. Volume 24 (5), p 417-428. 2002.
- 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. **Braz. J. Biol.**, 69 (2, Suppl.): 501-516. 2009.
- RODRIGUES, S.C., TORGAN, L. & SCHWARZBOLD, A.** Composição e variação sazonal do fitoplâncton na foz de rios do Delta do Jacuí, RS, Brasil. **Acta bot. bras.** 21(3):707-721. 2007.
- ROSENBERG, D. M. & RESH, V. H.** Use of aquatic insects in biomonitoring. *In*: Merrit, R. WE.; Cummins, K. W. (eds) **An introduction to the aquatic insects of North America**. 3^a ed. Dubuque, Kendall/Hunt p. 87-97. 1996.
- ROUND, F.E.** **The biology of the algae**. Edward Arnold, London. 1965.
- ROUND, F.E.** The taxonomy of the Chlorophyta II. **British Phycological Journal** 6(2):235-264. 1971.
- ROUND, F. E., CRAWFORD, R. M. & MANN, D. G.** **The diatoms: biology and morphology of the genera**. Cambridge: Cambridge University Press. 1990.

- SANDGREEN, C.D.** (ed.): **Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton**, pp. 105-133. Cambridge University Press, New York. 1988.
- SANT'ANNA, C. L.** Chlorococcales (Chlorophyceae) do estado de São Paulo, Brasil. *Bibliotheca Phycologica* 67:1-348. 1984.
- SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; AGUJARO, L. F.; CARVALHO, M. C.; CARVALHO, L. R.; SOUZA, R. C. R.** **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. Rio de Janeiro: Interciência. 58p. 2006.
- SÃO PAULO**, Governo do Estado de São Paulo. Decreto Estadual n° 10.755/1977. São Paulo: DOE 22/11/77. 1977.
- SENNA, P.A.C. & MAGRIN, A.G.E.** A importância da “boa” identificação dos organismos fitoplanctônicos para os estudos ecológicos. *In Perspectivas da limnologia no Brasil* (L.M.M. Pompêo ed.). Gráfica e Editora União, São Luís. p.131-146. 1999.
- SHANNON, C.E. & WEAVER, W.** **The mathematical theory of communication**. University of Illinois Press, Urbana. 1963.
- SHEPHERD, G.J.** **FITOPAC 1: Manual de usuário**. Departamento de Botânica, Unicamp. Campinas. 1996
- SIMPSON, E.H.** **Measurement of diversity**. *Nature* 163:688. 1949.
- SILVA, C. A., TRAIN, S., RODRIGUES, L. C.** Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica a jusante e a montante do reservatório de Corumbá, Caldas Novas, estado de Goiás, Brasil. **Acta Scientiarum. Maringá**. V. 23, p 283-290. 2001.

- SILVA, R.A.** Levantamento da comunidade de cianobactérias em trechos do rio Turvo Sujo, localizados nas proximidades da cidade de Viçosa, MG. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. MG. 2008.
- SOARES, M. C. S., HUSZAR, V. L. M. & ROLAND, F.** Phytoplankton dynamics in two tropical Rivers with different degrees of human impact (southeast Brazil). **River: Res. Applic.** 23.: 698-714. 2007.
- SORMUS, L. & BICUDO, C.E.M.** Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 6: Zygnemaphyceae (Closteriaceae). **Hoehnea** 21(1/2):75-92. 1994.
- SOUZA, B. D'ÂNGELA.** Estrutura, dinâmica e produtividade primária do fitoplâncton como base para a estimativa do estado trófico de uma lagoa costeira no estado do Espírito Santo (lagoa Mãe-Bá, Guarapari). Dissertação de mestrado. UENF. 141f. 2008.
- STARMACH, K.** Chrysophyceae und Haptophyceae. *In* **Süßwasserflora von Mitteleuropa**. (H. Ettl, J. Gerlof & H. Heynig Eds.) Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. vol. 1. 1985.
- STEVENSON, R. J. & SMOL, J. P.** Use of algae in environmental assessment. *In*: J. D. Wehr & R. G. Sheath (eds.). **Freshwater algae of North America**: ecology and classification. Academic Press, San Diego, pp. 75-804. 2003.
- TAUK-TORNISIELO, S. M. & ESQUIERRO, J. C. (Org.)** **Bacia do Rio Corumbataí**: aspectos socioeconômicos e ambientais. Consorcio PCJ. SP. 178p. 2008.
- TELL, G. & CONFORTI, V.** Euglenophyta pigmentadas de la Argentina. **Bibliotheca Phycologica** 75. 301p. 1986.

- TUCCI, A.** Sucessão da comunidade fitoplânctonica de um reservatório urbano e eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2002.
- UNEP-IETC. Planejamento e Gerenciamento de lagos e represas:** uma abordagem integrada ao problema de eutrofização. Ed. RiMA, 385p. 2001.
- USEPA.** United States Environment Protection Agency. Lake and reservoir bioassessment and biocriteria. Technical guidance document. Office of Wetlands, Oceans, and Watersheds, Office of Science and Technology, Office of Water. Washington, DC. 1998.
- UTERMÖHL, H.** Zur Vervollkommen der quantitativen Phytoplankton: methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie 9:1-38. 1958.
- VERASZTÓ, CS.; KISS, K.T.; SIPKAY, CS.; GIMESI, L.; VADADI-FÜLÖP, CS.; TÜREI, D.; HUFNAGEL, L.** Long-term dynamic patterns and diversity of phytoplankton communities in a large eutrophic river (the case of river Danube Hungary). **Applied Ecology and Environmental Research** 8(4):329-349. 2010.
- WETZEL, R.G. Limnologia.** London: Academic Press. 2001.
- XAVIER, M.B.** Criptógamos do Parque Estadual ds Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas 5: Euglenophyceae (Euglenaceae pigmentada). **Hoehnea** 21(1/2): 47-73. 1994.
- ZAGATTO, P. A.; ARAGÃO, M. A.; CARVALHO, M. C.; SOUZA, R. C. R.** **Manual de orientação em casos de florações de algas tóxicas:** um problema ambiental e de saúde pública. São Paulo: CETESB. Série de Manuais. 20p. 1997.

