

ANA CAROLINA WOSIACK

**DINÂMICA DA COMUNIDADE DE CIANOBACTÉRIAS DA PRAIA
ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE, RESERVATÓRIO DE ITAIPU, PR.**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Botânica, área de concentração em Taxonomia e Ecologia de Microalgas, Departamento de Botânica, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Botânica.

Orientadora: Thelma Veiga Ludwig
Co-orientadora: Célia Leite Sant'Anna

**CURITIBA, PR.
2005**

AGRADECIMENTOS

A Profa. Dra. Thelma Veiga Ludwig, minha orientadora, por ter seguido comigo nesta longa jornada. Pelos momentos bons e ruins, pelos “puxões de orelha” e pelas “passadas de mão na cabeça”. Por ter me ensinado o caminho da pesquisa.

A Profa. Dra. Célia Sant’Anna, minha co-orientadora, por ter me ajudado nos momentos mais difíceis, com seu jeito sempre terno e doce. Toda minha gratidão e admiração.

A Profa. Dra. Andréa Tucci, pela salvadora disciplina de estatística. Sem você eu jamais teria conseguido desvendar este mistério.

Ao Dr. Cleverson V. Andreoli da SANEPAR por prontamente se dispor a participar da banca.

Ao Prof. Dr. Luciano Felício Fernandes por todas as sugestões e correções.

Ao pessoal da turma do mestrado de 2003 da UFPR, em especial o “povo” da ficologia.

A todos do Instituto de Botânica em São Paulo, em especial Ricardo e Regina, pelo auxílio na identificação das cianobactérias e aplicação do índice de estado trófico. Acima de tudo muito obrigada pela recepção sempre calorosa.

As minhas grandes amigas Biólogas Leuni L. Domingues e Christine da F. Xavier do Laboratório de Limnologia do IAP por terem me iniciado no mundo da ficologia.

Ao Eng. Químico Renato Fernando Brunkow do laboratório de Limnologia do IAP por todo conhecimento e experiência em limnologia no Reservatório de Itaipu.

A Bióloga Msc. Leda Neiva Dias pelas conversas, sugestões e cafezinhos no laboratório.

A Bióloga Msc. Maria Lúcia M. B. de Medeiros (Malu) por ser um exemplo de pessoa, mãe e profissional que sempre será seguido.

Ao Eng. Químico Fajardo Pacheco Quadrado e futuro Biólogo Eriel Forville de Andrade pelo auxílio nas análises de clorofila, pelas conversas e pelos bons momentos que passamos juntos.

Ao laboratório de Físico Química do IAP pela realização das análises.

Ao pessoal do Geoprocessamento do IAP, Edson e Luiza pela confecção do mapa.

A SUDERHSA pelos dados de pluviosidade.

A Itaipu Binacional pela concessão dos dados físicos e químicos.

A minha família como um todo que sempre me apoiou.

Ao meu companheiro, Rafael, que sempre me apoiou nos meus melhores e piores momentos. Que não reclamou das minhas ausências e sempre me deu carinho quando eu precisei.

Principalmente àqueles a quem devo minha vida, minha conquista e meu caráter, Eliane e José Carlos, mãe e pai, amo muito vocês... se hoje estou onde estou foi graças a todo o esforço de vocês.

“O mau de quase todos nós é que preferimos ser arruinados pelo elogio a sermos salvos pela crítica”

Norman Vincent (Religioso)

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	VII
LISTA DE GRÁFICOS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
1 INTRODUÇÃO	01
2 OBJETIVOS	07
2.1 OBJETIVO GERAL	07
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	07
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	08
3.1 REGIÃO DE ESTUDO.....	08
3.2 AMOSTRAGEM	10
3.3 VARIÁVEIS ANALISADAS	10
3.3.1 VARIÁVEL METEOROLÓGICA	10
3.3.1.1 PLUVIOSIDADE (MM)	10
3.3.2 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA	11
3.3.2.1 TEMPERATURA DA ÁGUA (°C)	11
3.3.2.2 TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA (M)	11
3.3.2.3 ZONA EUFÓTICA (M)	11
3.3.2.4 TURBIDEZ (NTU)	11
3.3.2.5 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ($\mu\text{S CM}^{-1}$)	12
3.3.2.6 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (MG.L^{-1}) E SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (%)	12
3.3.2.7 DÉFICIT DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	12
3.3.2.8 PH	12
3.3.2.9 ALCALINIDADE TOTAL (MG.L^{-1} DE CaCO_3)	12
3.3.2.10 FÓSFORO TOTAL (MG.L^{-1} DE P)	13
3.3.2.11 NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL (MG.L^{-1})	13
3.3.2.12 NITROGÊNIO-NITRATO (MG.L^{-1})	13
3.3.2.13 NITROGÊNIO AMONÍACAL (MG.L^{-1})	13
3.3.2.14 RESÍDUOS SUSPENSOS TOTAIS A 103°C (MG.L^{-1})	13
3.3.2.15 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO_5) (MG.L^{-1})	14
3.3.2.16 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) (MG.L^{-1})	14
3.3.2.17 RAZÃO N:P	14
3.3.3 VARIÁVEIS BIOLÓGICAS	15
3.3.3.1 COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA	15
3.3.3.2 DENSIDADE TOTAL DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA (CÉL.ML^{-1})	15
3.3.3.3 CLOROFILA A (MG.L^{-1})	16
3.4 ILUSTRAÇÕES	17
3.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO	17
3.6 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO	18
3.7 ENQUADRAMENTO RESOLUÇÃO COMANA 357/05	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20

4.1 Variável metereológica	20
4.1.1 Pluviosidade (mm)	20
4.2 Variáveis Físicas e Químicas da Água	21
4.2.1 Temperatura da água (°C)	21
4.2.2 Transparência da água (m) e Turbidez (NTU)	23
4.2.3 Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	25
4.2.4 Oxigênio dissolvido (O.D.) (mg.L^{-1}), Saturação de oxigênio dissolvido (%) e Déficit de oxigênio dissolvido (%).....	27
4.2.5 pH	28
4.2.6 Alcalinidade Total (mg.L^{-1} de CaCO_3)	28
4.2.7 Fósforo Total (mg.L^{-1} de P)	29
4.2.8 Nitrogênio Total Kjeldahl (mg.L^{-1})	30
4.2.9 Nitrogênio-Nitrato (mg.L^{-1})	31
4.2.10 Nitrogênio Amoniacal (mg.L^{-1})	31
4.2.11 Resíduos Suspensos Totais a 103°C (mg.L^{-1})	32
4.2.12 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5) (mg.L^{-1})	33
4.2.13 Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg.L^{-1})	33
4.2.14 Razão N:P	34
4.3 Variáveis Biológicas	35
4.3.1 Composição da Comunidade Fitoplanctônica	35
4.3.2 Contribuição Total da Comunidade Fitoplanctônica (cél.mL^{-1})	35
4.3.3 Clorofila <u>a</u> ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	42
4.4 Tratamento Estatístico	44
4.4.1 Cianobactérias e suas correlações	44
4.4.2 Análise de Componentes Principais (ACP)	45
4.4.2.1 Análise de Componentes Principais dos Fatores Abióticos	45
4.4.2.2 Análise de Componentes Principais dos Fatores Bióticos	48
4.4.3 Análise Canônica de Correspondência (ACC)	50
4.5 Índice de Estado Trófico	51
4.6 Enquadramento na Resolução CONAMA 357/05	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
6 BIBLIOGRAFIA	57
7 APÊNDICE	63
7.1 PRANCHAS	66
7.2 FICHAS DE CAMPO	69
7.3 TERMO DE DISPONIBILIZAÇÃO DOS DADOS	75

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO	19
TABELA 02 - MÉDIAS MENSAS DE PLUVIOSIDADE (MM) DE 1963 A 2003 NA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA SUDERHSA LOCALIZADA NA CIDADE DE ENTRE RIOS DO OESTE, PR. EM DESTAQUE OS MESES ESTUDADOS. 20	
TABELA 03 - VALORES TOTAIS E MÁXIMOS MENSAS DE PLUVIOSIDADE (MM) DO ANO DE 2002 NA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA SUDERHSA LOCALIZADA NA CIDADE DE ENTRE RIOS DO OESTE, PR. EM DESTAQUE OS MESES ESTUDADOS.	20
TABELA 04 - VALORES TOTAIS E MÁXIMOS MENSAS DE PLUVIOSIDADE (MM) NO ANO DE 2003 NA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA SUDERHSA LOCALIZADA NA CIDADE DE ENTRE RIOS DO OESTE, PR. EM DESTAQUE OS MESES ESTUDADOS.	21
TABELA 05 – DADOS FÍSICOS E QUÍMICOS NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES NOS MESES AMOSTRADOS.	22
TABELA 06 – DÉFICIT DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (%) NA COLUNA D'ÁGUA DA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE, NO PERÍODO ESTUDADO.	27
TABELA 07 – RELAÇÃO ENTRE FÓSFORO TOTAL (PT) E NITROGÊNIO SUB-TOTAL (NSUBTOT) NA COLUNA D'ÁGUA DA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE.	34
TABELA 08 – COMPOSIÇÃO E CONTRIBUIÇÃO CELULAR (CÉL.ML ⁻¹) DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE, RESERVATÓRIO DE ITAIPU, NO PERÍODO DE AGO/02 A AGO/03.	36
TABELA 09 – DENSIDADE FITOPLANCTÔNICA (CÉL.ML ⁻¹) E CONTRIBUIÇÕES PERCENTUAIS TOTAIS E MÉDIAS DOS DIFERENTES GRUPOS PARA AS PROFUNDIDADES AMOSTRADAS NO PERÍODO DE ESTUDO.	40
TABELA 10 – VALORES DE CLOROFILA <u>A</u> , MÁXIMO, MÉDIO, MÍNIMO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PARA AS DIFERENTES PROFUNDIDADES AMOSTRADAS, NO PERÍODO DE ESTUDO.	42
TABELA 11 – ÍNDICES DE CORRELAÇÃO ENTRE NÚMERO DE CÉLULAS DE CIANOBACTÉRIAS E PARÂMETROS AMBIENTAIS ANALISADOS. OS VALORES EM NEGRITO REPRESENTAM AS CORRELAÇÕES SIGNIFICATIVAS (MAIORES QUE 0,5).	44
TABELA 12 – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON E KENDALL ENTRE AS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA E OS DOIS PRIMEIROS EIXOS DA ORDENAÇÃO PARA O PERÍODO DE ESTUDO (N= 15).	47
TABELA 13 – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON E KENDALL ENTRE AS VARIÁVEIS BIOLÓGICAS E OS DOIS PRIMEIROS EIXOS DA ORDENAÇÃO, PARA O PERÍODO DE ESTUDO (N= 15).	50
TABELA 14 - RESULTADO DO TESTE DE MONTE CARLO	50

TABELA 15 – RESULTADOS DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO BASEADO EM CARLSON MODIFICADO POR TOLEDO (1990).	51
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 01 - PERFIS VERTICAIS DE TEMPERATURA DA ÁGUA (°C) E OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg.L⁻¹) NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE NO PERÍODO ESTUDADO.	24
GRÁFICO 02 – VARIAÇÃO TEMPORAL DE PROFUNDIDADE DE DISCO DE SECCHI (m) E TURBIDEZ (NTU) NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE NO PERÍODO ESTUDADO.	25
GRÁFICO 03 – VARIAÇÃO TEMPORAL E VERTICAL DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (µS cm⁻¹) NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE NO PERÍODO ESTUDADO.	26
GRÁFICO 04 – VARIAÇÃO TEMPORAL E VERTICAL DE pH NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE NO PERÍODO ESTUDADO	28
GRÁFICO 05 – VARIAÇÃO TEMPORAL E VERTICAL DE ALCALINIDADE (mg.L⁻¹ de CaCO₃) NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE NO PERÍODO ESTUDADO.	29
GRÁFICO 06 – VARIAÇÃO TEMPORAL E VERTICAL DE ALCALINIDADE (mg.L⁻¹ de P) NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE NO PERÍODO ESTUDADO.	30
GRÁFICO 07 – VARIAÇÃO TEMPORAL E VERTICAL DE ALCALINIDADE (mg.L⁻¹ de P) NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE NO PERÍODO ESTUDADO.	32
GRÁFICO 08 – CONTRIBUIÇÕES PERCENTUAIS MÉDIAS DAS TRÊS PROFUNDIDADES AMOSTRADAS, PARA AS DIFERENTES CLASSES, NO PERÍODO DE ESTUDO.	37
GRÁFICO 09 – CONTRIBUIÇÕES PERCENTUAIS PARA AS DIFERENTES CLASSES, NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES PARA OS MESES DE AGOSTO E NOVEMBRO DE 2002 E FEVEREIRO E JULHO DE 2003.	38
GRÁFICO 10 – VARIAÇÕES NA CONTRIBUIÇÃO CELULAR (cél.mL⁻¹) E CLOROFILA <i>a</i> (µg.L⁻¹), NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE, NO PERÍODO DE ESTUDO.	43
GRÁFICO 11 – ORDENAÇÃO BILOT, PELA PCA, DAS UNIDADES AMOSTRAIS E DAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS ANALISADAS. AS UNIDADES AMOSTRAIS FORAM IDENTIFICADAS DE ACORDO COM O PERÍODO AMOSTRAL (AGOSTO/02 A AGOSTO/03).	46
GRÁFICO 12 – ORDENAÇÃO BILOT, PELA PCA, DAS UNIDADES AMOSTRAIS E DAS VARIÁVEIS BIOLÓGICAS ANALISADAS. AS UNIDADES AMOSTRAIS FORAM IDENTIFICADAS DE ACORDO COM O PERÍODO AMOSTRAL (AGOSTO/02 A AGOSTO/03).	49

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE ITAIPU NO ESTADO DO PARANÁ E DA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE.	09
FIGURA 02 e 03 - VISTA GERAL DA PRAIA DE ENTRE RIOS DO OESTE ..	64
FIGURA 04 e 05 - FLORAÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS NA PRAIA DE ENTRE RIOS DO OESTE EM AGOSTO/03	64
FIGURA 06 - ASPECTO DE AMOSTRA CONCENTRADA CONTENDO CIANOBACTÉRIAS	64
FIGURA 07 - TÉCNICOS FAZENDO MEDIÇÃO EM CAMPO	65
FIGURA 08 e 09 – PORTAL DE ENTRADA DA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE	65

RESUMO

A praia artificial de Entre Rios do Oeste é formada pela junção do Rio São Francisco Verdadeiro e a parte central do Reservatório de Itaipu e está localizada conforme as coordenadas 54°14'33"W 24°40'54"S. Com o objetivo de estudar a comunidade de cianobactérias planctônicas, de determinar as dinâmicas temporal e vertical deste grupo de organismos e avaliar a relação entre a densidade de cianobactérias e algumas variáveis ambientais analisadas, coletas trimestrais foram realizadas durante o período de agosto/2002 a agosto/2003, numa estação previamente selecionada e em três profundidades (superfície, base da zona eufótica e fundo). As seguintes variáveis ambientais e biológicas foram analisadas: pluviosidade, temperatura da água, transparência, turbidez, sólidos em suspensão, pH, fósforo total, nitrogênio total, nitrato, amônia, DBO, DQO, clorofila *a* e composição e densidade da comunidade fitoplanctônica. Os resultados foram tratados através da estatística descritiva e análise multivariada, Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise de Correspondência Canônica (ACC). Comparações entre os dados obtidos e a Resolução CONAMA 20/86, bem como o cálculo do Índice do Estado Trófico, também foram efetuados. Em relação aos perfis de temperatura e de oxigênio dissolvido, a coluna d'água esteve estratificada em novembro/2002 e fevereiro/2003 e apresentou boas condições de oxigênio em todo o período estudado. As variáveis que apresentaram correlações significativas (positivas ou negativas) com a densidade de cianobactérias foram as seguintes: clorofila *a*, transparência pH, condutividade, DQO, turbidez e nitrogênio Kjeldahl. De acordo com a ACP para os parâmetros físicos e químicos, os dois primeiros eixos totalizaram 78,23% da variação observada. Com base nestes resultados, o período estudado pode ser dividido em duas fases: fase I (maio a agosto) caracterizada pela estratificação térmica da coluna d'água, maior turbidez causada pela alta densidade de *Microcystis* e também pelos altos valores de resíduos sólidos, alcalinidade, condutividade, nitrogênio e clorofila *a*; fase II (novembro a fevereiro) é caracterizada pela circulação da coluna d'água e alta transparência. De acordo com a análise de ACP para as variáveis biológicas, os três primeiros eixos totalizaram 80,65% da variação observada. Esta análise mostrou diferenças sazonais entre as populações de cianobactérias, isto é, espécies de *Anabaena* dominando em fevereiro/março/agosto/2003 e as demais nos outros meses. Em relação à Análise de Correspondência Canônica (ACC), o teste de Monte Carlo mostrou que ela não foi significativa. Em relação à comunidade fitoplanctônica, mais de 85,78% foi composta por cianobactérias e a sucessão das espécies dominantes (*Anabaena-Microcystis-Anabaena*) pode ser explicada principalmente pela dinâmica do nitrogênio no lago. Quanto ao Índice do Estado Trófico, o ambiente estudado foi classificado como oligotrófico a mesotrófico e permaneceu na classe 2, conforme a resolução CONAMA 357/05.

