

ANÁLISE DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DA REGIÃO FLUVIAL DO RESERVATÓRIO DE FOZ DO AREIA, PARANÁ.

Clarisse Teixeira Adloff Serpe^{1*}; Fabiano Ramiro Serpe²; Carla Cristina Bem³; Alexandre Gonçalves Cordeiro Neto⁴; Luma Caroline dos Santos⁵ & Júlio César Rodrigues de Azevedo⁶

Resumo – O objetivo do trabalho foi avaliar o grau de trofia a partir da análise da comunidade fitoplanctônica e de alguns parâmetros físicos e químicos. As amostras de fitoplâncton foram coletadas na região da zona fluvial à montante do reservatório em novembro de 2012. Três pontos amostrais foram escolhidos; um ponto na região pelágica e dois pontos, um em cada margem. Para a realização da análise quantitativa as amostras foram sedimentadas em câmaras do tipo Utermöhl e analisadas através de um microscópio invertido Zeiss, utilizando um aumento de 400 X. Foram contados 100 campos aleatórios ou até a obter 400 indivíduos da espécie mais freqüente. Foram identificados 37 táxons, dos quais 9 pertenciam a classe Cyanophyceae, 19 táxons da classe Chlorophyceae, dois da classe Chrysophyceae, quatro táxons da classe Bacillariophyceae, dois da classe Zygnematophyceae, e uma espécie da classe Euglenophyceae. A espécie *Microcystis aeruginosa* foi dominante em todos os pontos, com densidade de 22.768,81 céls. mL⁻¹ no ponto 1. As espécies que apresentaram maior densidade foram *M. aeruginosa*, *Pseudanabaena mucicola* e *Dolichospermum spiroides*, indicando a eutrofização do ambiente.

Palavras-Chave – eutrofização, fitoplâncton, reservatório.

ANALYSIS OF RIVERINE ZONE PHYTOPLANKTON FROM FOZ DO AREIA RESERVOIR, PARANÁ.

Abstract – The aim of this study was to evaluate the trophic level from the analysis of phytoplankton and some physical and chemical parameters. The phytoplankton samples were collected in the region of the river area upstream of the reservoir in November 2012. Three sampling points were chosen; one point in the pelagic zone and two points, one on each margin. To realization of the quantitative analysis, the samples were sedimented on the Utermöhl chambers and analyzed using a Zeiss inverted microscope using a magnification of 400 X. Thousand random fields were counted and 400 individuals to get the most frequent species. 37 taxa were reported, 9 of the class Cyanophyceae, 19 taxa of Chlorophyceae, two of the Class Chrysophyceae, four taxa of the class Bacillariophyceae, two of the Class Zygnematophyceae, and one genera of class Euglenophyceae. The species *Microcystis aeruginosa* was dominant in all points with density 22768.81 cels. mL⁻¹ in point 1. The species with the highest density were *M. aeruginosa*, *Pseudanabaena mucicola* and *Dolichospermum spiroides* indicating eutrophication of the environment.

Keywords: eutrophication, phytoplankton, reservoir.

¹ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental – UTFPR (PPGCTA/UTFPR): clarisse.adloff.serpe@gmail.com

² Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental – UFPR (PPGERHA/UFPR): fabiano.ramiro.serpe@gmail.com

³ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental – UFPR (PPGERHA/UFPR): carlacristina.bem@gmail.com

⁴ Aluno de Graduação em Química – UTFPR (DAQBI/UTFPR): cordeironeto2010@hotmail.com

⁵ Aluna de Graduação em Processos Ambientais – UTFPR (DAQBI/UTFPR): luminha_20@hotmail.com

⁶ Docente do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental – UTFPR (PPGCTA/UTFPR): jcrazevedo@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O aumento de atividades antrópicas de alto impacto, como o lançamento de esgotos e ocupação desordenada do solo pela urbanização, agricultura e pecuária nas margens de reservatórios e rios, tem levado ao enriquecimento excessivo de nutrientes nesses ambientes, em especial de fósforo (P) e nitrogênio (N), produzindo o efeito conhecido como eutrofização (Pinto-Coelho *et al.*, 1999). De acordo Silva *et al.* (2005), o enriquecimento de nutrientes nos corpos d'água, devido à eutrofização artificial, favorece o desenvolvimento do fitoplâncton e ocasiona freqüentes florações de cianobactérias em ambientes aquáticos.