ZALOCAR de DOMITROVIC, Y.; POI de NEIFF, A.S.G; CASCO, S.L.

Abundance and diversity of phytoplankton in the Paraná River (Argentina)
220 km downstream of the Yacyretá reservoir. **Braz. J. Biol.**, 67 (1):53-63,
2007.

ANEXO A

Composição da comunidade fitoplanctônica e frequência de ocorrência (F) dos táxons nos rios Atibaia (ATIB), Piracicaba (PC-P e PCAM), Corumbataí (CRUM), Jundiá-Mirim (JUMI), Água do Norte (ANOR), Sorocamirim (SORO) e São Miguel Arcanjo (SMIG)

TÁXON	ATIB	PC-P	PCAM	CRUM	JUMI	ANOR	SORO	SMIG	F
CHLOROPHYTA									
CLASSE Chlamydothryx									
ORDEM Volvocales									
FAMÍLIA Chlamydomonadaceae									
<i>Carteria</i> cf. <i>lunzensis</i>				X					Rara
<i>Carteria</i> sp	X						X		Rara
<i>Chlamydomonas</i> cf. <i>epibiotica</i>		X							Rara
<i>Chlamydomonas</i> <i>microscopica</i>						X			Rara
<i>Chlamydomonas</i> sp	X	X	X	X	X	X	X	X	Constante
<i>Chlamydonephris</i> sp		X							Rara
FAMÍLIA Phacotaceae									
<i>Pteromonas</i> sp	X								Rara
Phacotaceae NI								X	Rara
FAMÍLIA Volvocaceae									
<i>Eudorina</i> sp				X			X		Rara
<i>Gonium</i> sp		X							Rara
<i>Pandorina</i> <i>morum</i>		X		X	X	X	X	X	Comum
CLASSE Chlorophyceae									
ORDEM Chlorococcales									
FAMÍLIA Chlorococcaceae									
<i>Ankyra</i> <i>judayi</i>		X							Rara
<i>Ankyra</i> sp								X	Rara
<i>Chlorococcum</i> cf. <i>infusum</i>				X					Rara
<i>Chlorococcum</i> sp		X		X	X	X	X	X	Comum
<i>Schroederia</i> <i>setigera</i>		X	X						Rara
<i>Schroederia</i> sp		X	X	X					Comum
<i>Tetraëdron</i> cf. <i>trigonum</i>						X			Rara
<i>Tetraëdron</i> <i>caudatum</i>		X				X			Rara
<i>Tetraëdron</i> <i>minimum</i>	X	X		X		X			Comum
<i>Tetraëdron</i> sp						X			Rara
FAMÍLIA Coccomyxaceae									
<i>Elakatothrix</i> cf. <i>gelatinosa</i>					X				Rara
FAMÍLIA Dictyosphaeriaceae									
<i>Dictyosphaerium</i> <i>ehrenbergianum</i>	X								Rara
<i>Dictyosphaerium</i> <i>elegans</i>						X			Rara
<i>Dictyosphaerium</i> cf. <i>pulchellum</i>								X	Rara
<i>Dictyosphaerium</i> <i>pulchellum</i>	X	X	X	X	X	X	X		Comum
<i>Dictyosphaerium</i> <i>tetrachotomum</i>		X							Rara
<i>Dictyosphaerium</i> sp	X	X	X	X	X	X	X		Comum
<i>Dimorphococcus</i> <i>lunatus</i>				X			X		Rara

Continuação Anexo A

	ATIB	PC-P	PCAM	CRUM	JUMI	ANOR	SORO	SMIG	F
<i>Monoraphidium irregulare</i>		X	X			X			Rara
<i>Monoraphidium komarkovae</i>	X					X		X	Rara
<i>Monoraphidium minutum</i>			X		X	X	X		Comum
<i>Monoraphidium nanum</i>		X				X	X	X	Comum
<i>Monoraphidium pusillum</i>						X		X	Rara
<i>Monoraphidium tortile</i>	X	X	X	X	X	X	X		Constante
<i>Monoraphidium</i> sp	X		X						Rara
<i>Nephrocytium</i> cf. <i>agardhianum</i>				X	X				Rara
<i>Nephrocytium</i> sp					X	X			Rara
<i>Oocystis lacustris</i>	X	X	X	X	X	X	X		Comum
<i>Oocystis</i> sp	X	X	X	X	X	X	X		Comum
<i>Polyedriopsis spinulosa</i>						X			Rara
<i>Quadrigula</i> cf. <i>closterioides</i>		X							Rara
<i>Quadricoccus ellipticus</i>			X						Rara
<i>Raphidocelis</i> sp				X					Rara
<i>Selenastrum</i> sp						X	X		Rara
Oocystaceae N.I.						X			Rara
FAMÍLIA Palmellaceae									
Palmellaceae N.I.	X		X		X	X			Comum
FAMÍLIA Radiococcaceae									
<i>Coenochloris</i> sp	X	X					X		Rara
<i>Eutetramorus fotti</i>	X	X	X	X	X				Comum
<i>Eutetramorus</i> sp			X						Rara
<i>Radiococcus planctonicus</i>		X	X	X	X	X	X		Comum
<i>Radiococcus</i> sp	X	X	X	X	X	X	X	X	Comum
Radiococcaceae N.I.	X	X	X	X	X			X	Comum
FAMÍLIA Scenedesmaceae									
<i>Actinastrum aciculare</i>		X					X		Rara
<i>Actinastrum hantzschii</i>	X	X	X						Comum
<i>Coelastrum</i> cf. <i>asteroideum</i>		X		X	X				Rara
<i>Coelastrum</i> cf. <i>indicum</i>		X							Rara
<i>Coelastrum microporum</i>		X		X					Rara
<i>Coelastrum reticulatum</i>	X	X	X	X	X	X	X		Comum
<i>Coelastrum</i> cf. <i>speciosum</i>							X		Rara
<i>Coelastrum</i> sp	X		X	X	X	X			Comum
<i>Crucigenia fenestrata</i>							X		Rara
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	X	X	X	X	X	X	X		Constante
<i>Crucigeniella rectangularis</i>				X					Rara
<i>Crucigeniella</i> sp					X				Rara
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>armatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	Constante
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i>	X	X	X	X		X	X	X	Comum
<i>Desmodesmus brasiliensis</i>	X			X	X				Comum
<i>Desmodesmus brevispina</i>				X					Rara
<i>Desmodesmus communis</i>	X	X	X	X	X	X	X		Comum
<i>Desmodesmus denticulatus</i>	X	X		X	X	X	X		Comum