ABSTRACT

The Entre Rios do Oeste artificial beach is formed by the junction of the São Francisco Verdadeiro River and the central part of Itaipu Reservoir and it is located on the coordinates 54°14'33"W 24°40'54"S. Aiming to study the planktonic cyanobacteria community, to determine the time and vertical dynamics of this group and to evaluate the correlation between cyanobacteria density and the environmental parameters, quarterly collections were carried out from August/2002 to August/2003 in a selected collection station and in three depths (surface, base of euphotic zone and bottom). Environmental parameters such as rainfall, water temperature, transparency, turbidity, suspended residues, pH, total phosphorous, Kjeldahl nitrogen, nitrate, ammonia, DBO, DQO, chlorophyll *a* and composition and density of phytoplanktonic community were analyzed. The results were treated through descriptive statistics, Principal Components Analysis (PCA) and Canonic Correspondence Analysis (CCA). Comparison between the obtained data and the CONAMA Resolution 20/86, as well as calculation of Trophic State Index were carried out. In relation to the temperature and dissolved oxygen profiles, the water column was stratified in November /2002 and February/2003 and throughout the studied period it presented good oxygen conditions. The variables that presented significant correlation indexes (positive or negative) with the density of cyanobacteria were the following: chlorophyll *a*, transparency, pH, conductivity, DQO, turbidity e Kjeldahl nitrogen. According to the PCA for the physical and chemical parameters, the two first axes totalized 78,23% of the observed variation. Based on these results, the studied period can be split in two phases: phase I (May to August) characterized by thermal stratification, higher turbidity caused by high *Microcystis* density and also by high values of residues, alkalinity, conductivity nitrogen and chlorophyll *a*; phase II (November to February) is characterized by water circulation and high transparency of water. According to the PCA analysis for biological variables, the three first axes totalizes 80,65% of the observed variation. This analysis showed seasonal differences between the population of cyanobacteria with *Anabaena* species dominating in February/March/August/2003 and the others in the other months. Regarding to the Canonic Correspondence Analysis (CCA), the Monte Carlo Test showed it was not significant. In relation to the phytoplanktonic community, over 85,78% is composed of the cyanobacteria group. The succession of the dominants species (*Anabaena-Microcystis-Anabaena*) can be explained by the nitrogen and phosphorous dynamic in the lake. In relation to Trophic State Index, the studied environment was classified as oligotrophic to mesotrophic and remained in class 2 according to CONAMA Resolution 357/05.

1 INTRODUÇÃO

As cianobactérias são microorganismos procariontes, uni ou pluricelulares, aeróbicos fotoautotróficos, com reprodução apenas assexuada. Sua origem foi estimada em cerca de 3,5 bilhões de anos, sendo provavelmente os primeiros produtores primários de matéria orgânica a liberarem oxigênio elementar na atmosfera primitiva (CARMICHAEL, 1994). A grande flexibilidade e adaptações bioquímicas, fisiológicas, genéticas e reprodutivas, garantiu a permanência destes organismos até os dias atuais e sua distribuição em diversos ecossistemas: terrestres, aquáticos (lagos, rios, estuários, mares, etc.) e na interface úmida da terra com o ar (rochas, cascas de árvores, paredes, telhados, vidros, etc.) (YUNES, 2003).

A ausência de membrana envolvendo o núcleo e de plastos constituem-se nos principais caracteres que as aproximam das bactérias e, conseqüentemente, as diferenciam dos demais grupos de algas (WERNER, 2002). Além disso, a estrutura química da parede celular das cianobactérias é basicamente a mesma das bactérias Gram-negativas, indicando uma possível relação evolutiva entre as duas. Os principais constituintes da parede celular das cianobactérias são peptidoglicanos, tais como mureína, glicopeptídeos, mucopeptídeos, os quais constituem mais de 50% do peso seco desta estrutura (LEE, 1999). Assemelham-se às bactérias, ainda pela ausência de mitocôndrias, de sistema de golgi e de retículo endoplasmático e pelos pequenos ribossomos (70 S), compostos por subunidades de 16S e 23S (GRAHAM & WILCOX, 2000). Por outro lado, já foram consideradas algas pois são fotossintetizantes, ou seja apresentam clorofila *a* e pigmentos acessórios hidrossolúveis como as ficobilinas, β -carotenos e xantofilas. Possuem ainda, os pigmentos fotossintetizantes organizados em tilacóides, semelhantes aos das Rhodophyta e Glaucophyta (WERNER, 2002).

A diversidade das cianobactérias pode ser vista nos aspectos funcionais da morfologia da célula e na variação das estratégias metabólicas, motilidade e desenvolvimento biológico dentre outros (RIZVI & RIZVI, 1992).

As células das cianobactérias apresentam densidade mais baixa do que a da água, por apresentarem agregados de aerótopos, permitindo sua flutuação. Estas estruturas são câmaras ocas com uma superfície exterior hidrófila e uma superfície

interna hidrofóbica, cuja densidade equivale a um décimo da densidade da água (WALSBY, 1987). Possuem uma bainha mucilaginosa que auxilia no deslizamento das cianobactérias (LEE, 1999), além de proteger contra a dessecação (CHORUS & BARTHAM, 1999) e de representar uma barreira para a maioria das espécies zooplantônicas obstruindo, por exemplo, o sistema de filtração de Cladocera e Copepoda (INFANTE & RIEHL, 1984).

A maioria das cianobactérias apresenta melhor crescimento em temperaturas entre 15 a 30°C (GRAHAM & WILCOX, 2000), e atinge sua taxa máxima de crescimento em temperaturas acima dos 25°C (CHORUS & BARTHAM, 1999), mas algumas espécies podem ser encontradas em temperaturas de até 85 °C (águas termais). O grupo das cianobactérias cresce normalmente em meios alcalinos, nos quais se desenvolvem melhor quando utilizam o íon bicarbonato como fonte de carbono para a fotossíntese. Geralmente não sobrevivem em águas com pH menor que 4 ou 5, ainda que algumas espécies possam sobreviver em águas ácidas (MADIGAN, 1999).

Quando as concentrações de fósforo e nitrogênio aumentam na água (processo de eutrofização), as cianobactérias passam a predominar sobre os outros grupos fitoplanctônicos (algas) e consumidores (crustáceos, peixes, moluscos), os quais equilibram o meio aquático em condições normais. Geralmente, quando os níveis de fósforo e nitrogênio não se encontram elevados, as cianobactérias ficam em desvantagem na competição pela assimilação destes nutrientes em relação às algas e outros microorganismos que, nestas condições, crescem melhor (YUNES, 2001).

A capacidade de fixar N_2 , tanto da água como da atmosfera, confere as cianobactérias um significado especial no meio aquático, pois regulam a relação fósforo e nitrogênio na água. A fixação do nitrogênio requer a presença da enzima nitrogenase, que é sensível ao oxigênio, de maneira que a maior velocidade de fixação ocorre sob tensões reduzidas deste elemento (MADIGAN, 1999).

Ecossistemas eutrofizados dão condições ao aumento excessivo do número de células de cianobactérias ou de outro grupo de algas fitoplanctônicas, fenômeno denominado de florações. O mecanismo que faz com que as cianobactérias dominem

as águas superficiais, pelas florações, é uma estratégia ecológica de melhor utilização da radiação fotossintética e do CO₂, quando estes fatores são escassos na coluna d'água (RAMÍREZ, 2000).

Considerando os grandes impactos antrópicos nos ecossistemas aquáticos como o aporte de esgoto doméstico e industrial, o desmatamento das matas ciliares dentre outros, que cada vez mais favorecem a elevação dos níveis de nitrogênio e fósforo e às estratégias de sobrevivência das cianobactérias, as florações destes microorganismos vêm crescendo de maneira alarmante, provocando grandes problemas em todo o mundo, tanto em termos ecológicos como na área de saúde pública.

A principal preocupação com o aumento da ocorrência de florações de cianobactérias em mananciais é a capacidade desses microorganismos produzirem e liberarem toxinas (cianotoxinas) para o meio líquido. Estas substâncias químicas podem afetar a saúde humana, tanto pela ingestão de água, como por contato em atividades de recreação (FUNASA, 2001). As cianotoxinas, grupo diverso de toxinas naturais, são classificadas por sua ação sobre determinados tecidos-órgãos alvos e não pela sua composição química. Estas substâncias são agrupadas, de modo geral, como: hepatotóxicas, neurotóxicas, dermatotóxicas e aquelas caracterizadas como potentes inibidoras da síntese protéica (YUNES, 2001).

Como as dermatotoxinas são as toxinas mais facilmente notadas pela população que se utiliza os corpos d'água para recreação, daremos aqui destaque apenas a esta, visto que o local de estudo é uma praia artificial.

As reações dermatotóxicas são produzidas por lipopolissacarídeos (LPS) constituintes da parede celular das cianobactérias, também comumente encontrados nas membranas celulares de bactérias Gram negativas (CHORUS & BARTHRAM, 1999).

Apesar do crescente problema das florações de cianobactérias nos ecossistemas aquáticos, poucos trabalhos analisam a dinâmica e manejo destes organismos para fins de balneabilidade.

Em Saskatchewan, um curso fluvial do Canadá, em 1959, apesar da morte de gado e advertências sobre o uso recreativo, várias pessoas banharam-se em um lago

dominado por cianobactérias. Entre elas, treze apresentaram dores de cabeça, náuseas, dores musculares e diarreia. Nas excretas de um paciente, um médico que ingeriu acidentalmente 300 mL de água, foram identificadas várias células de *Microcystis* spp. e alguns tricomas de *Anabaena circinalis* (OMS, 1998).

Na Inglaterra em 1989, dez soldados ficaram doentes logo após nadar e praticar canoagem em águas com uma floração de *Microcystis* spp.; dois deles desenvolveram pneumonia grave atribuída à inalação da toxina de *Microcystis* e tiveram que ser hospitalizados (TURNER *et al.*, 1990).

No Brasil, no estuário da Lagoa dos Patos (RGS), a presença de florações de *Microcystis aeruginosa* provocou irritações na pele de pescadores nativos (YUNES *et al.*, 1996).

Segundo PILOTTO *et al.* (1997), estudos sobre os efeitos da exposição da população as cianobactérias em áreas de recreação, demonstraram que a irritação de pele é um sintoma freqüente e que existe relação entre a contribuição celular de cianobactérias e a duração da exposição.

Em relação à ecologia da comunidade fitoplanctônica em reservatórios do Estado do Paraná às informações são poucas, sendo que a maioria encontra-se em relatórios não publicados, resumos expandidos e dissertações de mestrado.

Pode-se citar o trabalho publicado no reservatório de Segredo (AGOSTINHO & GOMES, 1997), construído para fins hidrelétricos, onde foram realizados dois anos de estudos (de abril de 1994 a março de 1995 e de março de 1995 a março de 1996), demonstrando que este ambiente apresenta alta diversidade específica (mais de 570 táxons) distribuídos principalmente nas classes Chlorophyceae e Bacillariophyceae. No primeiro ano de estudo as diatomáceas e criptofíceas dominaram o corpo principal do reservatório e as diatomáceas dominaram também os remansos. No segundo ano de estudo não foram observada diferença significativa entre os ambientes.

ZEHNDER-ALVES (2003) estudou o reservatório do Piraquara, um reservatório mesotrófico, utilizado como manancial de abastecimento, no período de janeiro de 2000 a março de 2002, com coletas mensais, em seis profundidades. Foi constatada a dominância de dinoflagelados, clorófitas coloniais mucilaginosas,

fitoflagelados (crisófitas) e diatomáceas, sendo que nos períodos de estratificação térmica, durante a primavera e verão, os dinoflagelados e clorófitas tenderam a dominar o fitoplâncton.

O reservatório da usina hidrelétrica de Salto Caxias foi estudado mensalmente, de maio de 1999 a maio de 2000 em três estações de coleta e em quatro profundidades (SZAWKA, 2001). Identificaram-se 220 táxons sendo que a maior riqueza foi encontrada no grupo das Chlorophyceae. No período de estratificação térmica, em densidade de indivíduos, sobressaíram os grupos das Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Chlorophyceae e Cryptophyceae e no período de mistura da coluna d'água, os grupos Cryptophyceae, Bacillariophyceae e Chlorophyceae foram dominantes.

Dentre os estudos em reservatórios que apresentam problemas com florações de cianobactérias pode-se destacar os desenvolvidos no reservatório do Iraí, cujos dados constam apenas de resumos expandidos apresentados em evento (MEDEIROS *et al.*, 2003; VITOLA *et al.*, 2003; FERNANDES & LAGOS, 2003; FERNANDES *et al.*, 2003). Estes autores avaliaram a flutuação espacial e vertical das espécies de cianobactérias e da clorofila *a*. Além do Iraí, o reservatório de Alagados, localizado em Ponta Grossa, (IAP, 2003 – relatório não publicado) passou a ser monitorado semestralmente, desde 2000. Sendo constatadas florações de cianobactérias com predominância de *Cylindrospermopsis raciborskii* no verão e da diatomácea *Asterionella formosa* no inverno. Este reservatório é enquadrado na Classe III (moderadamente degradado) segundo ANDRADE *et al.* (1994).

A ocorrência de cianobactérias no reservatório de Itaipu vem sendo registrada desde 1988 pela equipe de limnologia do Instituto Ambiental do Paraná (IAP, 2001 – Relatório não publicado) através de relatórios internos do próprio instituto. Parte deste relatório, sobre o fitoplâncton do reservatório de Itaipu e sua dinâmica físico-química foi publicada (ANDRADE *et al.*, 1988), entretanto, não são apresentados dados sobre a praia artificial de Entre Rios do Oeste ou o braço São Francisco Verdadeiro. Resultados que incluem a área de estudo (IAP, 2001 - Relatório não publicado) tratam dos aspectos físicos, químicos e biológicos da região desde 1992, demonstrando que o

ambiente de 1992 a 1999 apresentou-se mesotrófico e entre 2000 e 2001 eutrófico. As espécies de cianobactérias consideradas como constantes e acessórias foram: *Anabaena* spp., *Anabaena spiroides*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Microcystis* spp. e *Microcystis aeruginosa*.