A composição e biomassa das espécies de fitoplâncton em reservatórios dependem das inter-relações de fatores físicos, como temperatura e circulação; fatores químicos, como concentração de nutrientes e distribuição relativa dos diferentes íons dissolvidos na água; e fatores biológicos, como a interação entre as espécies, efeitos da predação e parasitismo (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008). Além desses fatores, a dinâmica e estrutura da comunidade de fitoplâncton depende do gradiente longitudinal que um reservatório apresenta. Segundo Thornton *et al.* (1990), devido a sua natureza híbrida lago-rio, os reservatórios possuem tanto gradientes verticais e horizontais nos fatores abióticos que controlam a produção de fitoplâncton. Os gradientes longitudinais podem apresentar três zonas distinguíveis: zonas fluviais, de transição e lacustre.

As zonas fluviais do reservatório são caracterizadas por alto fluxo, curto tempo de residência, alto nível de nutrientes disponível, sólidos suspensos, relativa extinção de luz para porções rio abaixo do reservatório. Turbidez abiogênica freqüentemente limita a penetração de luz e conseqüentemente limita a profundidade da camada fótica. Geralmente a área da produtividade primária é luz-limitada (Thornton, *et al.*, 1990).

Para um melhor entendimento das alterações que ocorrem em um rio, lago ou reservatório é preciso conhecer a dinâmica dos ciclos biogeoquímicos que tão profundamente são influenciados pela comunidade fitoplanctônica. Segundo Hötzel e Croome (1999), o fitoplâncton é particularmente sensível as mudanças de nutrientes e responde rapidamente quando os níveis aumentam. É considerado um indicador de qualidade ambiental ou bioindicador, pois apresenta distribuição cosmopolita, características ecológicas amplamente conhecidas, abundância numérica, baixa mobilidade, é de fácil manipulação em experimentos *in vitro*, fácil de quantificar e padronizar e principalmente, é altamente sensíveis a estresse ambiental (Füreder e Reynolds, 2003).

O objetivo do trabalho foi avaliar o grau de trofia a partir da análise da comunidade fitoplanctônica e de alguns parâmetros físicos e químicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O rio Iguaçu é o maior tributário do rio Paraná, o maior rio do Estado do Paraná (Brasil), formado pela junção do rio Atuba e do rio Iraí. Cinco hidrelétricas foram construídas à 238 km de Curitiba; Foz do Areia, Salto Segredo, Salto San Tiago, Salto Osório e Salto Caxias. Juntas têm uma capacidade de 6.644 megawatts, responsável por aproximadamente 6,5% da produção de energia do país (Copel, 2008).

O reservatório de Foz do Areia, situado no médio Iguçu, está localizada entre as coordenadas 25° 53'S e 51° 13'O e 26° 12' S e 51° 41'O, situado entre os municípios de Pinhão e Bituruna. Foi formado a partir da construção da Usina Hidrelétrica Governador Bento Munhoz da Rocha Neto. A área inundada foi de 139 km² com um volume de 5,8 x 10⁸ m³ e profundidade máxima de 160 m (Copel, 2008).