Continuação Anexo A

Continuação Anexo A	ATIB	PC-P	PCAM	CRUM	JUMI	ANOR	SORO	SMIG	F
<i>Desmodesmus dispar</i>		X				X	X		Rara
<i>Desmodesmus</i> cf. <i>heteracanthus</i>		X							Rara
<i>Desmodesmus intermedius</i> var. <i>intermedius</i>	X	X	X			X	X		Comum
<i>Desmodesmus intermedius</i> var. <i>acutispinus</i>	X	X		X	X	X			Comum
<i>Desmodesmus maximus</i>	X			X		X			Comum
<i>Desmodesmus opoliensis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	Constante
<i>Desmodesmus protuberans</i>	X	X	X	X					Rara
<i>Desmodesmus spinosus</i>	X	X		X		X			Comum
<i>Desmodesmus</i> cf. <i>spinosus</i>	X								Rara
<i>Desmodesmus</i> sp	X	X			X	X			Comum
<i>Didymocystis comasii</i>						X			Rara
<i>Didymocystis fina</i>		X	X	X	X	X			Comum
<i>Didymocystis planctonica</i>	X			X	X	X			Comum
<i>Didymocystis</i> sp			X		X	X			Rara
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	Comum
<i>Scenedesmus acutus</i>		X	X	X		X			Comum
<i>Scenedesmus disciformis</i>			X	X		X			Rara
<i>Scenedesmus ecornis</i>	X	X	X	X	X	X			Comum
<i>Scenedesmus graevenitzii</i>						X			Rara
<i>Scenedesmus javanensis</i>	X	X	X	X		X	X		Comum
<i>Scenedesmmus</i> cf. <i>obliquos</i>		X							Rara
<i>Scenedesmus obtusus</i>	X			X					Rara
<i>Scenedesmus ovalternus</i>			X	X		X			Rara
<i>Scenedesmus perforatus</i>						X			Rara
<i>Scenedesmus</i> cf. <i>producto-capitatus</i>						X			Rara
<i>Scenedesmus</i> cf. <i>smithii</i>				X					Rara
<i>Scenedesmus</i> sp	X			X	X				Rara
<i>Tetrachlorella</i> cf. <i>alternans</i>						X			Rara
<i>Tetrachlorellasp</i>		X	X	X	X		X		Comum
<i>Tetrallantos lagerheimii</i>		X				X			Rara
<i>Tetrastrum glabrum</i>								X	Rara
<i>Tetrastrum heteracanthum</i>				X	X	X			Rara
<i>Tetrastrum</i> cf. <i>komarekii</i>	X								Rara
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>		X							Rara
<i>Tetrastrum triangulare</i>		X				X	X		Rara
Scenedesmaceae N.I.						X			Rara
FAMÍLIA Treubariaceae									
<i>Desmatractum indutum</i>						X			Rara
<i>Pachycladella</i> sp							X		Rara
<i>Treubaria setigera</i>						X			Rara
<i>Treubaria triapendiculata</i>						X			Rara
<i>Treubaria</i> sp	X					X			Rara
CLASSE Zygnemaphyceae									
ORDEM Desmidiales									

Continuação Anexo A	ATIB	PC-P	PCAM	CRUM	JUMI	ANOR	SORO	SMIG	F
<i>Mougeotia</i> sp		X						X	Rara
<i>Spirogyra</i> sp		X							Rara
CLASSE Prasinophyceae									
ORDEM Pedinomonadales									
FAMÍLIA Pyramimonadaceae									
<i>Protochroomonas</i> sp		X					X		Rara
CLASSE Trebouxiophyceae									
ORDEM Prasiolales									
FAMÍLIA Prasiolaceae									
<i>Stichococcus</i> sp	X								Rara
BACILLARIOPHYTA									
CLASSE Bacillariophyceae									
ORDEM Achnanthes									
FAMÍLIA Achnanthaceae									
<i>Achnanthes inflata</i>	X			X					Rara
<i>Achnanthes</i> sp			X						Rara
FAMÍLIA Achnanthidiaceae									
<i>Achnanthidium exiguum</i>			X						Rara
<i>Achnanthidium</i> cf. <i>minutissimum</i>	X			X	X				Rara
<i>Achnanthidium</i> sp	X	X	X	X	X		X		Comum
<i>Planothidium</i> sp		X		X					Rara
ORDEM Bacillariales									
FAMÍLIA Bacillariaceae									
<i>Nitzschia</i> cf. <i>acicularis</i>		X			X		X		Comum
<i>Nitzschia brevissima</i>		X		X			X		Rara
<i>Nitzschia</i> cf. <i>dissipata</i>				X			X		Rara
<i>Nitzschia fruticosa</i>				X					Rara
<i>Nitzschia</i> cf. <i>linearis</i>							X		Rara
<i>Nitzschia longissima</i>				X					Rara
<i>Nitzschia palea</i>		X		X					Comum
<i>Nitzschia</i> cf. <i>palea</i>	X		X		X	X	X		Comum
<i>Nitzschia</i> cf. <i>recta</i>					X				Rara
<i>Nitzschia</i> sp1	X						X		Rara
<i>Nitzschia</i> sp	X	X	X	X	X	X	X	X	Constante
<i>Nitzschia</i> spp	X								Rara
<i>Hantzschia amphioxys</i>	X	X	X	X		X	X	X	Comum
<i>Tryblionella</i> sp			X	X					Comum
FAMÍLIA Cocconeidaceae									
<i>Cocconeis placentula</i>				X					Rara
<i>Cocconeis</i> sp		X		X					Rara
ORDEM Cymbellales									
FAMÍLIA Cymbellaceae									
<i>Cymboplectra</i> sp		X		X					Rara
<i>Cymbella</i> cf. <i>tumida</i>					X		X		Rara
<i>Cymbella</i> sp					X		X		Comum