Dentre as praias existentes no lado brasileiro do Reservatório de Itaipu, a de Entre Rios do Oeste foi escolhida para estudo pelo fato de já terem sido relatados problemas referentes a florações de cianobactérias. Esta e outras praias existentes no entorno do reservatório são bastante utilizadas pela população da região, para banho e outras atividades recreativas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliar a dinâmica da comunidade de cianobactérias da Praia Artificial de Entre Rios do Oeste, Reservatório de Itaipu, Pr.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar as espécies de cianobactérias planctônicas da praia artificial de Entre Rios do Oeste, Reservatório de Itaipu, Paraná, Brasil.
- Avaliar a correlação entre a biomassa de cianobactérias e as variáveis ambientais.
- Reconhecer os padrões temporais e espaciais verticais da comunidade fitoplanctônica, com enfoque principal nas cianobactérias.
- Avaliar o atual enquadramento da Praia Artificial de Entre Rios do Oeste na Resolução CONAMA 357/05.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Região de estudo

A usina hidrelétrica de Itaipu está localizada no rio Paraná, no trecho de fronteira entre o Brasil e o Paraguai, 14 km ao norte da ponte da Amizade. O início efetivo das obras de construção deste reservatório ocorreu em janeiro de 1974 com o início das obras do canal de desvio do rio Paraná para secar o leito original e assim permitir a construção da barragem principal. Em 13 de outubro de 1982, com a conclusão das obras da barragem de Itaipu, as comportas do canal de desvio foram fechadas e começou a ser formado o reservatório da usina. O lago de Itaipu, com área de 1.350 Km² foi formado em apenas 14 dias. Nesse período, as águas subiram 100 metros e chegaram às comportas do vertedouro às 10 horas do dia 27 de outubro de 1982 (ITAIPU, 2003).

A praia artificial de Entre Rios do Oeste localiza-se entre as coordenadas 54° 14' 33" W 24° 40' 54" S e é formada da junção do braço do rio São Francisco Verdadeiro com o corpo central do reservatório de Itaipu (Figura 01). A região de estudo apresenta profundidade média de 7 metros e máxima de 15 metros com um tempo de residência é de 365 dias (IAP,2003).

O clima da região é enquadrado como Cfa - Clima subtropical; temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (IAPAR, 2004).

A estação de coleta da Praia Artificial de Entre Rios do Oeste é uma das 12 estações monitoradas pelo setor de Limnologia do Instituto Ambiental do Paraná (IAP), no reservatório de Itaipu (Figura 1).

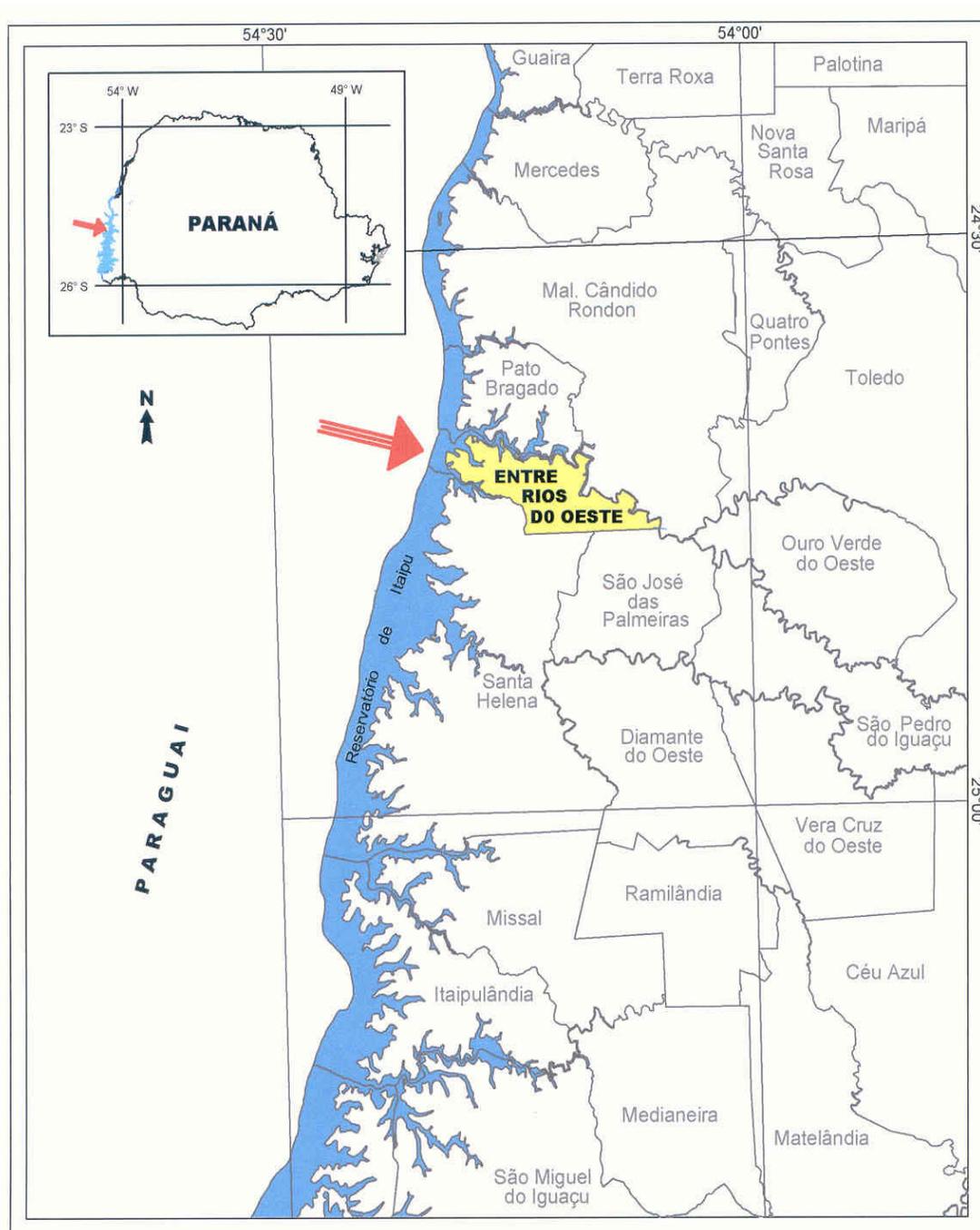


FIGURA 01 – LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE ITAIPU NO ESTADO DO PARANÁ E DA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE.

3.2 Amostragem

As coletas de água foram trimestrais de agosto de 2002 a agosto de 2003, utilizando-se garrafa de Van Dorn para obtenção das amostras para análises da comunidade fitoplanctônica e parâmetros físico-químicos. Uma estação de coleta foi selecionada e a amostragem realizada em três profundidades (superfície, base da zona fótica e fundo) do reservatório. As amostras biológicas depois de acondicionadas e devidamente fixadas com lugol acético foram encaminhadas aos respectivos laboratórios responsáveis. As amostras físicas e químicas foram resfriadas e encaminhadas ao laboratório.

As análises de fitoplâncton (contagem e identificação) foram realizadas no Laboratório de Limnologia do Instituto Ambiental do Paraná, Laboratório de Ficologia da Universidade Federal do Paraná e Laboratório de Ficologia do Instituto de Botânica de São Paulo.

As análises de clorofila *a*, bem como as análises físicas e químicas foram realizadas, respectivamente, pelo Laboratório de Limnologia e de Físico-Química, do Instituto Ambiental do Paraná.

3.3 Variáveis analisadas

3.3.1 Variável meteorológica

3.3.1.1 Pluviosidade (mm)

A precipitação foi fornecida pela Superintendência de Recursos Hídricos (SUDERHSA), na estação localizada a 54°13'57" W 24°41'33" S na altitude de 245 m instalada desde 10/06/1963 com código da ANEEL 02454003.

3.3.2 Variáveis Físicas e Químicas da Água

3.3.2.1 Temperatura da água (°C)

A temperatura da água foi obtida por intermédio de um aparelho medidor de oxigênio dissolvido e temperatura, marca WTW mod. OXI 196, com cabos de 1,5 a 100m. A temperatura é apresentada em perfil térmico com medições a cada metro desde a superfície até o fundo.

3.3.2.2 Transparência da água (m)

A transparência foi obtida a partir dos valores de desaparecimento do disco de Secchi (20 cm de diâmetro) (ESTEVES, 1998).

3.3.2.3 Zona eufótica (m)

A zona eufótica foi estimada com base nos valores de desaparecimento do disco de Secchi multiplicados por três. O valor obtido é admitido como correspondente a 1% da radiação da superfície (ESTEVES, 1998).

3.3.2.4 Turbidez (NTU)

A turbidez foi medida através do método nefelométrico, utilizando turbidímetro marca HACH, modelo 2100 A (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1992).

3.3.2.5 Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)

A condutividade elétrica foi determinada através do método eletrométrico, por meio de aparelho medidor de condutividade marca WTW mod. LF 191 com cabo de 1,5m.

3.3.2.6 Oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) e saturação de oxigênio dissolvido (%)

A concentração de oxigênio e sua saturação foram obtidos por intermédio de um aparelho medidor de oxigênio dissolvido e temperatura, marca WTW mod. OXI 196, com cabos de 1,5 a 100m. O oxigênio dissolvido, bem como a saturação são apresentados em perfis verticais com medições a cada metro desde a superfície até o fundo. (ESTEVES, 1998).

3.3.2.7 Déficit de Oxigênio Dissolvido

O déficit de oxigênio dissolvido é originalmente entendido como a média da diferença entre a concentração real observada e a concentração da saturação na temperatura da camada amostrada, denominado de Déficit Real (HUTCHINSON, 1957).

3.3.2.8 pH

O pH foi obtido por intermédio de pHmetro, marca WTW mod. 196, com cabo de 1,5m.

3.3.2.9 Alcalinidade Total (mg.L^{-1} de CaCO_3)

A alcalinidade foi determinada através do método titulométrico usando indicador (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1992).

3.3.2.10 Fósforo Total (mg.L^{-1} de P)

O fósforo foi determinado através do método do ácido ascórbico (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1992).

3.3.2.11 Nitrogênio Total Kjeldahl (mg.L^{-1})

O Nitrogênio Total Kjeldahl foi determinado através do método do fenato (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1992).

3.3.2.12 Nitrogênio-Nitrato (mg.L^{-1})

O Nitrogênio-Nitrato foi determinado através do método de redução do nitrato a nitrito através de uma coluna de cádmio (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1992).

3.3.2.13 Nitrogênio Amoniacal (mg.L^{-1})

O Nitrogênio Amoniacal foi determinado através da formação do composto azul intenso de Indofenol pela reação da Amônia com Hipoclorito e Fenol que é lido em espectrofotômetro e o limite de detecção é $<0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ de N (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1992).

3.3.2.14 Resíduos Suspensos Totais a 103°C (mg.L^{-1})

A concentração de Resíduos Suspensos Totais foi estimada através de uma porção homogênea de amostra de volume adequado é filtrado a vácuo por membrana de fibra de vidro e o material retido é seco em estufa , à temperatura de $105^{\circ} \text{C} \pm 2$. O aumento de peso em relação ao peso do cadinho com membrana vazia representa o sólido suspenso total (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1992).

3.3.2.15 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅) (mg.L⁻¹)

A DBO₅ foi obtida através de uma amostra ou diluições apropriadas da mesma, é incubada nas condições da análise. A diferença entre as concentrações de oxigênio dissolvido no início e no fim do período da incubação corresponde à demanda bioquímica de oxigênio (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1992).

3.3.2.16 Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg.L⁻¹)

As matérias orgânicas e inorgânicas da amostra são oxidadas por uma quantidade conhecida de um agente oxidante forte, o Dicromato de potássio em meio ácido sulfúrico, à quente em refluxo por duas horas, na presença de catalisador sulfato de prata, o excesso de Dicromato de potássio é titulado com Sulfato ferroso amoniacal, usando como indicador ferroin. A quantidade de matéria oxidável é expressa como equivalente em oxigênio, e proporcional à quantidade de dicromato de potássio consumido (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1992).

3.3.2.17 Razão N:P

O nitrogênio total pode ser obtido através da somatória dos valores de nitrogênios Kjeldahl + nitrato + nitrito (WETZEL, 1981), como o nitrogênio Kjeldahl engloba os valores de nitrito a relação N:P pode ser estabelecida.

Segundo BOTHWELL & LOWE (1996) razões maiores que 20:1 indicam limitação por fósforo, razões menores que 10:1 indicam limitação por nitrogênio e razões entre 10:1 e 20:1 não sugerem limitações para o crescimento do fitoplâncton por nenhum dos nutrientes.

3.3.3 Variáveis Biológicas

3.3.3.1 Composição da Comunidade Fitoplanctônica

O estudo do material biológico foi realizado ao microscópio óptico da marca OLYMPUS BX40, com ocular de medição acoplada. A identificação taxonômica foi feita ao nível específico, para as cianobactérias e, quando possível, fez-se o mesmo para os demais grupos.

Os sistemas de classificação adotados foram: cianobactérias – KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (1986, 1989, 1998) e ANAGNOSTIDIS & KOMÁREK (1988); Chorophyceae – ROUND (1971); Bacillariophyceae – SIMONSEN (1979) e demais classes – BOURRELLY (1981,1985).

3.3.3.2 Densidade Total da Comunidade Fitoplanctônica (cél.mL⁻¹)

A contagem do fitoplâncton foi realizada de acordo com a metodologia descrita por UTERMÖHL (1958), em microscópio invertido Wild M-40 em aumento de 400 vezes. O tempo de sedimentação das amostras foi de três horas para cada centímetro de altura da câmara. As câmaras de sedimentação utilizadas foram de 5 e 10 mL.

Optou-se pela contagem de células e não de organismos pelo fato de que a célula é a unidade produtora de toxina e tendo com base este aspecto a célula seria o critério mais correto para monitoramento da balneabilidade.

A contagem de células foi realizada em transectos horizontais e verticais e o limite da contagem, ou seja, o número mínimo de campos contados por câmara de sedimentação foi determinado através de dois critérios: a) gráfico de estabilização do número de espécies, obtido a partir de espécies novas adicionadas a cada campo e b) contagem de até 500 células da espécie mais comum.

Os resultados foram expressos em densidade (cél.mL⁻¹) e calculados de acordo com a fórmula (IAP, 2002):

$$\text{n}^{\circ} \text{ de células} = \frac{C.Ta}{LxWxSxV}$$

onde:

C = constante =1

Ta = área total do fundo da câmara (no caso 490,87 mm²)

L = comprimento de cada faixa (duas vezes o raio)

W = altura da faixa para cada objetiva usada (no caso para objetiva de 40x = 0,180 mm²)

S = número de transectos contados

V = volume da câmara

3.3.3.3 Clorofila a ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)

Para análise deste parâmetro foi seguido o método de NUSCH, (1980) (modificado; extração com etanol a 95%, a frio).

As amostras de água foram coletadas e acondicionadas em frascos de vidro âmbar de 1000mL, mantidas em gelo, sendo a seguir filtradas com auxílio de bomba á vácuo sob pressão através de filtros Whatmann GF/C de 47 mm de diâmetro. Após a filtração as membranas foram colocadas em frascos de vidro com capacidade de 5mL adicionando-se $3,0 \pm 1,0$ mL de álcool etílico 95% para sua preservação. Estes frascos foram colocados no interior de frascos plásticos escuros, no caso frascos de filme fotográfico. As amostras ficaram estocadas em geladeira numa temperatura de $4 \pm 2^\circ\text{C}$, por no máximo uma semana. Em seguida os filtros foram transferidos para cadinho de porcelana e maceradas com auxílio de pistilo, até a obtenção de uma massa uniforme. Adicionando álcool do respectivo frasco e procedeu-se a maceração até a total fragmentação da membrana. Transferiu-se o material para o tubo de ensaio graduado com capacidade de 10mL e quando necessário completou-se o volume até atingir 10 mL. Os tubos foram armazenados em geladeira à temperatura de $4 \pm 2^\circ\text{C}$, por 24 horas para completar o processo de extração.