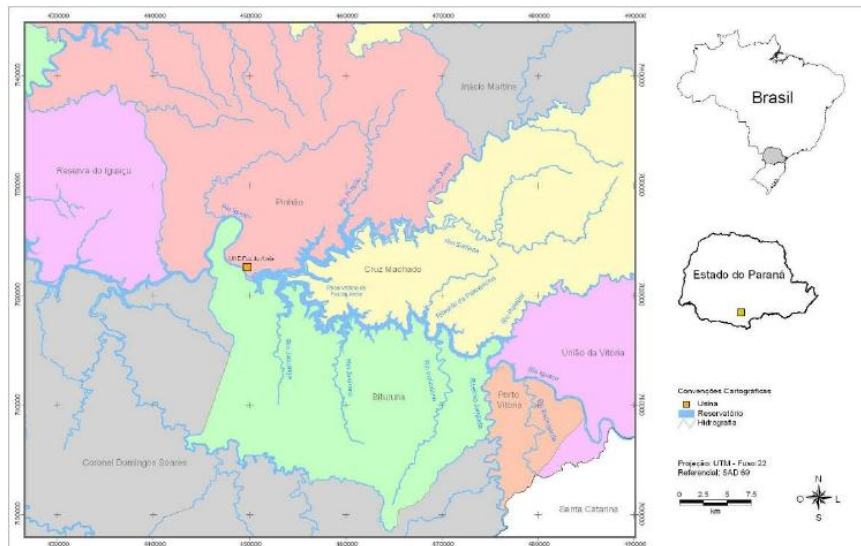


Figura 1: Localização do reservatório de Foz do Areia.
Fonte: Brassac *et al.*, (2008).

Amostragem e análise dos dados

As amostras de fitoplâncton foram coletadas na região da zona fluvial à montante do reservatório em novembro de 2012. Três pontos amostrais foram escolhidos; um ponto na região pelágica e dois pontos, um em cada margem. As amostras foram coletadas com uma frasco âmbar de 250 mL diretamente do ambiente à uma profundidade de 0,5 metro e preservadas imediatamente com solução contendo lugol alcalino, formalina e tiosulfato de sódio (Sherr e Sherr, 1993).

Para a realização da análise quantitativa as amostras foram sedimentadas em câmaras do tipo Utermöhl e analisadas através de um microscópio invertido Zeiss modelo Axiovert 40 C, utilizando um aumento de 400 X. Foram contados 100 campos aleatórios ou até a obter 400 indivíduos da espécie mais freqüente.

A identificação foi realizada através com o auxílio de literaturas específicas: Desikachary (1959); Kumar (1967); Bellinger (1980); Cox (1996); Canter-Lund & Lund (1998); Bicudo e Menezes (2006); Sant'Anna *et al.* (2006); Da Silva *et al.* (2009) e Sant'Anna *et al.* (2012).

O índice de riqueza de espécies (R) foi medido pelo número de táxons presentes na amostra. A determinação dos índices de Shannon (H') e de Equitabilidade (J) utilizam as densidades das espécies no cálculo. Foi utilizado o software GWBASIC (Ludwig & Reynolds, 1988). As análises químicas foram realizadas de acordo APHA (2005).

RESULTADOS

Foram identificados 37 táxons, dos quais 9 pertenciam a classe Cyanophyceae, 19 táxons da classe Chlorophyceae, dois da classe Chrysophyceae, quatro táxons da classe Bacillariophyceae, dois da classe Zygnematophyceae, e uma espécie da classe Euglenophyceae. Apesar das clorofíceas apresentarem uma maior riqueza, as cianofíceas apresentaram quase 100% da densidade total das espécies fitoplanctônicas nos três pontos amostrais, sendo eles; 99,37% no ponto 1; 98,52% no ponto 2 e 97,98% no ponto 3. A espécie *Microcystis aeruginosa* foi dominante em todos os pontos, com densidade de 22.768,81 céls. mL⁻¹ no ponto 1. As espécies que apresentaram maior densidade foram *M. aeruginosa*, *Pseudanabaena mucicola* e *Dolichospermum spiroides* (Tabela 1).

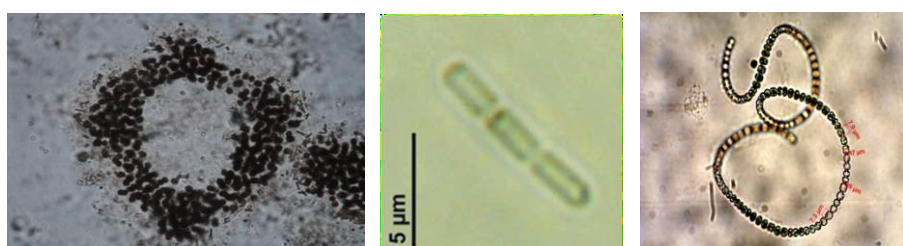


Figura 2: Espécies mais abundantes da classe Cyanophyceae: *Microcystis aeruginosa* ((kützing) Lemermann, 1907); *Dolichospermum spiroides* ((Klebahn) Walcklin, Hoffmann & Komárek, 2009); *Pseudanabaena mucicola* (Naumann & Huber-Pestalozzi Schwabe, 1964).