Continuação Anexo A	ATIB	PC-P	PCAM	CRUM	JUMI	ANOR	SORO	SMIG	F
<i>Encyonema</i> cf. <i>silesiacum</i>	X			X	X		X		Comum
<i>Encyonema</i> sp		X		X			X		Comum
<i>Encyonema</i> / <i>Cymbella</i> sp				X					Rara
<i>Placoneis</i> sp				X					Rara
Cymbellaceae NI					X				Rara
FAMÍLIA Gomphonemataceae									
<i>Gomphonema gracile</i>		X		X		X	X		Rara
<i>Gomphonema</i> cf. <i>parvulum</i>	X			X					Rara
<i>Gomphonema subtile</i>	X	X			X				Rara
<i>Gomphonema</i> sp1	X								Rara
<i>Gomphonema</i> sp	X	X	X	X		X	X	X	Comum
ORDEM Eunotiales									
FAMÍLIA Eunotiaceae									
<i>Eunotia bilunaris</i>	X	X		X					Rara
<i>Eunotia camelus</i>			X	X				X	Rara
<i>Eunotia didyma</i>				X					Rara
<i>Eunotia maior</i>		X					X		Rara
<i>Eunotia</i> cf. <i>monodon</i>				X					Rara
<i>Eunotia praerupta</i>							X		Rara
<i>Eunotia rabenhorstii</i>				X			X		Rara
<i>Eunotia</i> cf. <i>rynchocephala</i>				X					Rara
<i>Eunotia</i> sp	X	X	X	X	X		X	X	Comum
ORDEM Naviculales									
FAMÍLIA Amphipleuraceae									
<i>Amphipleura lindheimerii</i>	X			X			X		Comum
<i>Amphipleura</i> sp	X								Rara
<i>Frustulia crassinervia</i>	X								Rara
<i>Frustulia saxonica</i>	X								Rara
<i>Frustulia</i> sp		X							Rara
FAMÍLIA Diadesmiaceae									
<i>Diadesmis contenta</i>		X					X	X	Rara
<i>Luticola nivalis</i>							X		Rara
<i>Luticola</i> sp1	X								Rara
<i>Luticola</i> sp	X	X	X	X			X		Comum
FAMÍLIA Diploneidaceae									
<i>Diploneis</i> cf. <i>ovalis</i>				X					Rara
<i>Diploneis</i> sp				X	X				Rara
FAMÍLIA Naviculaceae									
<i>Capartogramma crucicula</i>		X					X		Rara
<i>Geissleria aikenensis</i>							X		Rara
<i>Geissleria</i> sp	X								Rara
<i>Navicula</i> cf. <i>cryptocephala</i>		X							Rara
<i>Navicula</i> cf. <i>cryptotenella</i>					X				Rara
<i>Navicula radiosa</i>		X		X			X		Rara
<i>Navicula rostellata</i>	X	X		X					Rara

Continuação Anexo A	ATIB	PC-P	PCAM	CRUM	JUMI	ANOR	SORO	SMIG	F
<i>Navicula</i> cf. <i>schroeterii</i>	X		X	X	X			X	Comum
<i>Navicula</i> sp1	X		X	X	X		X		Comum
<i>Navicula</i> sp2				X			X		Rara
<i>Navicula</i> sp3				X					Rara
<i>Navicula</i> sp	X	X	X	X	X	X	X	X	Constante
<i>Navicula</i> / <i>Craticula</i> sp	X		X						Rara
Naviculaceae N. I.				X	X		X	X	Rara
FAMÍLIA Neidiaceae									
<i>Neidium</i> cf. <i>affine</i>			X						Rara
<i>Neidium</i> sp	X	X	X						Rara
FAMÍLIA Pinnulariaceae									
<i>Pinnularia</i> cf. <i>gibba</i>				X					Rara
<i>Pinnularia</i> cf. <i>viridis</i>				X			X		Rara
<i>Pinnularia</i> sp	X	X	X	X		X	X	X	Constante
FAMÍLIA Pleurosigmataceae									
<i>Gyrosigma</i> cf. <i>scalproides</i>	X		X						Rara
<i>Gyrosigma</i> sp1	X								Rara
<i>Gyrosigma</i> sp	X	X	X	X	X		X		Comum
FAMÍLIA Sellaphoraceae									
<i>Sellaphora</i> <i>pupula</i>	X	X		X		X	X		Comum
<i>Sellaphora</i> sp		X							Rara
FAMÍLIA Stauroneidaceae									
<i>Craticula</i> <i>ambigua</i>				X	X				Rara
<i>Craticula</i> sp	X			X					Rara
<i>Craticula</i> / <i>Navicula</i> sp				X					Rara
ORDEM Rhopalodiales									
FAMÍLIA Rhopalodiaceae									
<i>Rhopalodia</i> sp				X	X				Rara
ORDEM Surirellales									
FAMÍLIA Surirellaceae									
<i>Stenopterobia</i> sp				X	X				Rara
<i>Surirella</i> <i>angusta</i>		X							Rara
<i>Surirella</i> sp	X		X	X	X		X		Comum
ORDEM Thalassiophysales									
FAMÍLIA Catenulaceae									
<i>Amphora</i> cf. <i>ovalis</i>				X					Rara
<i>Amphora</i> sp		X			X				Rara
CLASSE Fragilariophyceae									
ORDEM Fragilariales									
FAMÍLIA Fragilariaceae									
<i>Asterionella</i> <i>formosa</i>	X	X	X				X		Comum
<i>Fragilaria</i> <i>capucina</i>	X	X		X	X		X		Comum
<i>Fragilaria</i> <i>delicatissima</i>							X		Rara
<i>Fragilaria</i> sp	X	X	X	X	X	X			Comum
<i>Synedra</i> cf. <i>acus</i>	X	X		X			X		Comum