Após homogeneização das amostras filtrou-se o material em seringa de vidro acoplado a um porta-filtros de acetato de celulose. Na presença de turbidez procedeu-se uma nova filtragem em filtro Millex HV-45 de acetato de celulose. Foram lidos com espectrofotômetro marca DMS 100 nos comprimentos de onda 750nm e 665nm, antes da acidificação e após acidificação com ácido clorídrico 1N com 2gotas por 5minutos.

3.4 Ilustrações

Ilustrações de espécies de cianobactérias foram realizadas em microscópio invertido da marca OLYMPUS IX70 com câmara OLYMPUS SC35 acoplada.

3.5 Tratamento Estatístico

A estatística descritiva utilizada para análise dos resultados, foi a média aritmética como medida de tendência central, desvio padrão (DP) como medida do grau de dispersão absoluta dos dados e coeficiente de variação de Pearson ($CV=\%$) como medida de dispersão relativa. Também foram estabelecidas correlações de Pearson entre número de células de cianobactérias e as variáveis físicas e químicas.

A avaliação dos resultados abióticos foi feita através de análise multivariada dos dados. A Análise de Componentes Principais (ACP) foi utilizada para determinar a variabilidade dos dados ambientais em relação às coletas. Foi utilizada matriz de covariância, sendo os dados transformados pela amplitude de variação “ranging” ($[(x-x_{\min})/X_{\max} - X_{\min}]$).

A partir de matrizes de covariância foi realizada a Análise de Correspondência Canônica (CCA), como tentativa para explicar as possíveis relações entre fatores biológicos e as variáveis ambientais, com transformação pela amplitude de variação “ranging” ($[(x-x_{\min})/X_{\max} - X_{\min}]$) para os dados físicos e químicos e pelo ($[\log(x+1)]$) para os dados biológicos. Os dados para composição da CCA foram previamente selecionados a partir da Análise de Componentes Principais (PCA).

Para testar o nível de significância dos dois primeiros eixos da CCA foi utilizado o teste de Monte Carlo (99 permutações; $p \leq 0,05$) para determinar se os autovalores apresentavam ou não distribuição ao acaso.

As análises de ACP e CCA basearam-se nos coeficiente de Correlação de Pearson e Kendall (r), considerando as unidades amostrais e as variáveis físico-químicas e biológicas.

Os dados foram transformados através do programa FITOPAC. As análises multivariadas foram realizadas pelo programa PC-ORD versão 3.1 para Windows. Foram consideradas as variáveis com correlação significativa aquelas que apresentaram $r > 0,5$ com os eixos 1 e 2 da ordenação.

3.6 Índice de Estado Trófico

A avaliação do estado trófico da Praia Artificial de Entre Rios do Oeste foi feita através do índice proposto por CARLSON modificado por TOLEDO JR. *et al.* (1983), que inclui o ortofosfato.

$$IET(S) = 10 \left[6 - \left(\frac{0,64 + \ln S}{\ln 2} \right) \right]$$

$$IET(PT) = 10 \left[6 - \left(\frac{\ln\{80,32 / PT\}}{\ln 2} \right) \right]$$

$$IET(PO4) = 10 \left[6 - \left(\frac{\ln\{21,67 / PO4\}}{\ln 2} \right) \right]$$

$$IET(S) = 10 \left[6 - \left(\frac{2,04 - 0,695 * \ln CL}{\ln 2} \right) \right]$$

onde:

S = valor de desaparecimento de disco de Secchi

PT = concentração de fósforo total, em $\mu\text{g.L}^{-1}$

PO₄ = concentração de ortofosfato, em $\mu\text{g.L}^{-1}$

CL = concentração de clorofila a, em $\mu\text{g.L}^{-1}$

ln = logaritmo natural

O cálculo deste índice foi feito utilizando-se a média ponderada, atribuindo-se menor peso a transparência da água. Como não foi analisado o parâmetro ortofosfato, calculou-se o IET (médio). Assim, para o cálculo do IET médio, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{IET (médio)} = \frac{\text{IET (S)} + 2(\text{IET(PT)} + \text{IET(CL)})}{5}$$

A Classificação do Índice de Estado Trófico encontra-se na Tabela 01.

TABELA 01 - CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO

Estado trófico	Critério
Oligotrófico	IET < 44
Mesotrófico	44 < IET ≤ 54
Eutrófico	IET > 54

3.7 Enquadramento Resolução CONAMA 357/05

A resolução CONAMA 357/05 é a lei maior para a qualidade de água no Brasil e estabelece os valores máximos permissíveis de turbidez, O.D., pH, fósforo total, nitrato, nitrogênio amoniacal total, DBO₅, clorofila a e densidade de cianobactérias. A resolução também determina as características para classes de qualidade de água. A Classe 2 inclui as águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, à aquicultura e à atividade de pesca.

A Praia Artificial de Entre Rios do Oeste, por ser destinada à balneabilidade, deve incluir-se na Classe 2. Com o intuito de verificar a classificação do local estudado, os valores

dos parâmetros físicos, químicos e biológicos foram comparados com os estabelecidos pela resolução (CONAMA 357/05).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variável metereológica

4.1.1 Pluviosidade (mm)

A pluviosidade média mensal de 1963 a 2003 está apresentada na Tabela 02.

TABELA 02- MÉDIAS MENSAS DE PLUVIOSIDADE (mm) DE 1963 A 2003 NA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA SUDERHSA LOCALIZADA NA CIDADE DE ENTRE RIOS DO OESTE, PR. EM DESTAQUE OS MESES ESTUDADOS.

Ano	jan	fev	mar	Abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Média	147,44	153,36	118,68	131,40	156,85	108,20	80,85	84,38	142,61	178,05	168,02	170,99
Max	354,10	346,40	369,80	446,60	516,00	224,00	243,00	275,70	324,50	363,60	466,90	420,00
Míni	6,80	21,50	12,10	0,00	16,00	3,00	6,00	0,00	16,40	36,80	29,20	27,60
Dpad	79,94	87,34	79,02	86,34	124,22	59,59	54,97	71,62	76,62	75,31	92,37	88,19

Durante os meses estudados a pluviosidade máxima foi registrada em novembro/02 com 380,3 mm de chuva (Tabela 03). Esta pluviosidade foi a máxima registrada durante os meses de estudo para os anos de 2002 e 2003 e ficou muito acima da média para os anos anteriores (168,02 mm) (Tabela 02). A pluviosidade mínima registrada nos meses estudados foi de 34,8 mm em agosto/03. Esta média apresentou-se bem inferior as médias de pluviosidade dos anos anteriores (84,38mm) (Tabela 02).

TABELA 03 - VALORES TOTAIS E MÁXIMOS MENSAS DE PLUVIOSIDADE (mm) DO ANO DE 2002 NA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA SUDERHSA LOCALIZADA NA CIDADE DE ENTRE RIOS DO OESTE, PR. EM DESTAQUE OS MESES ESTUDADOS.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Total	277,5	63,3	78,2	70,2	418,8	26,6	61,1	85,4	114	154	380,3	120
Máxima	80,3	28,5	20,9	38,5	110,4	14,2	20,6	30,2	32,2	40,3	97,5	49,5
Resumo anual												
365 dias observados				87 dias de chuva			Máxima: 110.4		Total: 1849.4			

Quando se compara os anos de 2002 e 2003, verifica-se que o ano de 2002 foi mais chuvoso, tanto em número de dias (87 dias chuvosos) e em precipitação anual total (1849,4 mm), quanto em máxima de chuva diária registrada (110,4 mm), se comparado com o ano de 2003 (número de dias chuvosos – 62 dias, precipitação anual total – 1477,7 mm , máxima de chuva diária registrada – 80,5 mm) (Tabela 04).

TABELA 04 - VALORES TOTAIS E MÁXIMOS MENSAIS DE PLUVIOSIDADE (mm) NO ANO DE 2003 NA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA SUDERHSA LOCALIZADA NA CIDADE DE ENTRE RIOS DO OESTE, PR. EM DESTAQUE OS MESES ESTUDADOS.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Total	126,9	204,0	103,7	75	112,5	51,5	92,1	34,8	154	141,9	162,8	218,5
máxima	34,4	62,1	45,6	31,7	50,2	31,3	26,2	20,4	40,3	54	46	80,5
Resumo anual												
	365 dias observados			62 dias de chuva			Máxima: 80.5		Total: 1477.7			

Os valores de pluviosidade registrados incluem-se no padrão Cfa - Clima subtropical descritas pelo IAPAR (2000).

4.2 Variáveis Físicas e Químicas da Água

Todas as variáveis físicas e químicas descritas neste capítulo podem ser observadas na Tabela 05.

4.2.1 Temperatura da água (°C)

Os perfis verticais estão apresentadas no Gráfico 01. A maior taxa de variação térmica foi encontrada no mês fevereiro/03 (29,4°C – 24,3°C) demonstrando a nítida estratificação da coluna d'água. A maior temperatura registrada também ocorreu neste mês (29,4°C) na superfície e a mínima registrada foi de 17,1°C no fundo em agosto/03.

TABELA 05 – DADOS FÍSICOS E QUÍMICOS NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES NOS MESES AMOSTRADOS.

	Temperatura (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	Saturação de OD (%)	Disco de Secchi (m)	Turbidez NTU	pH -	Condutividade (µS.cm ⁻¹)	Alcalinidade (mg.L ⁻¹ de CaCO ₃)	DBO (mg.L ⁻¹)	DQO (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	NH ₄ (mg.L ⁻¹)	Nitrogênio Kjeldahl (mg.L ⁻¹)	Resíduos Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	Fósforo Total (mg.L ⁻¹)
Ago/02 – Superfície	20,4	9,9	111	1,50	7,4	8,1	51,0	22,0	4,9	8,0	0,44	< 0,02	0,24	6,0	0,020
Ago/02 – Zona Fótica	18,8	8,6	93		8,5	7,7	51,0	21,0	2,8	4,7	0,44	0,05	0,31	4,0	0,018
Ago/02 – Fundo	18,0	8,3	90		25,0	7,6	48,0	19,0	4,3	7,0	0,68	0,05	0,26	5,0	0,020
Nov/02 – Superfície	26,7	9,0	115	0,50	25,0	8,7	60,0	22,6	4,3	13,0	0,50	< 0,02	0,79	23,0	0,045
Nov/02 – Zona Fótica	26,5	8,7	111		17,5	8,0	59,0	22,8	3,2	7,5	0,45	0,03	0,51	13,5	0,033
Nov/02 – Fundo	24,2	6,2	75		10,0	7,2	58,0	22,9	< 2,0	2,0	0,39	0,03	0,22	4,0	0,020
Fev/03 – Superfície	29,4	8,4	111	0,70	17,0	7,5	49,0	21,6	2,8	9,0	0,18	< 0,02	0,36	5,0	0,027
Fev/03 – Zona Fótica	29,1	8,1	110		19,0	7,3	50,0	20,5	2,4	8,0	0,20	< 0,02	0,66	7,0	0,017
Fev/03 – Fundo	25,2	4,8	58		66,0	6,5	58,0	25,0	< 2,0	9,0	0,70	0,08	0,41	41,0	0,103
Mai/03 – Superfície	23,0	7,4	86	1,30	13,0	6,8	51,0	20,8	< 2,0	2,0	0,30	< 0,02	0,16	2,0	0,011
Mai/03 – Zona Fótica	23,3	7,1	83		14,0	6,7	50,0	21,8	< 2,0	4,3	0,28	0,04	0,20	3,0	0,018
Mai/03 – Fundo	23,3	6,9	81		15,0	6,7	50,0	22,5	< 2,0	4,7	0,32	< 0,02	0,18	2,0	0,009
Ago/03 – Superfície	18,7	9,6	104	1,10	14,0	8,2	52,0	21,7	2,3	6,0	0,15	< 0,02	0,31	8,0	0,019
Ago/03 – Zona fótica	18,8	9,8	107		14,0	8,0	52,0	21,5	< 2,0	6,0	0,16	< 0,02	0,39	7,0	0,027
Ago/03 – Fundo	18,7	9,6	103		14,0	7,4	52,0	21,9	< 2,0	4,0	0,16	< 0,02	0,20	6,0	0,018
Média Anual	22,9	8,2	96	1,02	18,6	7,5	52,7	21,8	2,7	6,3	0,36	0,03	0,35	9,1	0,027
Max Anual	29,4	9,9	115	1,50	66,0	8,7	60,0	25,0	4,9	13,0	0,70	0,08	0,79	41,0	0,103
Min Anual	18,0	4,8	58	0,50	7,4	6,5	48,0	19,0	2,0	2,0	0,15	< 0,02	0,16	2,0	0,009
Desvio Padrão	3,9	1,5	17	0,38	14,0	0,6	3,9	1,3	1,0	2,9	0,18	0,02	0,18	10,3	0,023
Coefficiente de Variação	17,1	17,8	17	37,64	75,4	8,6	7,5	6,1	36,4	45,9	50,43	57,93	52,85	113,1	84,470

Analisando o Gráfico 01 podemos observar que o corpo d'água apresentou-se estratificado na primavera-verão (novembro e fevereiro/03) e desestratificado no outono-inverno (agosto/02 e maio e agosto/03).

Segundo PAYNE (1986), em regiões tropicais diferenças de temperatura maiores que 0,5°C são suficientes para originar estratificações térmicas relativamente estáveis.

No mês de maio/03 a isoterмия pode ser atribuída ao esfriamento conveccional da água (diferença de 6°C entre as temperaturas da água e do ar), visto que nos dias de coleta o processo de perda de calor foi mais acentuado.

Quanto ao tipo de circulação existente na região de estudo fica difícil de ser enquadrado visto que é um lago de profundidade intermediária (15 metros). Mas o padrão que melhor descreve o ambiente, segundo ESTEVES (1998), seria o monomítico quente (lagos com circulação somente no inverno, com temperatura da superfície nunca menor que 4°C e localizados em regiões subtropicais).

Este padrão confirma o que foi descrito por AGOSTINHO *et al.* (1999), para o reservatório de Itaipu.

4.2.2 Transparência da água (m) e Turbidez (NTU)

A medida da transparência variou de 0,50 m (valor mínimo) em novembro/02 a 1,50m (valor máximo) em agosto/02 (Gráfico 02). O valor médio da transparência foi de 1,02 m, o desvio padrão foi de 0,38 e o coeficiente de variação foi de 37,64%.

Já a turbidez variou de 7,4 NTU em agosto/02 na região de superfície a 66,0 NTU em fevereiro/03, no fundo. O valor médio de turbidez de 18,6 NTU, o desvio padrão foi de 14,0 e o coeficiente de variação foi de 75,4%.