Todos os pontos apresentaram densidades de cianobactérias acima do valor estabelecido pelo CONAMA 357/2005 para os padrões de qualidade de água do tipo classe 1 e classe 2, no qual o valor máximo permitido para cianobactérias é de 20.000 céls. mL⁻¹. Essas espécies apresentam capacidade de assimilar o ortofosfato em excesso durante períodos de elevadas concentrações de nutrientes (Fernandes *et al.*, 2005). Provavelmente a floração ocorrida pode estar relacionada com as elevadas concentrações de fósforo. A concentração do P-total, foram de 0,46 mg/L P no ponto 1; 0,44 mg/L P no ponto 2 e 0,54 mg/L P no ponto 3. Todos os pontos apresentaram concentrações acima dos valores aceitáveis (CONAMA 357/2005), onde o valor máximo para ambientes lênticos é de 0,02 mg/L e de 0,025 mg/L para ambientes intermediários dentro da classificação para corpos aquáticos do tipo classe 1.

Os pontos de coleta localizam-se em uma região fluvial do reservatório; uma região que apresenta fluxo rápido, curto tempo de residência, turbidez elevada e a camada de mistura excedendo a da zona fótica, segundo Kimmel *et al.* (1990), dificultando o desenvolvimento das comunidades fitoplanctônicas, no entanto a população da *M. aeruginosa* desenvolveu-se bem.

Tabela 1: Variáveis físicas e químicas do reservatório de Foz do Areia em novembro de 2012. Todos os parâmetros

Pontos	P-total	P-PO43-	N-NO2-	N-NH3	N-NO3-	Norg	Ntotal	OD	Turb
Ponto 1	0,46601	0,069964	0,011167	0,008633	0,059594	6,298	6,377519	7,26	43,4
Ponto 2	0,440851	0,055404	0,010267	0,0077	0,059667	6,859	6,937038	7,18	42,2
Ponto 3	0,549303	0,051014	0,0108	0,009833	0,071037	6,047	6,13844	7,01	42,2

Tabela 2: Densidade, média e desvio padrão (DP) das espécies fitoplanctônicas do reservatório de Foz do Areia.