Continuação Anexo A	ATIB	PC-P	PCAM	CRUM	JUMI	ANOR	SORO	SMIG	F
<i>Synedra goulardii</i>		X	X	X					Comum
<i>Synedra / Fragilaria</i> sp		X					X		Rara
<i>Synedra</i> sp	X	X	X		X		X		Comum
<i>Ulnaria ulna</i>	X	X	X	X	X		X	X	Constante
ORDEM Tabellariales									
FAMÍLIA Tabellariaceae									
<i>Tabellaria</i> sp	X								Rara
CLASSE Coscinodiscophyceae									
ORDEM Aulacoseirales									
FAMÍLIA Aulacoseiraceae									
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i>	X	X	X	X	X		X	X	Constante
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	X	X	X	X	X		X		Comum
<i>Aulacoseira ambigua</i>	X						X		Rara
<i>Aulacoseira</i> cf. <i>ambigua</i>	X	X	X	X	X		X		Comum
<i>Aulacoseira</i> sp1	X	X	X	X	X		X		Comum
ORDEM Biddulphiales									
FAMÍLIA Biddulphiaceae									
<i>Hydrosera whampoensis</i>		X	X	X					Rara
<i>Terpsinoë musica</i>		X	X	X					Rara
ORDEM Chaetocerotales									
FAMÍLIA Acanthocerataceae									
<i>Acanthoceras zacariazii</i>		X	X				X		Rara
ORDEM Melosirales									
FAMÍLIA Melosiraceae									
<i>Melosira varians</i>	X	X	X	X	X		X		Constante
ORDEM Orthoseirales									
FAMÍLIA Ortoseiraceae									
<i>Orthoseira roeseana</i>							X		Rara
ORDEM Rhizosoleniales									
FAMÍLIA Rhizosoleniaceae									
<i>Urosolenia eriensis</i>	X	X	X				X		Comum
<i>Urosolenia longiseta</i>	X		X		X		X		Comum
ORDEM Thalassiosirales									
FAMÍLIA Stephanodiscaceae									
<i>Cyclotella meneghinianna</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	Constante
<i>Cyclotella</i> sp				X	X			X	Comum
<i>Cyclotella / Discostella</i> sp	X	X	X	X	X	X	X		Comum
<i>Discostella stelligera</i>	X	X	X		X	X	X		Comum
<i>Discostella</i> sp	X		X		X	X			Comum
FAMÍLIA Thalassiosiraceae									
<i>Thalassiosira weissflogii</i>	X	X	X		X	X			Comum
<i>Thalassiosira</i> sp						X			Rara
ORDEM Triceratales									
FAMÍLIA Triceratiaceae									
<i>Pleurosira laevis</i>		X							Rara

Continuação Anexo A	ATIB	PC-P	PCAM	CRUM	JUMI	ANOR	SORO	SMIG	F
CYANOBACTERIA									
CLASSE Cyanophyceae									
ORDEM Chroococcales									
FAMÍLIA Chroococcaceae									
<i>Chroococcus</i> cf. <i>dispersus</i>				X					Rara
<i>Chroococcus</i> cf. <i>minor</i>	X		X	X	X			X	Comum
<i>Chroococcus minutus</i>	X	X	X	X	X				Comum
<i>Chroococcus turgidus</i>					X				Rara
<i>Chroococcus</i> sp	X	X	X	X	X	X		X	Comum
FAMÍLIA Merismopediaceae									
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	X	X	X	X	X	X	X		Comum
<i>Aphanocapsa</i> cf. <i>elachista</i>				X			X		Rara
<i>Aphanocapsa</i> cf. <i>incerta</i>		X							Rara
<i>Aphanocapsa</i> cf. <i>koodersii</i>				X	X				Rara
<i>Aphanocapsa</i> cf. <i>planctonica</i>		X							Rara
<i>Aphanocapsa</i> sp	X	X	X	X	X	X	X	X	Comum
<i>Coelomoron tropicalis</i>					X				Rara
<i>Coelomoron</i> sp	X	X	X	X			X		Comum
<i>Coelosphaerium</i> sp			X						Rara
<i>Gomphosphaeria</i> sp							X		Rara
<i>Merismopedia</i> cf. <i>glauca</i>					X				Rara
<i>Merismopedia punctata</i>	X	X	X	X	X		X	X	Comum
<i>Merismopedia tenuissima</i>	X	X	X		X			X	Comum
<i>Merismopedia</i> sp		X		X			X	X	Comum
<i>Snowella lacustris</i>		X							Rara
<i>Snowella</i> sp		X			X		X		Rara
<i>Sphaerocavum brasiliense</i>	X		X	X					Comum
<i>Sphaerocavum</i> sp		X	X						Rara
<i>Synechocystis aquatilis</i>				X		X			Rara
Merismopediaceae N.I.							X		Rara
FAMÍLIA Microcystaceae									
<i>Microcystis</i> cf. <i>aeruginosa</i>		X	X						Rara
<i>Microcystis wesenbergii</i>	X	X							Rara
<i>Microcystis</i> sp	X	X	X	X					Comum
FAMÍLIA Synechococcaceae									
<i>Aphanothece</i> sp						X		X	Rara
<i>Cyanogranis ferruginea</i>	X	X			X	X			Comum
<i>Synechococcus nidulans</i>					X				Rara
<i>Synechococcus</i> sp					X		X	X	Rara
ORDEM Nostocales									
FAMÍLIA Nostocaceae									
<i>Anabaenopsis</i> sp				X					Rara
<i>Aphanizomenon</i> cf. <i>gracile</i>		X					X		Rara
<i>Aphanizomenon</i> sp		X			X				Rara
<i>Cuspidothrix</i> sp					X		X		Rara