A baixa transparência obtida no mês de novembro/02 e a maior turbidez de superfície (25,0 NTU) do período, podem ser atribuídas à elevada biomassa de cianobactérias, principalmente do gênero *Microcystis*. Para RAMIREZ (1996), quanto

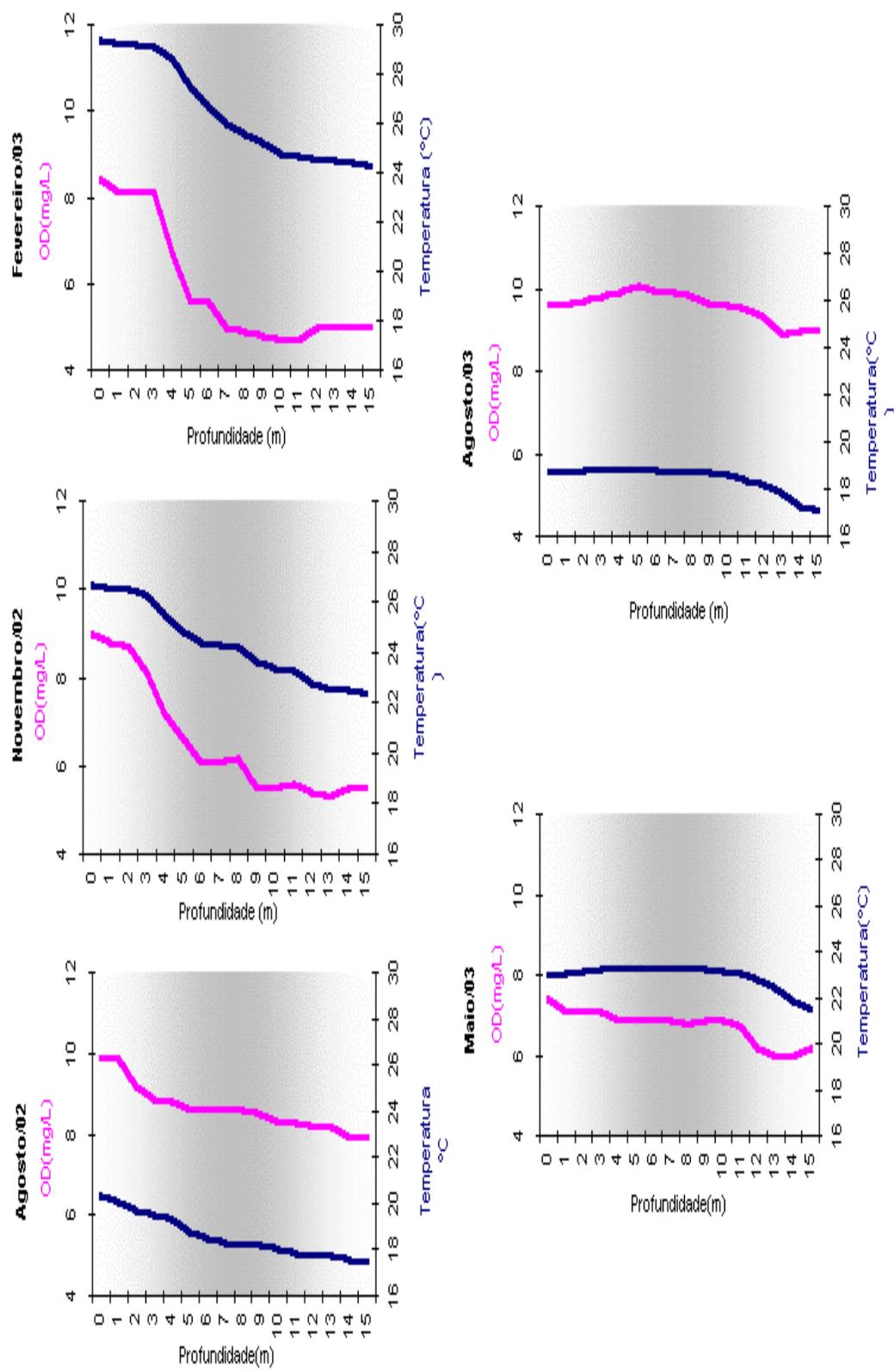


GRÁFICO 01 - PERFIS VERTICAIS DE TEMPERATURA DA ÁGUA (°C) E OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg.L⁻¹) NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE NO PERÍODO ESTUDADO.

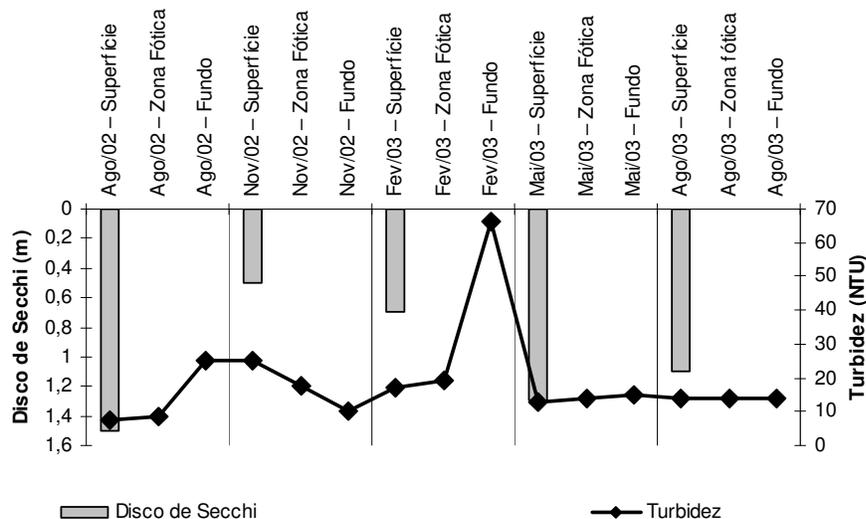


GRÁFICO 02 – VARIAÇÃO TEMPORAL DE PROFUNDIDADE DE DISCO DE SECCHI (m) E TURBIDEZ (NTU) NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE NO PERÍODO ESTUDADO.

menor for o tamanho das partículas suspensas, maior será o efeito sobre a turbidez. Ainda segundo este mesmo autor, as células de *Microcystis* acumulam carotenóides, tornando-se mais escuras, formando uma barreira protetora contra os efeitos da radiação.

A elevada turbidez registrada no fundo, em fevereiro/03, pode ser atribuída a resuspensão do sedimento de fundo, no momento da coleta.

Segundo SAWYER & McCARTY (1978), a turbidez tem relação direta com a condutividade e a alcalinidade por afetarem as concentrações de partículas suspensas.

Os valores médios de turbidez foram mais altos (18,6 NTU) do que aqueles descritos por ANDRADE *et. al.* (1988) para três outros braços do reservatório de Itaipu (13,25 NTU). Mesmo quando a média é feita sem o maior valor de turbidez, os valores ainda apresentaram-se mais altos (15,24 NTU).

4.2.3 Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)

Os perfis temporais e verticais de condutividade elétrica podem ser observados no Gráfico 03.

A condutividade elétrica apresentou-se com pouca variação na coluna d'água (coeficiente de variação = 7,5%), sendo que o menor valor registrado foi de $48,0 \mu\text{S.cm}^{-1}$ em agosto/02 (fundo) e a maior foi de $60,0 \mu\text{S.cm}^{-1}$ em novembro/02 (superfície). A média registrada foi de $52,7 \mu\text{S.cm}^{-1}$.

Como no trabalho desenvolvido por RAMIREZ (1996) no Lago das Garças (SP), o aumento da condutividade em novembro/02 foi influenciado pela floração de *Microcystis*. Este fato, por sua vez, influenciou a alcalinidade, principalmente as concentrações de $(\text{HCO}_3)^-$ e $(\text{CO}_3)^{2-}$, que em condições de pH maiores que 8,0 são os principais ânions. Estes fatos também foram observados na Praia Artificial de Entre Rios do Oeste.

Quando comparados os valores médios de condutividade obtidos por ANDRADE *et. al.* (1988) e o presente trabalho, as médias permaneceram praticamente as mesmas. Quando as médias são comparadas com os valores registrados por NOGUEIRA *et. al.* (1999) na represa Jurumirim (SP), um reservatório mesotrófico profundo com grandes populações de *Anabaena circinalis* e *A. spiroides*, a média registrada para a Praia Artificial de Entre Rios do Oeste apresentou-se inferior.

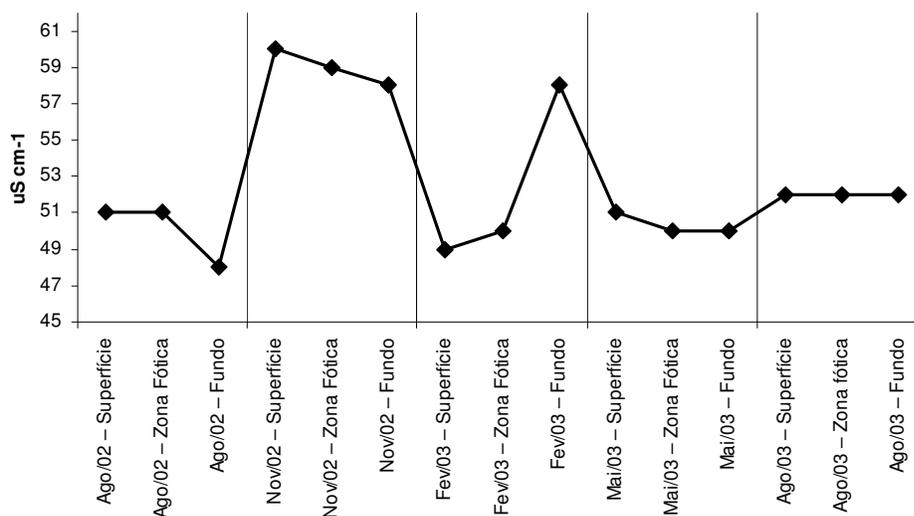


GRÁFICO 03 – VARIACÃO TEMPORAL E VERTICAL DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ($\mu\text{S cm}^{-1}$) NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE NO PERÍODO ESTUDADO.

4.2.4 Oxigênio dissolvido (O.D.) (mg.L^{-1}), Saturação de oxigênio dissolvido (%) e Déficit de oxigênio dissolvido (%)

Segundo HUTCHINSON (1957), os perfis de oxigênio registrados enquadram-se no tipo clinogrado; quando os processos oxidativos ocorrem no hipolímnio remove parte do oxigênio sendo que, em casos extremos, o teor deste gás pode chegar a zero.

Não ocorreram grandes variações de O.D. e saturação durante o período de estudo, sendo o mais amplo detectado no mês de novembro/02 ($5,5 \text{ mg.L}^{-1}$ a $9,0 \text{ mg.L}^{-1}$) e de saturação, no mês de fevereiro/03 (60% a 111%). O nível máximo de O.D. registrado foi em agosto/03 ($10,1 \text{ mg.L}^{-1}$) na profundidade de 05 metros e o mínimo em fevereiro/03 ($4,7 \text{ mg.L}^{-1}$) nas profundidades de 10 e 11 metros. A saturação máxima registrada foi de 115% na superfície (novembro/02) e a mínima de 58% de 9 a 11 metros em fevereiro/03.

O déficit de oxigênio dissolvido médio encontrado na coluna d'água foi de 15,7%, com déficit máximo de 26,9% (fevereiro/03) e mínimo de 1,0% (agosto/03) (Tabela 06).

O menor valor de O.D. registrado em fevereiro/03 pode ser atribuído a temperaturas mais elevadas que diminuem a solubilidade do oxigênio além de outros fatores como os processos de oxiredução e consumo. Maiores concentrações de nitrogênio amoniacal (maior valor registrado neste mês) também podem influenciar a dinâmica do oxigênio, visto que para oxidar 1mg de amônia são necessários, em média, 4,3 mg de oxigênio (ESTEVES, 1998).

Os perfis verticais de oxigênio dissolvido estão representados no Gráfico 01.

TABELA 06 – DÉFICIT DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (%) NA COLUNA D'ÁGUA DA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE, NO PERÍODO ESTUDADO.

PARÂMETROS	RESULTADOS EM	ago/02	nov/02	Fev/03	mai/03	ago/03	MÁX. MÉD. MÍN.
Déficit de O.D.	%	7,80	21,70	26,90	20,90	1,00	26,9 15,7 1,0

4.2.5 pH

Os perfis temporais e verticais de pH podem ser observados no Gráfico 04.

Os valores de pH encontrados tiveram amplitude de variação estreita na coluna d'água (coeficiente de variação = 8,6%). O pH máximo encontrado foi de 8,7 na superfície (novembro/02) e o mínimo de 6,5 no fundo (fevereiro/03). A média foi de 7,5. O desvio padrão para esta variável foi de 0,6.

Como comentado anteriormente (item 4.2.3) o alto valor de pH registrado em novembro/02 pode ser atribuído à floração de *Microcystis*.

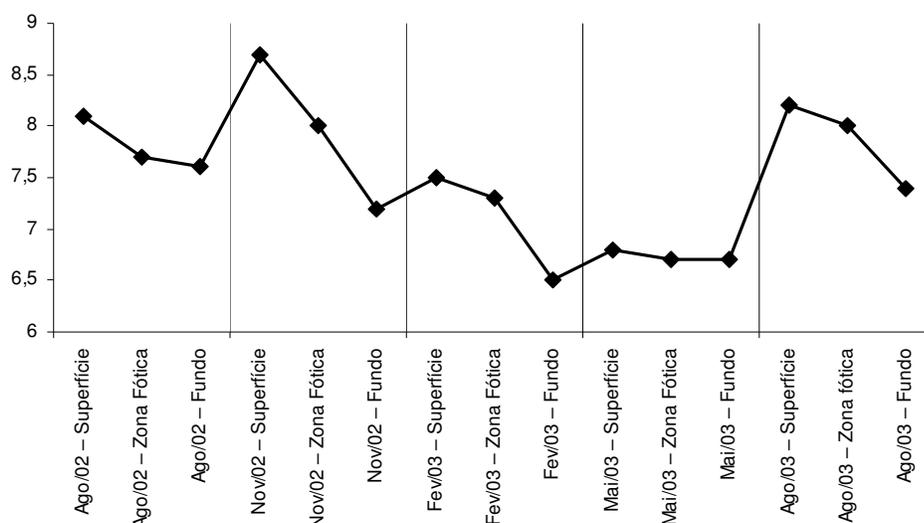


GRÁFICO 04 – VARIAÇÃO TEMPORAL E VERTICAL DE pH NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE NO PERÍODO ESTUDADO.

4.2.6 Alcalinidade Total (mg.L^{-1} de CaCO_3)

Não foram registradas grandes variações de alcalinidade (coeficiente de variação = 6,1%). A máxima registrada foi de 25 mg.L^{-1} de CaCO_3 (fevereiro/03) no fundo e a mínima encontrada foi de $19,0 \text{ mg.L}^{-1}$ de CaCO_3 (agosto/02), também no fundo. A média foi de $21,8 \text{ mg.L}^{-1}$ de CaCO_3 e o desvio padrão foi de 1,3.

O maior valor de alcalinidade registrada em fevereiro/03 (Gráfico 05) pode ser explicado pelo fato de que este parâmetro tem relação direta com a concentração de partículas suspensas (SAWYER & McCARTY, 1978). A ressuspensão de sedimento

no fundo, comentada anteriormente (item 4.2.2), certamente influenciou este maior valor de alcalinidade.

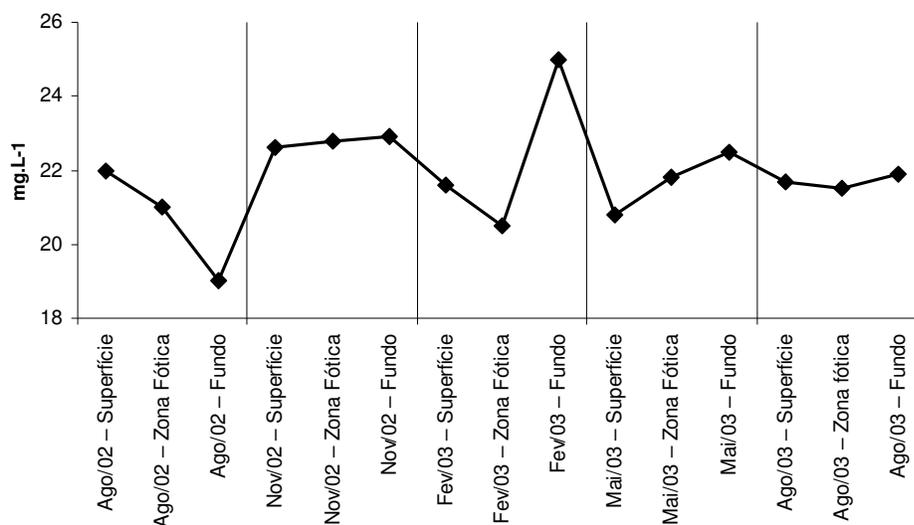


GRÁFICO 05 – VARIAÇÃO TEMPORAL E VERTICAL DE ALCALINIDADE (mg.L⁻¹ de CaCO₃) NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE NO PERÍODO ESTUDADO.