Táxons	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Média	±	DP
Cyanophyceae						
<i>Microcystis aeruginosa</i>	22768,81	20728,62	17564,35	20353,93	±	2622,38
<i>Microcystis panniformis</i>	0,00	0,00	1746,39	582,13	±	1008,28
<i>Pseudanabaena mucicola</i>	830,00	7403,97	7223,63	5152,53	±	3744,51
<i>Dolichospermum spiroides</i>	214,19	174,93	212,02	200,38	±	22,07
<i>Dolichospermum circinalis</i>	0,00	1,78	1,86	1,21	±	1,05
<i>Aphanocapsa koodersii</i>	0,00	1,78	870,41	290,73	±	502,01
<i>Gloeocapsa crepidinum</i>	0,00	1,78	1,86	1,21	±	1,05
<i>Merismopedia tenuissima</i>	1,78	0,00	0,00	0,59	±	1,03
<i>Merismopedia glauca</i>	0,00	0,00	1,86	0,62	±	1,07
Chlorophyceae						
<i>Kirchneriella sp.</i>	37,48	35,70	239,92	104,37	±	117,40
<i>Shroederia indica</i>	21,42	33,91	70,67	42,00	±	25,60
<i>Shroederia setigera</i>	1,78	0,00	0,00	0,59	±	1,03
<i>Scenedesmus bijugatus</i>	3,57	0,00	0,00	1,19	±	2,06
<i>Scenedesmus parvus</i>	1,78	0,00	0,00	0,59	±	1,03
<i>Scenedesmus linearis</i>	0,00	0,00	1,86	0,62	±	1,07
<i>Scenedesmus diformus</i>	1,78	0,00	0,00	0,59	±	1,03
<i>Scenedesmus acutus</i>	1,78	0,00	0,00	0,59	±	1,03
<i>Dimorphococcus lunatus</i>	1,78	0,00	1,86	1,21	±	1,05
<i>Tetrastrum triangulare</i>	0,00	3,57	3,72	2,43	±	2,11
<i>Micratinium pusillum</i>	0,00	0,00	5,58	1,86	±	3,22
<i>Korshikoviella limnetica</i>	0,00	0,00	1,86	0,62	±	1,07
<i>Monoraphydium tortile</i>	7,14	0,00	0,00	2,38	±	4,12
<i>Akanthochloris sherffellii</i>	1,78	0,00	0,00	0,59	±	1,03
<i>Actinotaenium wollei</i>	0,00	7,14	0,00	2,38	±	4,12
<i>Volvox aureus</i>	1,78	0,00	0,00	0,59	±	1,03
<i>Chlorella vulgaris</i>	1,78	0,00	0,00	0,59	±	1,03
<i>Chlorococcum humicola</i>	1,78	7,14	0,00	2,97	±	3,72
<i>Actinastrum aciculare</i>	0,00	1,78	1,86	1,21	±	1,05
Chrysophyceae						
<i>Rhodomonas minuta</i>	71,39	333,79	225,04	210,07	±	131,84
<i>Mallomonas sp.</i>	1,78	0,00	1,86	1,21	±	1,05
Bacillariophyceae						
<i>Aulacoseira distans</i>	1,78	0,00	14,88	5,55	±	8,13
<i>Aulacoseira granulata</i>	1,78	1,78	1,86	1,81	±	0,05
<i>A. granulata var. angustissima</i>	1,78	0,00	1,86	1,21	±	1,05
<i>Urosolenia longiseta</i>	1,78	0,00	1,86	1,21	±	1,05
Zygnematophyceae						
<i>Staurastrum planctonicum</i>	0,00	1,78	0,00	0,59	±	1,03
<i>Staurastrum sp.</i>	0,00	0,00	1,86	0,62	±	1,07
Euglenophyceae						
<i>Trachelomonas oblonga</i>	1,78	1,78	0,00	1,19	±	1,03

O índice de diversidade de Shannon (H') foi muito baixo ($H' < 1,0$) no ponto 1 e 2, indicando uma forte tendência à eutrofização, e o ponto 3 apresentou uma diversidade moderada de $1,06 \text{ bits.ind}^{-1}$, indicando um ambiente menos propício a proliferação das cianofíceas. No ponto 3; uma densidade de $239,92 \text{ céls.mL}^{-1}$ (densidade mais alta que os p1 e p2) da clorofíceas do gênero *Kirchneriella sp.*, associado a um $H' > 1,0$ indica um ambiente com maior capacidade de resiliência.

O índice de equitabilidade (J) foi baixo em todos os pontos de coleta indicando que apenas uma ou poucas espécies estão dominando, e as altas densidades de *Microcystis aeruginosa* vêm corroborar estes baixos índices, sendo ela uma espécie altamente dominante na presença de várias espécies de clorofíceas e demais espécies raras. O índice de riqueza foi maior no ponto 3 (1,56), revelando uma relativa diminuição no stress desta microregião (Figura 3).

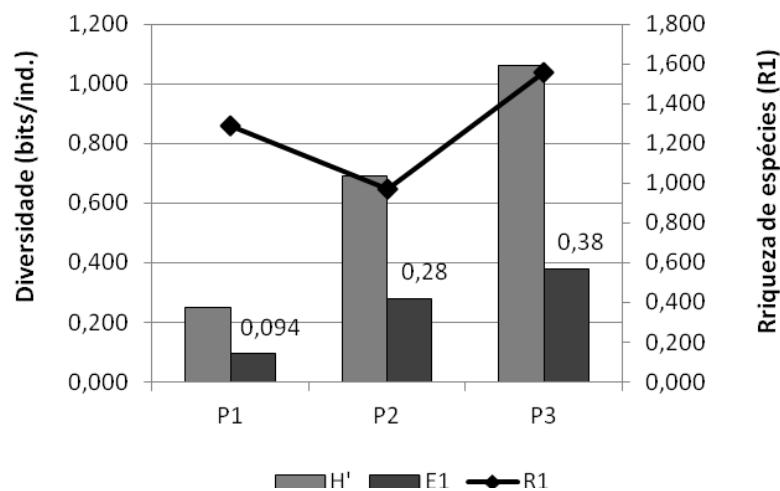


Figura 3: Índices de diversidade de Shannon (H'), Equitabilidade de Pielou (E1) e riqueza de Margalef (R1) dos pontos analisados.