Continuação Anexo A	ATIB	PC-P	PCAM	CRUM	JUMI	ANOR	SORO	SMIG	F
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	X	X			X		X		Comum
<i>Cylindrospermopsis/Raphidiopsis</i> sp					X				Rara
<i>Dolichospermum circinalis</i>		X	X						Rara
<i>Dolichospermum spiroides</i>		X	X						Rara
<i>Dolichospermum</i> sp	X	X	X		X				Comum
<i>Raphidiopsis</i> sp	X	X	X		X				Comum
ORDEM Oscillatoriales									
FAMÍLIA Borziaceae									
<i>Komvophoron</i> sp	X								Rara
FAMÍLIA Oscillatoriaceae									
<i>Oscillatoria</i> sp	X	X							Rara
FAMÍLIA Phormidiaceae									
<i>Phormidium</i> sp	X		X	X	X		X	X	Comum
<i>Planktothrix agardhii</i>		X						X	Rara
<i>Planktothrix isothrix</i>		X	X	X	X		X	X	Comum
<i>Planktothrix</i> sp		X							Rara
<i>Spirulina subsalsa</i>						X			Rara
FAMÍLIA Pseudanabaenaceae									
<i>Geitlerinema splendidum</i>	X	X			X	X		X	Comum
<i>Geitlerinema unigranulatum</i>						X		X	Comum
<i>Geitlerinema</i> sp		X	X			X		X	Comum
<i>Geitlerinema/Jaaginema</i> sp		X							Rara
<i>Limnothrix</i> sp						X			Rara
<i>Planktolyngbya</i> sp			X	X			X	X	Comum
<i>Pseudanabaena catenata</i>						X			Rara
<i>Pseudanabaena mucicola</i>		X	X		X				Comum
<i>Pseudanabaena</i> sp	X	X	X		X	X	X	X	Comum
Pseudanabaenaceae N.I.			X						Rara
CHRYSTOPHYTA									
CLASSE Chrysophyceae									
ORDEM Chromulinales									
FAMÍLIA Chrysococcaceae									
<i>Chrysococus</i> sp		X			X	X			Rara
FAMÍLIA Dinobryaceae									
<i>Dinobryon bavaricum</i>		X	X				X	X	Comum
<i>Dinobryon divergens</i>	X			X	X		X		Comum
<i>Dinobryon sertularia</i>	X					X	X	X	Comum
<i>Dinobryon</i> sp						X			Rara
<i>Pseudokephyrion</i> sp	X	X	X	X		X		X	Comum
FAMÍLIA Mallomonadaceae									
<i>Mallomonas</i> sp1	X			X	X		X		Comum
<i>Mallomonas</i> sp	X	X	X	X				X	Comum
FAMÍLIA Ochromonadaceae									
<i>Synura</i> cf. <i>uvella</i>		X							Rara
<i>Synura</i> sp	X			X			X	X	Comum

Continuação Anexo A	ATIB	PC-P	PCAM	CRUM	JUMI	ANOR	SORO	SMIG	F
CRYPTOPHYTA									
CLASSE Cryptophyceae									
ORDEM Cryptomonadales									
FAMÍLIA Cryptomonadaceae									
<i>Chroomonas</i> sp					X				Rara
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>brasiliensis</i>				X			X		Rara
<i>Cryptomonas</i> <i>erosa</i>	X		X			X	X		Comum
<i>Cryptomonas</i> <i>marsonii</i>	X	X	X		X		X		Comum
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>obovata</i>		X				X	X		Comum
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>phaseolus</i>						X			Rara
<i>Cryptomonas</i> <i>platyuris</i>		X							Rara
<i>Cryptomonas</i> sp	X	X		X	X	X	X	X	Comum
<i>Rhodomonas</i> <i>lacustris</i>		X				X	X		Rara
Cryptomonadaceae NI							X		Rara
PYRROPHYTA									
CLASSE Dinophyceae									
ORDEM Peridinales									
FAMÍLIA Peridiniaceae									
<i>Peridinium</i> sp	X	X	X		X	X	X	X	Comum
Peridiniaceae NI			X		X				Rara
Dinophyceae N.I.						X	X		Rara
EUGLENOPHYTA									
CLASSE Euglenophyceae									
ORDEM Euglenales									
FAMÍLIA Euglenaceae									
<i>Cryptoglana</i> <i>skujae</i>	X	X		X					Rara
<i>Euglena</i> <i>anabaena</i>	X					X	X		Rara
<i>Euglena</i> cf. <i>caudata</i>		X		X	X	X		X	Comum
<i>Euglena</i> <i>ehrenbergii</i>						X	X		Rara
<i>Euglena</i> cf. <i>elastica</i>	X								Rara
<i>Euglena</i> cf. <i>polymorpha</i>						X			Rara
<i>Euglena</i> sp1						X			Rara
<i>Euglena</i> sp	X	X		X	X	X	X	X	Comum
<i>Lepocinclis</i> <i>acus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	Comum
<i>Lepocinclis</i> <i>caudata</i>						X			Rara
<i>Lepocinclis</i> <i>fusiformis</i>	X	X			X	X		X	Comum
<i>Lepocinclis</i> <i>ovum</i> var. <i>ovum</i>	X	X		X	X	X	X	X	Comum
<i>Lepocinclis</i> <i>ovum</i> var. <i>dimidio-minor</i>	X	X				X	X	X	Comum
<i>Lepocinclis</i> <i>oxyuris</i>	X			X	X	X	X	X	Comum
<i>Lepocinclis</i> <i>piriformis</i>						X			Rara
<i>Lepocinclis</i> <i>salina</i>	X	X			X	X	X	X	Comum
<i>Lepocinclis</i> <i>texta</i>	X				X	X			Rara
<i>Lepocinclis</i> <i>truncata</i>	X								Rara
<i>Lepocinclis</i> sp		X				X	X	X	Comum
<i>Monomorphina</i> cf. <i>pyrum</i>						X			Rara