4.2.7 Fósforo Total (mg.L⁻¹ de P)

A maior concentração de fósforo foi de 0,103 mg.L⁻¹ no mês de fevereiro/03 (fundo) e a menor foi de 0,009 mg.L⁻¹, em maio/03 (fundo). A média foi de 0,027 mg.L⁻¹, sendo que o coeficiente de variação foi alto (84,47%) e o desvio padrão foi de 0,023.

A maior concentração de fósforo, registrada em fevereiro/03 (Gráfico 06), pode ser atribuída à ressuspensão do sedimento de fundo ocorrida nesta coleta.

Ainda segundo vários autores (ESTEVEZ, 1998; WETZEL, 1981), baixas concentrações de oxigênio devido à forte estratificação térmica permite que o sedimento torne-se reduzido, permitindo a liberação do fósforo para a coluna d'água.

Segundo RAMIREZ (1996), o aumento das concentrações de fósforo para o fundo podem ser explicadas pela sedimentação de partículas algais e pela sedimentação do fósforo particulado que, segundo WETZEL (1981), representa ao redor de 70% do fósforo total.

Os valores médios registrados para os braços da margem esquerda do reservatório de Itaipu, por ANDRADE *et. al.* (1988), ficaram acima dos valores médios registrados neste estudo ($0,045 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,175 \text{ mg.L}^{-1}$). Apenas em um braço os valores registrados por ANDRADE *et. al.* (1988) ficaram abaixo da média ($0,012 \text{ mg.L}^{-1}$).

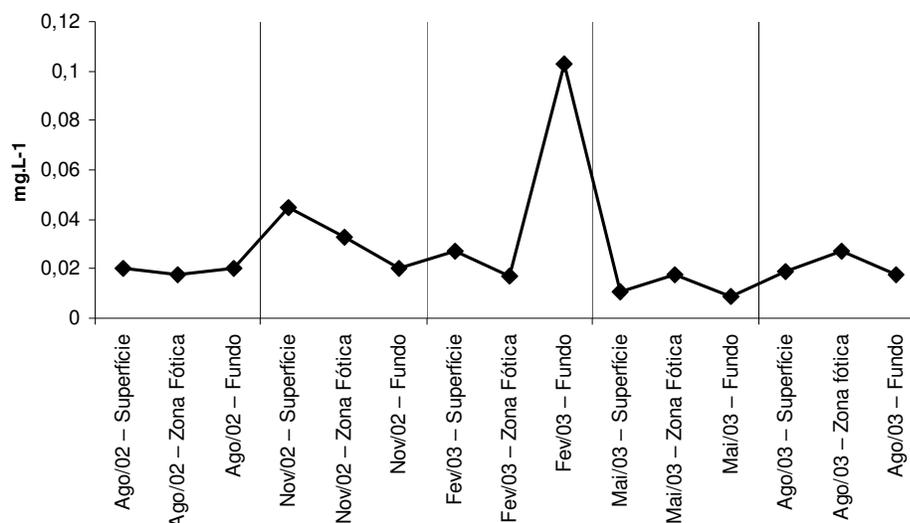


GRÁFICO 06 – VARIAÇÃO TEMPORAL E VERTICAL DE ALCALINIDADE (mg.L^{-1} de P) NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE NO PERÍODO ESTUDADO.

4.2.8 Nitrogênio Total Kjeldahl (mg.L^{-1})

Os perfis temporais e verticais das três formas nitrogenadas avaliadas neste trabalho podem ser observados no Gráfico 07.

A maior taxa de Nitrogênio Kjeldahl foi de $0,79 \text{ mg.L}^{-1}$ no mês de novembro/02 (superfície) e a menor foi de $0,16 \text{ mg.L}^{-1}$ em maio/03 (superfície). A média registrada para coluna d'água foi de $0,35 \text{ mg.L}^{-1}$ com desvio padrão de 0,18 e coeficiente de variação de 52,85%.

O Nitrogênio Kjeldahl corresponde às formas de nitrogênio orgânico e amoniacal. Ambas estão presentes em detritos de nitrogênio orgânico oriundos de atividades biológicas naturais. As formas de nitrogênio amoniacal e orgânico, são

importantes na avaliação do nitrogênio disponível para as atividades biológicas (CETESB, 2003).

4.2.9 Nitrogênio-Nitrato (mg.L^{-1})

O nível máximo de nitrato registrado foi em fevereiro/03 ($0,70 \text{ mg.L}^{-1}$) no fundo e o valor mínimo encontrado durante o período de estudo foi detectado em agosto/03 na superfície ($0,15 \text{ mg.L}^{-1}$). A média foi de $0,36 \text{ mg.L}^{-1}$, o desvio padrão de $0,18$ e o coeficiente de variação de $50,43\%$.

4.2.10 Nitrogênio Amoniacal (mg.L^{-1})

Esta é a forma inorgânica mais reduzida de nitrogênio e inclui a amônia dissolvida (NH_3) e o íon amônio (NH_4^+). A amônia e seus sais são muito solúveis na água e, geralmente, o íon amônio é uma forma transitória. O íon amônio é muito importante para os produtores primários, já que pode ser utilizado como fonte de nitrogênio durante a síntese de proteínas. As concentrações desta forma de nitrogênio são em geral, baixas para ambientes meios aeróbicos, fato que também foi observado para praia Artificial de Entre rios do Oeste. Conseqüentemente, a principal fonte de nitrogênio para o fitoplâncton são os nitratos (LOYOLA *et al.*, 1996).

O nitrogênio amoniacal apresentou-se, na maioria das vezes, inferior ao limite de detecção do método com valores de $<0,02 \text{ mg.L}^{-1}$. De todas as amostras coletadas, 60% estiveram inferiores ao limite de detecção. A concentração máxima registrada foi de $0,08 \text{ mg.L}^{-1}$ (fevereiro/03) no fundo, a média ficou em torno de $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$. O desvio padrão foi de $0,02$ e o coeficiente de variação foi de $57,93\%$.

Como já foi comentado anteriormente, os processos de diminuição do oxigênio e pH facilitaram os processos de amonificação (ESTEVES, 1998) aumentando os valores de nitrogênio amoniacal no fundo. O maior valor de nitrogênio amoniacal em fevereiro/03 já era esperado visto que, segundo RAMIREZ (1996) e ESTEVES (1998), no verão ocorre aumento da concentração das bactérias amonificantes que,

muito provavelmente, concorreu para o aumento deste nutriente na água. Vale mencionar que o menor valor de nitrogênio amoniacal coincidiu com o menor valor de O.D. registrado para o período de estudo (4.8 mg.L^{-1}), confirmando o as observações de ESTEVES (1998).

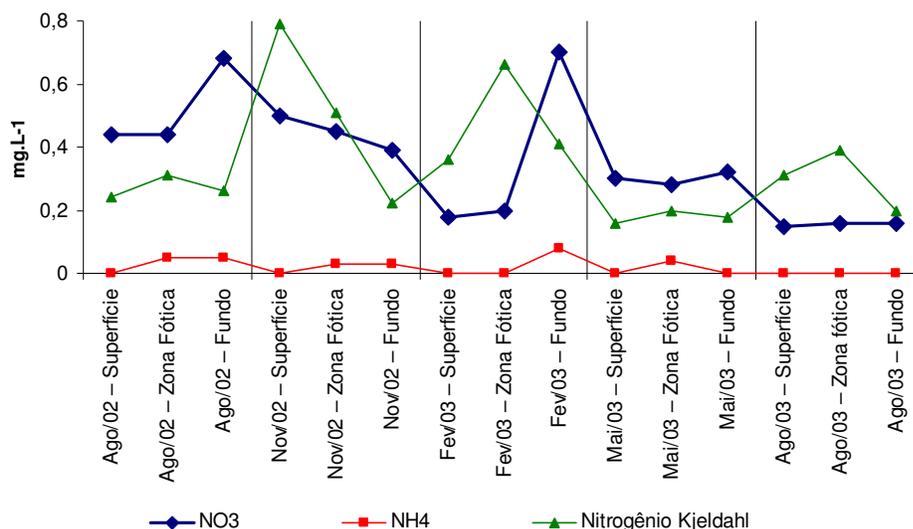


GRÁFICO 07 – VARIAÇÃO TEMPORAL E VERTICAL DE ALCALINIDADE (mg.L^{-1} de P) NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE NO PERÍODO ESTUDADO.

4.2.11 Resíduos Suspensos Totais a 103°C (mg.L^{-1})

Os resíduos suspensos totais apresentaram amplo intervalo de variação durante os meses amostrados (coeficiente de variação de 113,1% e desvio padrão de 10,3.). O valor máximo encontrado foi de $41,0 \text{ mg.L}^{-1}$ (fundo, fevereiro/03), o mínimo de $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ (superfície e fundo, maio/03) e valor médio registrado foi de $9,1 \text{ mg.L}^{-1}$.

O valor máximo registrado em fevereiro pode ter sido ocasionado pela resuspensão do sedimento de fundo na hora da coleta. Quando é feita a integração de toda a comunidade fitoplanctônica presente na coluna d'água, observamos que o valor mínimo de resíduos pode ser atribuído à menor densidade fitoplanctônica total observada durante o período de estudo.

4.2.12 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅) (mg.L⁻¹)

A DBO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica, por decomposição microbiana aeróbia, para uma forma inorgânica estável. A DBO₅ é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um período de 5 dias, numa temperatura de incubação específica. Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica (CETESB, 2003).

O valor máximo encontrado para este parâmetro foi de 4,9 mg.L⁻¹ na superfície, em agosto/02 e o valor mínimo foi de <2,0 mg.L⁻¹ (limite de detecção do método) em 46,6% das amostras coletadas. A média foi de 2,7 mg.L⁻¹. O desvio padrão foi de 1,0 e o coeficiente de variação foi de 36,4%.

4.2.13 Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg.L⁻¹)

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado num prazo menor e em primeiro lugar, servindo os resultados de orientação para o teste da DBO. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial (CETESB, 2003).

O valor máximo encontrado para este parâmetro foi de 13,0 mg.L⁻¹ na superfície (novembro/02) e o valor mínimo foi de 2,0 mg.L⁻¹ na superfície (maio/03) e no fundo (novembro/02). O valor DQO médio encontrado foi de 6,3 mg.L⁻¹, o desvio padrão foi de 2,9 e o coeficiente de variação foi de 45,9%.

Os baixos valores de DQO e DBO indicam baixa contaminação por efluentes domésticos e industriais.

4.2.14 Razão N:P

Quando analisamos a razão N:P, verificamos que o fator limitante é o fósforo (TABELA 07), pois os valores apresentaram-se maiores ou iguais a 20.

Segundo BOTHWELL & LOWE (1996) razões maiores que 20:1 indicam limitação por fósforo, razões menores que 10:1 indicam limitação por nitrogênio e razões entre 10:1 e 20:1 não sugerem limitações para o crescimento do fitoplâncton por nenhum dos nutrientes.

Este fato já havia sido verificado para os outros braços do reservatório de Itaipu por ANDRADE *et al.* (1988).

A ausência de heterocitos nos tricomas de *Anabaena* também indica que o nitrogênio não é o fator limitante para o desenvolvimento do fitoplâncton no local de estudo.

TABELA 07 – RELAÇÃO ENTRE FÓSFORO TOTAL (PT) E NITROGÊNIO SUB-TOTAL (Nsubtot) NA COLUNA D'ÁGUA DA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE.

	PT	Nsubtot (N Kej + NO3)	N:P
Ago/02 – Superfície	0,020	0,68	34
Ago/02 – Zona fótica	0,018	0,75	42
Ago/02 – Fundo	0,020	0,94	47
Nov/02 – Superfície	0,045	1,29	29
Nov/02 – Zona fótica	0,033	0,95	29
Nov/02 – Fundo	0,020	0,61	31
Fev/03 – Superfície	0,027	0,54	20
Fev/03 – Zona fótica	0,017	0,86	51
Fev/03 – Fundo	0,103	1,11	11
Mai/03 – Superfície	0,011	0,46	42
Mai/03 – Zona fótica	0,018	0,48	27
Mai/03 – Fundo	0,009	0,50	56
Ago/03 – Superfície	0,019	0,46	24
Ago/03 – Zona fótica	0,027	0,55	20
Ago/03 – Fundo	0,018	0,36	20
		Média	32

4.3 Variáveis Biológicas

4.3.1 Composição da Comunidade Fitoplanctônica

A composição da comunidade fitoplanctônica, por classes, bem como suas respectivas densidades celulares estão apresentados na Tabela 08.

A classe cyanobacteria está representada por 12 espécies: Nostocales - *Anabaena circinalis*, *Anabaena crassa*, *Anabaena spiroides*, *Anabaena viguieiri*, Chroococcales - *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanocapsa holsatica*, *Coelosphaerium evidenter-marginatum*, *Merismopedia* sp., *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis protocystis*, Oscillatoriales - *Pseudanabaena mucicola* e *Pseudanabaena* sp.

Foram identificados ainda indivíduos das classes Zygnemaphyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, além de um grupo de organismos fitoflagelados não identificados. A listagem das espécies pode ser visualizada na Tabela 10.

A maior riqueza do grupo de cyanobacterias foi encontrada na região de superfície (agosto/02) com 10 espécies. A menor riqueza foi registrada no período de agosto/03, no fundo, com 3 espécies.

As espécies *Anabaena circinalis* e *Coelosphaerium evidenter-marginatum* estiveram presentes em praticamente todo o período de estudo.

4.3.2 Contribuição Total da Comunidade Fitoplanctônica (cél.mL⁻¹)

A predominância de cianobactérias pode ser vista no Gráfico 08, que mostra as porcentagens de contribuição de cada classe. As cianobactérias predominaram com mais de 85% do total de células do fitoplâncton durante todos os meses e profundidades estudadas (Gráfico 09). A contribuição média do grupo das cianobactérias para o período de estudo foi de 95,75% (Tabela 09).

TABELA 08 – COMPOSIÇÃO E CONTRIBUIÇÃO CELULAR (cél.mL⁻¹) DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE, RESERVATÓRIO DE ITAIPU, NO PERÍODO DE AGO/02 A AGO/03.