Houve uma correlação positiva (Figura 4) forte entre *Microcystis aeruginosa* e com OD ($R = 0,9967$, $p = 0,051$) e negativa entre a *Microcystis aeruginosa* e as espécies *Pseudoanabaena mucicola* ($R = -0,7827$), *Kirchneriella sp.* ($R = -0,9183$) e *Shroederia indica* ($R = -0,9183$). Isto pode ser um indicativo que o predomínio da *Microcystis aeruginosa* esteja afetando negativamente a abundância das demais espécies.

O nitrato apresentou correlação positiva significativa ($p < 0,05$) com *Merismopedia tenuissima*, *Kirchneriella sp.*, *Aphanocapsa koodersii*, *Microcystis panniformis*, *Gloeocapsa crepdinium*, *Merismopedia glauca*, *Micratinium pusillum*, *Korshikoviella limnetica*, *Scenedesmus linearis*, *Mallomonas sp.*, *Aulacoseira distans* e *Urosolenia longiseta*, indicando que esta é a principal fonte de nitrogênio assimilável.

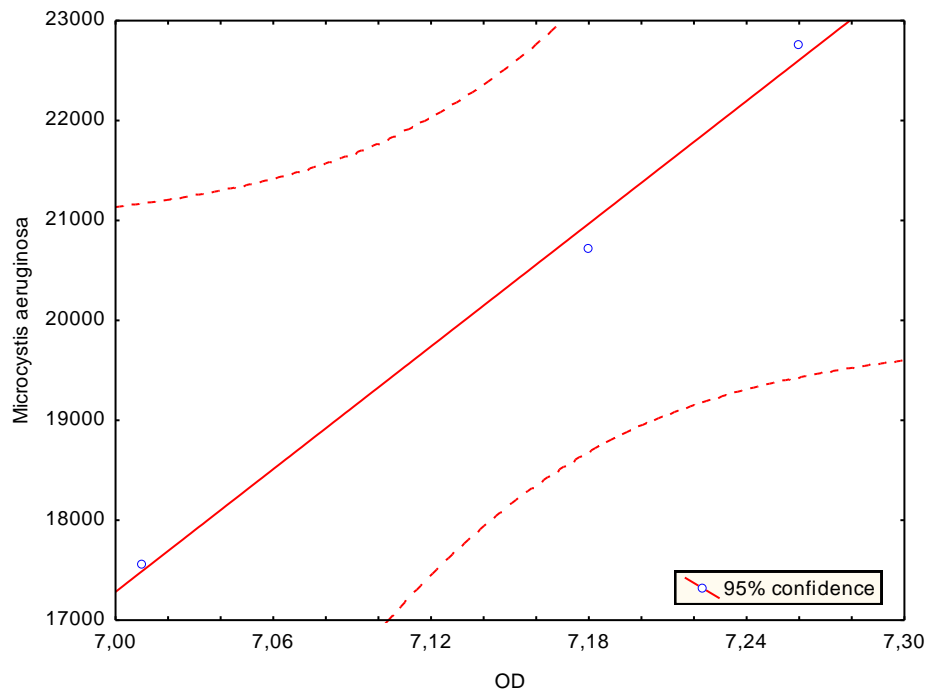


Figura 4: Correlação entre a concentração do oxigênio dissolvido (OD), em mg/L, e densidade da *Microcystis aeruginosa*.

A região fluvial do reservatório de Foz do Areia apresentou características de ambiente eutrofizado devido à ocorrência de floração, apesar de ser uma região menos propícia ao desenvolvimento de populações de microalgas. A dominância da espécie *Microcystis aeruginosa*, baixa diversidade de espécies, baixo índice de equitabilidade e elevada concentração de fósforo são evidências claras de um limnosistema poluído.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, CAPES, CNPq e a Fundação Araucária.