Continuação Anexo A

	ATIB	PC-P	PCAM	CRUM	JUMI	ANOR	SORO	SMIG	F
<i>Monomorphina</i> sp						X		X	Rara
<i>Phacus acuminatus</i>	X				X	X	X	X	Comum
<i>Phacus agilis</i>						X			Rara
<i>Phacus</i> cf. <i>cochleatus</i>						X			Rara
<i>Phacus</i> cf. <i>contortus</i>							X	X	Rara
<i>Phacus contortus</i>		X				X			Rara
<i>Phacus</i> cf. <i>curvicauda</i>						X	X	X	Comum
<i>Phacus</i> cf. <i>hamatus</i>						X	X		Rara
<i>Phacus longicauda</i> var. <i>longicauda</i>		X		X	X	X	X	X	Comum
<i>Phacus longicauda</i> var. <i>torta</i>						X	X	X	Rara
<i>Phacus longicauda</i> var. <i>insecta</i>						X			Rara
<i>Phacus onyx</i>					X		X		Rara
<i>Phacus orbicularis</i>						X			Rara
<i>Phacus</i> cf. <i>pleuronectes</i>						X	X		Rara
<i>Phacus suecicus</i>		X					X		Rara
<i>Phacus</i> cf. <i>undulatus</i>						X	X		Rara
<i>Phacus</i> sp	X			X	X	X	X	X	Comum
<i>Strombomonas fluviatilis</i>						X			Rara
<i>Strombomonas</i> sp	X	X		X	X	X	X	X	Comum
<i>Strombomonas</i> cf. <i>urceolata</i>							X		Rara
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>abrupta</i>							X		Rara
<i>Trachelomonas armata</i>						X	X		Rara
<i>Trachelomonas armata</i> var. <i>steinii</i>						X	X		Rara
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>bacillifera</i>					X	X			Rara
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>bernardii</i>							X		Rara
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>conica</i>								X	Rara
<i>Trachelomonas curta</i>	X	X					X	X	Rara
<i>Trachelomonas curta</i> var. <i>minima</i>	X			X	X	X			Comum
<i>Trachelomonas dastuguei</i>							X		Rara
<i>Trachelomonas intermedia</i>					X				Rara
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>hexangulata</i>								X	Rara
<i>Trachelomonas hispida</i> var. <i>hispida</i>	X	X	X		X	X	X		Comum
<i>Trachelomonas hispida</i> var. <i>coronata</i>	X			X		X	X		Comum
<i>Trachelomonas hispida</i> var. <i>crenulatocollis</i>					X	X	X	X	Comum
<i>Trachelomonas lacustris</i>	X						X		Rara
<i>Trachelomonas lemmermanii</i>						X			Rara
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>oblonga</i>	X			X	X	X	X	X	Comum
<i>Trachelomonas obtusa</i>						X			Rara
<i>Trachelomonas planctonica</i>					X	X			Rara
<i>Trachelomonas planctonica</i> var. <i>flexicollis</i>						X	X		Rara
<i>Trachelomonas pulcherrima</i>	X				X		X		Comum
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>pusilla</i>							X		Rara
<i>Trachelomonas sculpta</i>		X				X	X		Rara
<i>Trachelomonas similis</i>						X			Rara
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>varians</i>		X				X	X		Comum

ANEXO B

Riqueza da comunidade Fitoplanctônica nos rios Atibaia, Piracicaba, Corumbataí, Jundiá-Mirim, Água do Norte, Sorocamirim e São Miguel Arcanjo.

Continuação Anexo B:

Riqueza da comunidade Fitoplantônica nos rios Atibaia, Piracicaba, Corumbataí, Jundiá-Mirim, Água do Norte, Sorocamirim e São Miguel Arcanjo.

Anexo C

Comparação dos resultados físicos, químicos, biológicos e da densidade do fitoplâncton no período seco e chuvoso durante o ano de 2009, dos rios Atibaia (ATIB), Piracicaba na captação de Piracicaba (PCP), Piracicaba na captação de Americana (PCAM), Corumbataí (CRUM), Jundiá-Mirim (JUMI), Água do Norte (ANOR), Sorocamirim (SORO) e São Miguel Arcanjo (SMIG).

RESULTADOS	ATIB		PCP		PCAM		CRUM		JUMI		ANOR*		SORO*		SMIG*	
	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva
Temperatura da água (°C)	19,0	25,3	22,3	26,1	21,5	25,3	20,8	27,0	18,0	25,0	23,7	29,3	16,8	22,0	15,5	23,0
pH	6,7	7,0	7,0	6,9	6,9	6,8	7,0	6,9	7,3	6,8	7,1	7,6	7,5	6,4	7,1	7,5
Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	109,0	105,5	254,0	181,5	167,0	128,5	156,5	113,5	81,5	77,5	273,0	157,5	85,0	77,0	80,0	54,5
Oxigênio dissolvido (mg.L^{-1})	8,1	7,2	3,1	2,9	5,0	4,5	6,1	4,9	8,5	6,1	3,8	5,2	6,7	3,9	5,7	5,0
Turbidez (NTU)	28,5	50,5	27,7	205,5	10,8	155,2	13,5	95,5	18,5	67,5	16,5	13,6	10,5	24,5	14,1	83,0
DBO _{5,20} (mg/L)	3,0	3,5	7,0	6,5	3,0	5,0	3,5	5,5	<2,0	<2,0	58,5	15,0	2,0	5,0	3,5	2,0
Carbono Orgânico Dissolvido (mg/L)	3,9	6,0	5,9	6,2	4,1	6,6	3,8	6,4	3,4	3,9	34,1	11,5	6,3	8,8	---	---
Fósforo Total (mg.L^{-1})	0,40	0,75	1,4	1,5	1,2	0,7	0,6	0,5	0,3	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Nitrogênio Amoniacal (mg.L^{-1})	0,7	0,7	2,0	0,7	0,6	0,4	0,6	0,3	0,1	0,1	<0,1	---	<0,1	<0,1	0,3	0,1
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg.L^{-1})	0,9	1,2	2,0	0,8	0,8	0,6	0,7	0,3	0,3	0,2	1,4	1,2	0,6	0,7	1,1	1,2
Nitrito (mg/L)	0,09	0,07	0,35	0,95	0,07	0,08	0,20	0,15	0,01	0,01	0,00	0,00	<0,01	<0,01	0,04	0,01
Nitrato (mg/L)	1,0	1,1	0,2	0,2	1,2	1,3	1,7	1,1	0,4	0,4	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8	0,3
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL) - (média geométrica)	3747	2548	53889	44900	1949	5686	1530	5675	36	452	2782	1056	300	1527	4970	6079
Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	0,3	0,4	4,8	4,5	1,8	3,6	1,2	---	---	---	93,0	13,3	1,4	1,8	33,3	9,1
Densidade total do Fitoplâncton (organismos/mL)	99	151	727	451	500	120	368	239	666	465	76374	9597	498	227	4173	624