	Sup 07/08/02	Z.E. 07/08/02	Fundo 07/08/02	Sup 20/11/02	Z.E. 20/11/02	Fundo 20/11/02	Sup 19/02/03	Z.E. 19/02/03	Fundo 19/02/03	Sup 07/05/03	Z.E. 07/05/03	Fundo 07/05/03	Sup 20/08/03	Z.E. 20/08/03	Fundo 20/08/03
Cyanobacteria															
<i>Anabaena circinalis</i>	594	27	120	528	80	0	1870	1980	177	760	297	275	3300	4103	1650
<i>Anabaena crassa</i>	2090	0	0	0	0	0	429	220	0	0	0	0	693	561	0
<i>Anabaena spiroides</i>	693	213	165	0	0	0	891	2013	177	0	539	480	2068	374	275
<i>Anabaena viguieri</i>	935	0	39	0	0	0	1452	737	243	0	88	175	2937	484	0
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	297	0	45	341	332	208	99	121	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aphanocapsa holsatica</i>	3003	369	0	0	104	2056	0	0	0	0	0	0	1045	0	0
<i>Coelosphaerium eviderter-marginatum</i>	572	6	18	20119	1428	144	1749	1067	45	0	407	355	143	0	165
<i>Microcystis aeruginosa</i>	1815	0	0	147378	936	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microcystis protocystis</i>	374	183	132	35970	552	80	2387	209	0	500	715	450	0	0	0
<i>Merismopedia sp</i>	0	0	0	187	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudanabaena mucicola</i>	1397	75	78	0	112	272	187	0	12	30	0	0	0	0	0
<i>Pseudanabaena sp</i>	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sub-Total	11770	873	597	204655	3544	3000	9064	6347	654	1290	2046	1735	10186	5522	2090
Zygnemaphyceae															
<i>Closterium spp.</i>	0	0	0	0	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cosmarium spp.</i>	0	3	0	0	0	0	88	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlorophyceae															
<i>Monoraphidium spp.</i>	0	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	11	0	0
<i>Nephroclamys sp.</i>	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oocystis sp.</i>	0	0	0	0	0	8	33	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Pediastrum simplex</i>	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	88	0	0	0	0
<i>Scenedesmus spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	44	12	0	44	20	0	0	0
<i>Schroederia sp.</i>	0	0	0	0	0	4	88	44	0	20	0	0	0	0	11
Chlorococcales N.I.	319	0	0	0	20	104	0	0	3	5	0	0	0	0	0
Bacillariophyceae															
<i>Aulacoseira ambigua</i>	0	39	12	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira dinstans</i>	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira granulata</i>	0	12	30	0	0	20	0	0	0	15	0	0	110	132	0
<i>Aulacoseira sp.</i>	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella sp.</i>	22	6	0	0	4	4	11	0	0	10	0	0	0	0	0
<i>Urosolenia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0
Penada N.I.	11	0	0	33	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
Cryptophyceae															
<i>Chilomonas sp.</i>	77	0	0	11	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cryptomonas spp.</i>	77	12	0	77	16	0	187	0	0	0	0	0	0	88	0
Dinophyceae															
<i>Peridinium sp.</i>	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euglenophyceae															
<i>Phacus spp.</i>	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trachelomonas spp.</i>	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fitoflagelado N.I	44	6	0	33	0	4	33	11	0	0	0	5	0	0	0
Total	12331	984	696	204809	3592	3168	9559	6446	669	1340	2178	1780	10318	5742	2101

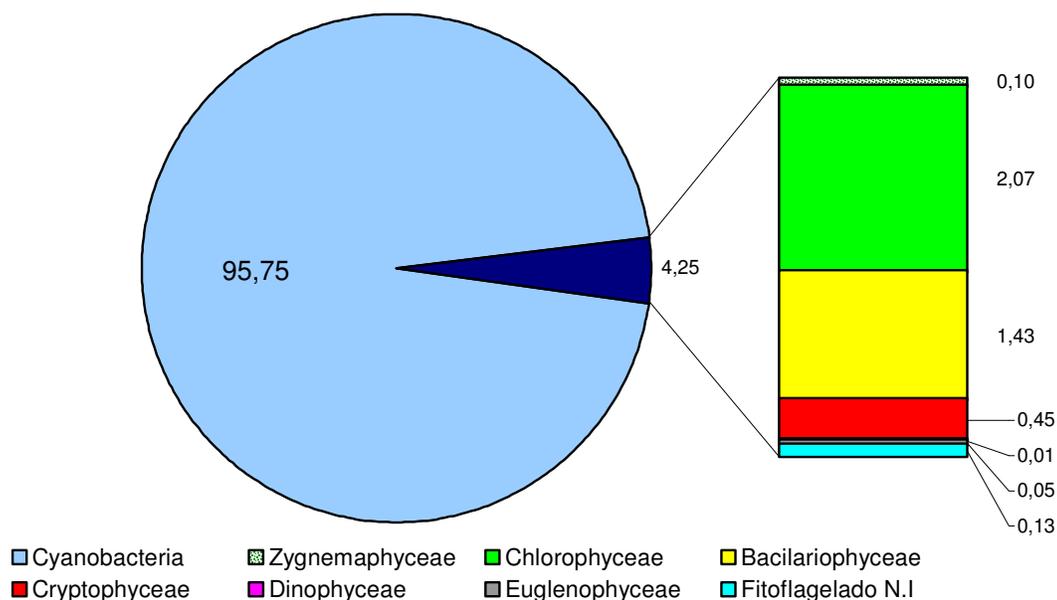
A maior contribuição celular da comunidade fitoplanctônica foi observada em novembro/02 ($204.809 \text{ cél.mL}^{-1}$), devido à dominância das cianobactérias, totalizando 99,92% ($204.655 \text{ cél.mL}^{-1}$) das células contadas.

Microcystis aeruginosa foi a espécie que mais influenciou esta porcentagem ($147.378 \text{ cél.mL}^{-1}$) e apresentou a maior contribuição celular registrada para uma espécie.

A menor densidade de cianobactérias foi verificada na região do fundo em agosto/02 (597 cél.mL^{-1}). Apesar de constituir a menor contribuição e menor porcentagem destes organismos para a composição da comunidade fitoplanctônica, totalizou 85,78% (Tabela 09).

O período com menor densidade fitoplanctônica total ocorreu em fevereiro/03 na região de fundo (669 cél.mL^{-1}) (Tabela 08).

GRÁFICO 08 – CONTRIBUIÇÕES PERCENTUAIS MÉDIAS DAS TRÊS PROFUNDIDADES AMOSTRADAS, PARA AS DIFERENTES CLASSES, NO PERÍODO DE ESTUDO.



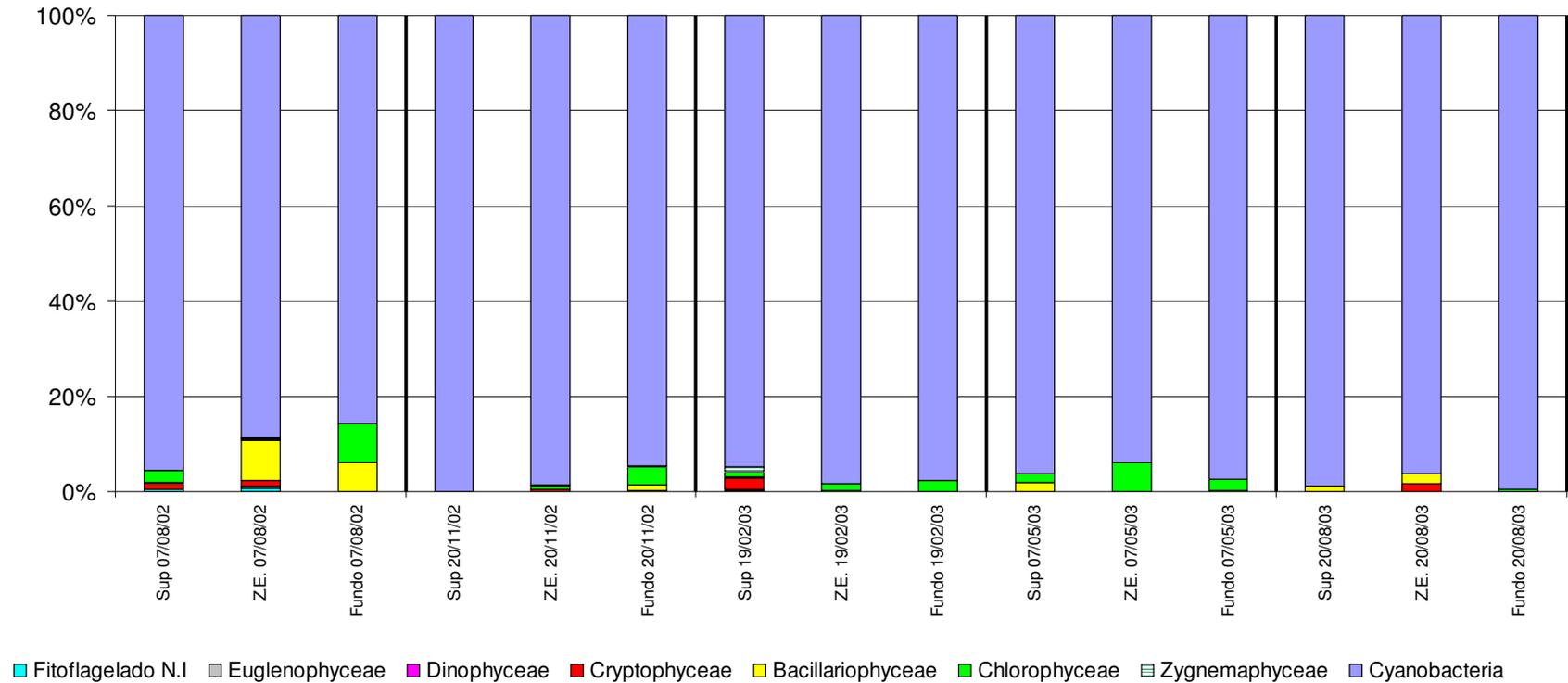


GRÁFICO 09 – CONTRIBUIÇÕES PERCENTUAIS PARA AS DIFERENTES CLASSES, NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES PARA OS MESES DE AGOSTO E NOVEMBRO DE 2002 E FEVEREIRO E JULHO DE 2003.

ANDRADE *et al.* (1988) observaram a predominância de cianobacterias em todos os braços estudados no reservatório de Itaipu, sendo *Microcystis*, o gênero responsável pela formação esporádica de florações nas estações de coleta.

Segundo HUSZAR *et al.* (2000) dentre os principais fatores que controlam a dominância de cianobactérias estão: baixa turbulência, baixa luminosidade, baixa relação de mistura na zona fótica, altas temperaturas, baixo CO₂/alto pH, alto fósforo total, baixo nitrogênio total, baixa relação N:P, baixo nitrogênio inorgânico dissolvido, estratégia de estoque de fósforo, habilidade de minimizar a herbivoria e regulação da flutuação. Tendo como base estes fatores podemos observar que para Praia Artificial de Entre Rios do Oeste a baixa turbulência, altas temperaturas, altos valores de pH realmente favoreceram o domínio de cianobactérias, entretanto foram registrados baixos valores de fósforo total e altos valores de nitrogênio total com uma elevada razão N:P, contradizendo o descrito por HUSZAR *et al.* (2000).

Entre estes, o fator físico que pode até superar o efeito da concentração de nutrientes, é a estabilidade da coluna d'água (MARGALEF, 1978; REYNOLDS, 1984). Além disso, as cianobactérias são capazes de armazenar fósforo em excesso (WHITTON & POTTS, 2000). Visto que o elemento limitante neste ambiente é o fósforo, esta estratégia favoreceu muito o grupo das cianobactérias. De fato, estes foram os principais fatores que contribuíram para a dominância destes organismos em todo o período de estudo na Praia Artificial de Entre Rios do Oeste.

A biomassa de cianobactérias, no local estudado, apresentou um ciclo sazonal alternado entre heterocitadas e não-heterocitadas, ou seja, no mês de novembro ocorreu dominância do gênero *Microcystis* e nos demais meses a dominância foi do gênero *Anabaena*. Os dois grupos aqui discutidos são funcionalmente distintos. Segundo HUSZAR *et al.* (2000) nestes casos onde os grupos são funcionalmente distintos, as variações em biomassa total e em abundância relativa de táxons não são, em geral, bem explicadas por variações físicas e químicas.

TABELA 09 – DENSIDADE FITOPLANCTÔNICA (cél.ml⁻¹) E CONTRIBUIÇÕES PERCENTUAIS TOTAIS E MÉDIAS DOS DIFERENTES GRUPOS PARA AS PROFUNDIDADES AMOSTRADAS NO PERÍODO DE ESTUDO.

	Cyanobacteria		Zygnemaphyceae		Chlorophyceae		Bacillariophyceae		Cryptophyceae		Dinophyceae		Euglenophyceae		Fitoflagelado N.I		TOTAL	
	Nº CEL	%	Nº CEL	%	Nº CEL	%	Nº CEL	%	Nº CEL	%	Nº CEL	%	Nº CEL	%	Nº CEL	%	Nº CEL	%
Sup 07/08/02	11770	95,45	0	0,00	319	2,59	44	0,36	154	1,25	0	0,00	0	0,00	44	0,36	12331	100
Z.E. 07/08/02	873	88,72	3	0,30	3	0,30	81	8,23	12	1,22	0	0,00	6	0,61	6	0,61	984	100
Fundo 07/08/02	597	85,78	0	0,00	57	8,19	42	6,03	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	696	100
Sup 20/11/02	204655	99,92	0	0,00	0	0,00	33	0,02	88	0,04	0	0,00	0	0,00	33	0,02	204809	100
Z.E. 20/11/02	3544	98,66	8	0,22	20	0,56	4	0,11	16	0,45	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3592	100
Fundo 20/11/02	3000	94,70	4	0,13	120	3,79	36	1,14	0	0,00	4	0,13	0	0,00	4	0,13	3168	100
Sup 19/02/03	9064	94,82	88	0,92	121	1,27	22	0,23	220	2,30	0	0,00	11	0,12	33	0,35	9559	100
Z.E. 19/02/03	6347	98,46	0	0,00	88	1,37	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	11	0,17	6446	100
Fundo 19/02/03	654	97,76	0	0,00	15	2,24	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	669	100
Sup 07/05/03	1290	96,27	0	0,00	25	1,87	25	1,87	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1340	100
Z.E. 07/05/03	2046	93,94	0	0,00	132	6,06	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2178	100
Fundo 07/05/03	1735	97,47	0	0,00	40	2,25	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	5	0,28	1780	100
Sup 20/08/03	10186	98,72	0	0,00	11	0,11	121	1,17	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	10318	100
Z.E. 20/08/03	5522	96,17	0	0,00	0	0,00	132	2,30	88	1,53	0	0,00	0	0,00	0	0,00	5742	100
Fundo 20/08/03	2090	99,48	0	0,00	11	0,52	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2101	100
Média		95,75		0,10		2,07		1,43		0,45		0,01		0,05		0,13		100

Entretanto, os fatores que podem ter influenciado esta alternância na região de estudo é o nitrogênio Kjeldalh. Segundo FERBER *et. al.* (2004), estudos no lago Manitoban e lagos columbinos britânicos, com florações de *Aphanizomenon* e *Anabaena* (cianobactérias heterocitadas), mostraram que adições de nitrogênio reduziram a biomassa destes organismos e na seqüência os novos grupos dominantes foram *Microcystis* e *Synechococcus*, cianobactérias não heterocitadas. Podemos observar que no período onde houve dominância de *Microcystis* encontram-se os maiores valores de nitrogênio Kjeldahl.

As cyanobacterias não heterocitadas são particularmente abundantes em lagos eutróficos com um baixo conteúdo de N inorgânico ou baixa razão N:P. (JENSEN *et al.*, 1994). Entretanto estas observações não se aplicam ao ambiente estudado, visto que a Praia Artificial de Entre rios do Oeste apresentou altos teores de nitrogênio e alta relação N:P.

De acordo com MITROVIC *et. al.* (2003), o crescimento de *Anabaena* ocorre em locais onde a estratificação térmica é persistente. Em fevereiro/02 esta característica apresentou bem pronunciada. Nos demais meses, onde a *Anabaena*

predominou, a estratificação permaneceu estável, ou pouco pronunciada. Em regiões tropicais diferenças de temperatura maiores que 0,5°C são suficientes para originar estratificações térmicas relativamente estáveis (PAYNE, 1986).