REFERÊNCIAS

- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21 ed. New York - American Public Health Association.
- BELLINGER, E. B. (1992). *Key to Common Algae. Freshwater, estuarine and some coastal species*. The institute of water and Environmental Management - London, 138 p.
- BICUDO, C. E. De M. e MENEZES, M. (2006). *Gênero de Algas de águas continentais do Brasil - Chave para Identificação e Descrição*. Rima – São Carlos – SP,
- BRASSAC, N.M.; DALLA-NORA, A.; MIRANDA, T.L.G.; LUDWIG, T.A. (2008). Relatório anual do automonitoramento trimestral da qualidade das águas superficiais do Rio Iguaçu na região

da Usina Hidrelétrica Foz do Areia (PR). Curitiba: LACTEC (Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento), 45p.

CANTER-LUND, H. e LUND, J. W. (1998). *Freshwater Algae – Their Microscopic world explored*. Biopress Limitif - England, 360 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2005. Resolução Conama no 357. Disponível em: < www.mma.conama.gov.br/conama > Acesso em 31/05/2006.

COPEL. Usina Bento Munhoz da Rocha Netto. Disponível em: <<http://www.copel.com>>. Acesso em: 23 nov. 2008

COX, E. J. (1996). *Identification of freshwater Diatoms from live Material*. Chapman & Hall – London, 158 p.

DA SILVA, L. H. *et al.* (2009). Algas Planctônicas em Reservatórios de Hidrelétricas Brasileiras – Atlas, Museu Nacional - Rio de Janeiro, 155 p.

DESIKACHARY, T. V. (1959); *Cyanophyta*, Indian Council of agricultura research New Delhi, 241 p.

FÜREDER, L.; REYNOLDS, J.D. (2003). Is *Austropotamobius pallipes* a good bioindicator?. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 157-163 p.

GERTRAUD H. and ROGER C. (1999). A phytoplankton methods manual for Australian freshwaters, ed: Green Words & Images, Canberra, 58 p.

KUMAR, K. (1967). *Chlorophyta*, Indian Council of agricultura research New Delhi, 365 p.

KIMMEL, B. L., LIND, O. T. and PAULSON, L. J. (1990). Reservoir Primary Production. In *Reservoir Limnology: Ecological Perspectives*. Thornton, W. K., W.; Kimmel, B. L.; Payne, E. F. John Wiley & Sons - New York, pp. 133 - 193

LUDWIG, J.A. and REYNOLDS, J.F. (1988). *Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing*. Wiley & Sons - U.S.A., 337 p.

PINTO-COELHO, R.M.; COELHO, M.M; ESPÍRITO-SANTO, M.M. e CORNELISSEN, T.G. (1999). Efeitos da eutrofização na estrutura da comunidade planctônica no lago da Pampulha, Belo Horizonte – MG. In Henry, R. (ed.). *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais*. Fapesp/Fundibio Botucatu - Sp, pp. 553 - 572

SANT'ANNA, C *et al.* (2006). *Manual Ilustrado para Identificação e Contagem de Cianobactérias Planctônicas de Águas Continentais Brasileiras*. Interciências – Rio de Janeiro, 58 p.

SANT'ANNA, LEITE, C. *et al.* (2012). *Atlas de Cianobactérias e Microalgas de Águas Continentais Brasileiras*. Publicação eletrônica Instituto de botânica, Núcleo de Pesquisas em Ficologia – São Paulo – SP, 175 p.

SHEER, E. B.; B. F. SHEER. (1993). Preservation and storage of samples for enumeration of heterotrophic protists. In: *Current Methods in Aquatic Microbial Ecology*. P. Kemp, B. Sherr, E. Sherr, and J. Cole, ed. Lewis Publ. - New York, pp. 207-212.

SILVA, C. A. ; TRAIN, Sueli ; RODRIGUES, CLEIDE, L. (2005). Phytoplankton assemblages in a Brazilian subtropical cascading reservoir system. *Hydrobiologia*, 99-109 p. v. 537, p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. (2008). *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 632 p.