Anexo D

Arnaldo Tiago Ribeiro Amorim de Oliveira

- Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/0770220568696107>
- Última atualização do currículo em 09/03/2011

Biólogo com experiência em laboratório de análises ambientais. Atuante na área de indicadores biológicos de poluição e biomonitoramento da qualidade da água. Conhecimento avançado de taxonomia e sistemática de algas e cianobactérias e de todos procedimentos analíticos. Experiência consolidada em ensaios ecotoxicológicos, sistema de qualidade em análises biológicas, amostragens hidrobiológicas, índices de qualidade da água, legislação de qualidade da água. Atualmente coordena o laboratório de comunidades aquáticas da empresa Bioagri Ambiental, e realiza mestrado na área de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da USP. **(Texto informado pelo autor)**

Identificação

Nome

Arnaldo Tiago Ribeiro Amorim de Oliveira

Nome em citações bibliográficas

OLIVEIRA, A. T. R. A.

Sexo

Masculino

Endereço

Endereço Profissional

Bioagri Ambiental Ltda.

Rua Dr. José Elias nº 98

Alto da Lapa

05083-030 - Sao Paulo, SP - Brasil

Telefone: (11) 23713195

GRÁTIS (11) 23713195

Formação acadêmica/titulação

2010

Mestrado em andamento em Saúde Pública (Conceito CAPES 5).

Universidade de São Paulo, USP, Brasil.

Título: Comunidade fitoplanctônica no monitoramento de rios do estado de São Paulo, Orientador: José Luiz Negrão Mucci.

2000 - 2003

Graduação em Ciências Biológicas.

Universidade Ibirapuera, UNIB, Brasil.

Anexo E

José Luiz Negrão Mucci

- Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/0289549606567555>
- Última atualização do currículo em 21/08/2012

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade de Santo Amaro (1980), mestrado em Ecologia pela Universidade de São Paulo (1986) e doutorado em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo (1993). Atualmente é professor livre-docente da Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Ecologia, com ênfase em Limnologia Aplicada, atuando principalmente nos seguintes temas: limnologia, qualidade da água, educação ambiental, saúde pública e fitoplâncton. **(Texto informado pelo autor)**

Identificação

Nome

José Luiz Negrão Mucci

Nome em citações bibliográficas

MUCCI, José Luiz Negrão

Sexo

Masculino

Endereço

Endereço Profissional

Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Departamento de Saúde Ambiental.

Av. Dr. Arnaldo, 715 - 1º andar Depto. de Saúde Ambiental

Jardim Paulista

01246-904 - São Paulo, SP - Brasil

Telefone: (11) 30617895 GRÁTIS (11) 30617895

Fax: (11) 30667732

URL da Homepage: <http://www.fsp.usp.br>

Formação acadêmica/titulação

2002

Livre-docência.

Faculdade de Saúde Pública.

Título: Índices biológicos de poluição hídrica com ênfase no fitoplâncton e sua aplicação em hidrobiologia sanitária, Ano de obtenção: 2002.

Palavras-chave: Indicadores biológicos de poluição hídrica.

Grande área: Ciências Biológicas / Área: Ecologia / Subárea: Ecologia Aplicada / Especialidade: Limnologia Aplicada.

Setores de atividade: Captação, Tratamento e Distribuição de Água, Limpeza Urbana, Esgoto e Atividades Conexas.

1988 - 1993

Doutorado em Saúde Pública (Conceito CAPES 5).

Universidade de São Paulo, USP, Brasil.

Título: A Influência da Decomposição da Vegetação na Qualidade da Água de Reservatórios, Ano de obtenção: 1993.

Orientador: Aristides Almeida Rocha.

Palavras-chave: Qualidade da água; Reservatórios; Vegetação Terrestre.

Grande área: Ciências Biológicas / Área: Ecologia / Subárea: Ecologia Aplicada / Especialidade: Limnologia Aplicada.

Setores de atividade: Produtos e Serviços Voltados Para A Defesa e Proteção do Meio Ambiente, Incluindo O Desenvolvimento Sustentado; Captação, Tratamento e Distribuição de Água, Limpeza Urbana, Esgoto e Atividades Conexas.

1983 - 1986

Mestrado em Ecologia (Conceito CAPES 5).

Universidade de São Paulo, USP, Brasil.

Título: Dinâmica da Autodepuração de Águas Residuárias da Industrialização do Palmito, Ano de Obtenção: 1986.

Orientador: Aristides Almeida Rocha.

Palavras-chave: Autodepuração; Resíduos; Sucessão Ecológica.

Grande área: Ciências Biológicas / Área: Ecologia / Subárea: Ecologia Aplicada / Especialidade: Limnologia Aplicada.

Setores de atividade: Produtos e Serviços Voltados Para A Defesa e Proteção do Meio Ambiente, Incluindo O Desenvolvimento Sustentado.

1977 - 1980

Graduação em Ciências Biológicas.

Universidade de Santo Amaro, UNISA, Brasil.