Os períodos com menor turbidez “favoreceram” o predomínio do gênero *Anabaena*. Quando ocorreu o predomínio do gênero *Microcystis*, observamos que ocorreu a maior turbidez na superfície (25NTU). Segundo WHITTON & POTTS (2000), *Microcystis* é um gênero que mesmo com limitação de luz cresce eficientemente. Segundo DE NOBEL *et. al.* (1998) e MITROVIC *et. al.* (2003), florações de *Anabaena* ocorrem em regiões de alta disponibilidade de luz na água. Constatou-se alta transparência na coluna d’água, em todas as épocas onde a *Anabaena* dominou.

A pluviosidade máxima registrada em novembro/02 (380,3mm), também pode ter favorecido a sucessão de *Anabaena* por *Microcystis*. A região estudada apresenta solo cultivado e a quantidade de chuva registrada neste mês pode ter contribuído para o escoamento superficial de nutrientes e conseqüente aumento da turbidez no local de estudo favorecendo o desenvolvimento de *Microcystis*. Segundo MUR & SCHEURS, (1995) condições satisfatórias para florações de N-fixadores acontecem periodicamente, como conseqüência de condições favoráveis do clima local (períodos prolongados de luz-ventos e reduções subseqüentes na turvação de coluna de água).

As cianobactérias heterocitadas (*Anabaena*) dominaram em épocas onde as concentrações de fósforo foram menores. JENSEN *et al.* (1994) em seu estudo sobre a dominância do fitoplâncton em 32 lagos ao longo de um gradiente de fósforo, confirmou que as cianobactérias heterocitadas tendem a dominar em concentrações de fósforo total menor que 0,25 mg.L⁻¹ e as não heterocitadas em ambientes com fósforo total entre 0,25 e 0,80 mg.L⁻¹. Os valores registrados para Praia Artificial de Entre Rios do Oeste apresentaram-se muito inferiores aos observados por JENSEN *et al.* (1994). Nos períodos onde o gênero *Anabaena* dominou, as concentrações de fósforo apresentaram-se, em média, 42 % inferiores aos valores registrados para o período onde *Microcystis* foi o organismo mais abundante.

4.3.3 Clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)

Considerando as profundidades, o valor médio de clorofila a foi de $11,15 \mu\text{g.L}^{-1}$. O valor máximo registrado foi de $65,55 \mu\text{g.L}^{-1}$ (novembro/02), o que correspondeu aos maiores valores de Contribuição celular. O mínimo foi de $1,18 \mu\text{g.L}^{-1}$ na região de fundo no mesmo mês, entretanto, este dado não correspondeu ao menor valor registrado da densidade. O desvio padrão foi de 16,51 e o coeficiente de variação foi alto (148,03%) (Tabela 09). A comparação entre os picos de densidade e clorofila a nas diferentes profundidades e estações amostradas pode ser observada no Gráfico 11.

Apesar da alta correlação existente entre clorofila e número de células de cianobactérias (Tabela 11) as baixas coincidências existentes entre a densidade de cianobactérias e clorofila a existente em alguns pontos amostrados (Gráfico 10) podem ser decorrentes do estado fisiológico da população algal, ou seja, a comunidade fitoplanctônica provavelmente encontrava-se em estado de senescência no momento da coleta. Segundo WETZEL (1993), a utilização de pigmentos para estimar a biomassa do fitoplâncton, deve considerar que uma porção significativa das células das algas da coluna d'água já não é viável, e que em alguns lagos, as concentrações de feopigmentos ao longo do ano chegam a ser iguais, ou mesmo superiores, aos valores de clorofila a.

TABELA 10 – VALORES DE CLOROFILA A, MÁXIMO, MÉDIO, MÍNIMO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PARA AS DIFERENTES PROFUNDIDADES AMOSTRADAS, NO PERÍODO DE ESTUDO.

	Ago/02	Nov/02	Fev/03	Mai/03	Ago/03
Superfície	10,51	65,54	14,21	3,11	13,62
Zona Fótica	2,27	3,57	16,58	2,22	23,38
Fundo	1,92	1,18	3,55	2,37	3,26
Média				11,15	
Max				65,54	
Min				1,18	
desvio Padrão				16,51	
Coeficiente de Variação				148,03	

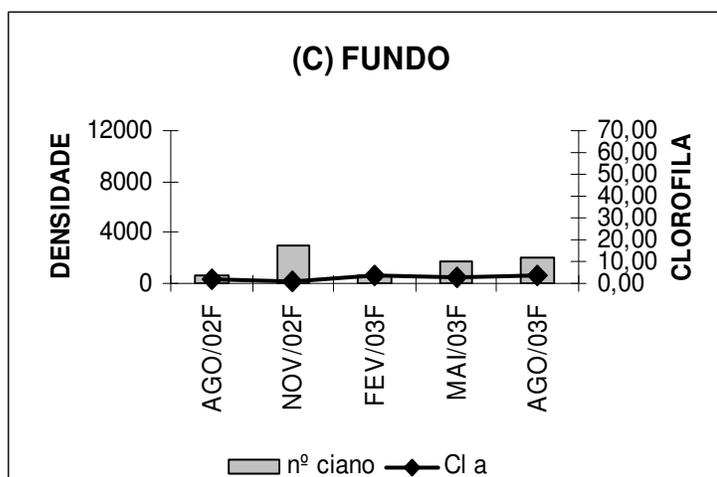
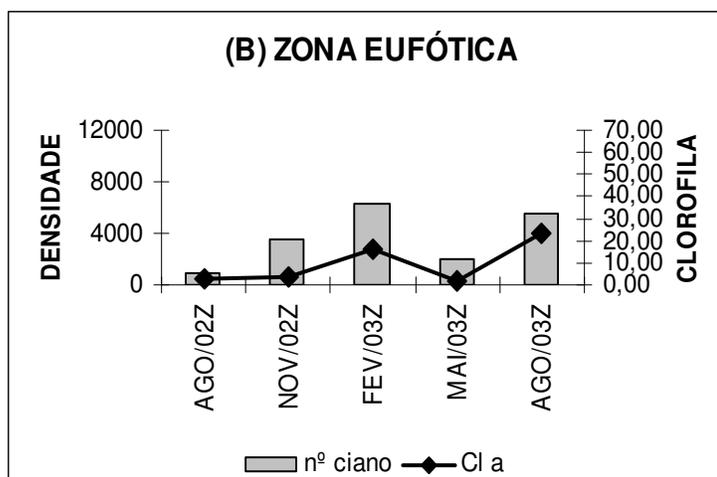
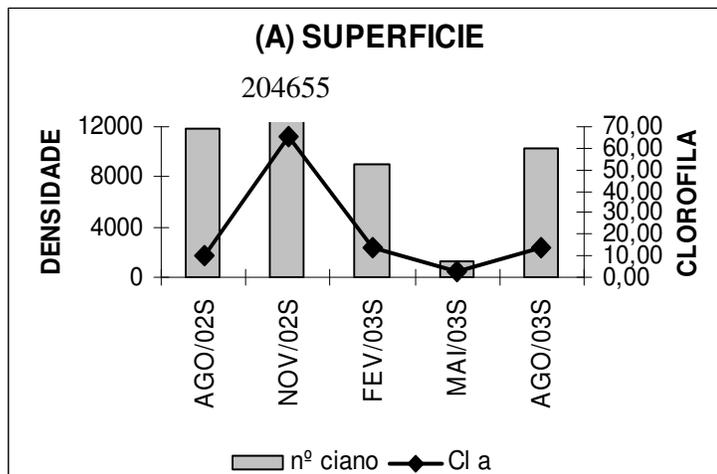


GRAFICO 10 – VARIAÇÕES NA CONTRIBUIÇÃO CELULAR (cél.mL^{-1}) E CLOROFILA a ($\mu\text{g.L}^{-1}$), NA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE, NO PERÍODO DE ESTUDO.

4.4 Tratamento Estatístico

4.4.1 Cianobactérias e suas correlações

Os valores das correlações Pearson entre número de células de cianobactérias e demais parâmetros analisados encontram-se na Tabela 11. Os parâmetros que apresentaram índice de correlação significativa com o número de células foram: clorofila, pH, condutividade, DQO e Nitrogênio Kjeldahl. A maior correlação identificada foi com o parâmetro clorofila (0,93). A menor correlação significativa encontrada foi com o parâmetro condutividade (0,50).

Alta correlação negativa foi observada com o parâmetro transparência (-0,70) evidenciando que quanto maior o número de células menor foi a transparência, ou seja, parâmetros inversamente proporcionais.

TABELA 11 – ÍNDICES DE CORRELAÇÃO ENTRE NÚMERO DE CÉLULAS DE CIANOACTÉRIAS E PARÂMETROS AMBIENTAIS ANALISADOS. OS VALORES EM NEGRITO REPRESENTAM AS CORRELAÇÕES SIGNIFICATIVAS (MAIORES QUE 0,5).

Índices de Correlação Entre:	
Nº de Cianobactérias X Clorofila	0,93
Nº de Cianobactérias X Temperatura	0,27
Nº de Cianobactérias X OD	0,20
Nº de Cianobactérias X % de Saturação	0,36
Nº de Cianobactérias X Transparência	-0,70
Nº de Cianobactérias X Turbidez	0,10
Nº de Cianobactérias X Déficit de OD	0,29
Nº de Cianobactérias X pH	0,56
Nº de Cianobactérias X Condutividade	0,50
Nº de Cianobactérias X Alcalinidade	0,16
Nº de Cianobactérias X DBO	0,46
Nº de Cianobactérias X DQO	0,65
Nº de Cianobactérias X N amoniacal	-0,20
Nº de Cianobactérias X N nitrato	0,19
Nº de Cianobactérias X N kjeldahl	0,68
Nº de Cianobactérias X P total	0,21
Nº de Cianobactérias X Resíduos Sólidos Totais	0,36

4.4.2 Análise de Componentes Principais (ACP)

4.4.2.1 Análise de Componentes Principais dos Fatores Abióticos

Foram considerados somente valores que apresentaram correlação maior ou igual a 0,6 com o eixo 1 ou 2, sendo que estes dois primeiros eixos resumiram 78,23 % da explicabilidade total do sistema (Tabela 12).

EIXO 1 (52,98% da variância explicada)

Este eixo é positivamente relacionado com a transparência que se apresentou maior nos meses de agosto/02 e maio/03 (inverno e outono). Em oposição, projetam-se negativamente no eixo 1 as variáveis turbidez, alcalinidade, fósforo total, resíduos sólidos totais, condutividade, nitrogênio Kjeldahl e clorofila a, e as amostras de novembro (primavera) e fevereiro (verão). Este primeiro componente principal sintetiza o efeito sazonal das variáveis abióticas, que se dividem em dois períodos distintos. O primeiro inverno/outono que vai de maio a agosto e o segundo primavera/verão que vai de novembro a fevereiro.

EIXO 2 (25,25% da variância explicada)

Este eixo mostrou a correlação negativa das variáveis clorofila a, nitrogênio Kjeldahl e, principalmente, a contribuição do vetor porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido, indicando que em fevereiro/03 e novembro/02 as regiões de superfície e base da zona fótica destes meses apresentaram-se com supersaturação de oxigênio.

A análise dos fatores abióticos através da PCA mostra-nos ainda que as estações de fevereiro/03 e de novembro/02 na superfície são estações bem distintas das demais e que em maio/03 não há estratificação da coluna d'água (agrupamento dos pontos na região positiva dos eixos 1 e 2).

De maneira geral podemos dividir o período de estudo em duas fases:

FASE I: de novembro/02 a fevereiro/03 (primavera-verão), que é o período onde ocorre estratificação térmica. Devido à maior turbidez oriunda, principalmente,

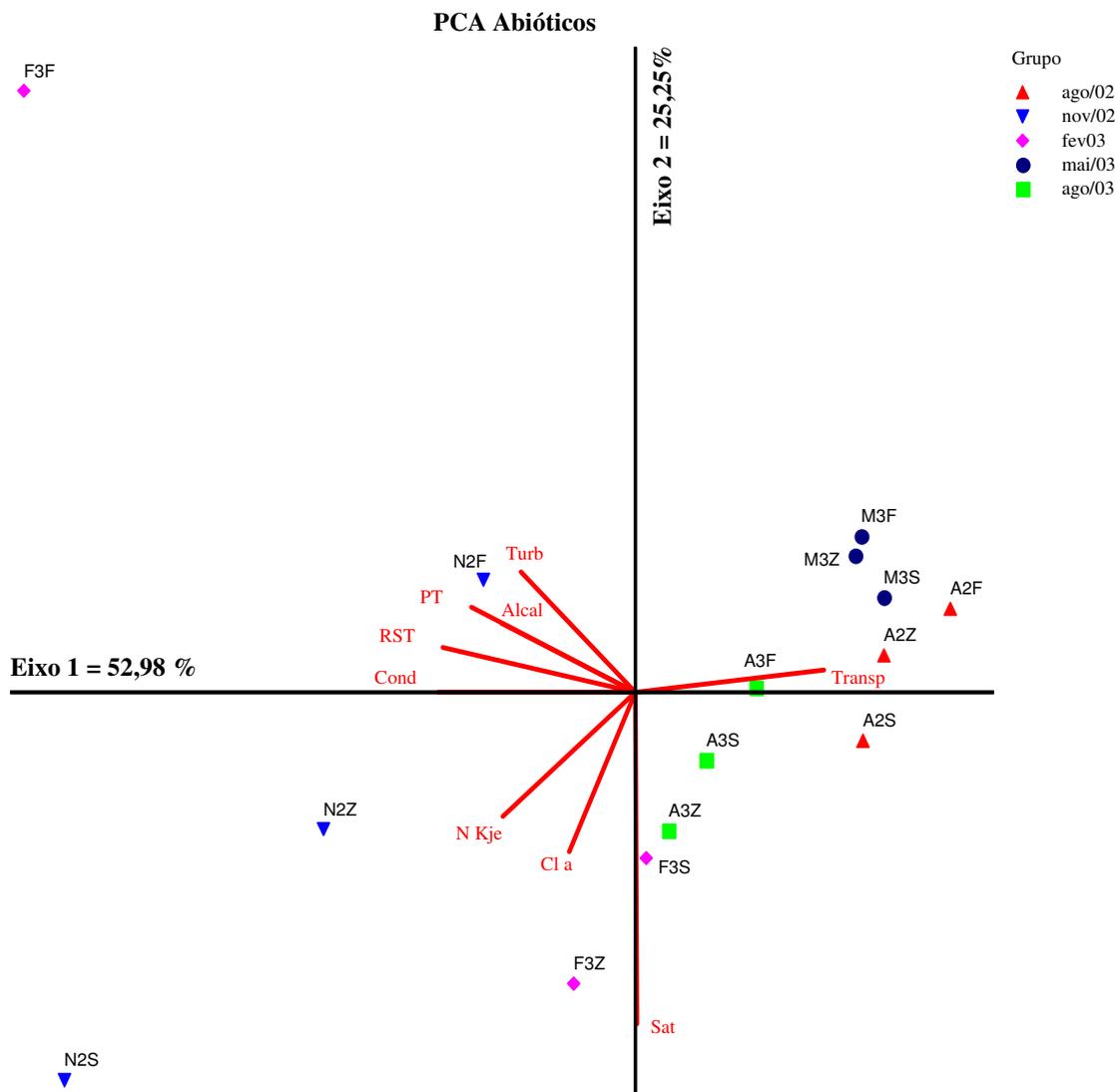


GRÁFICO 11 – ORDENAÇÃO BILOT, PELA PCA, DAS UNIDADES AMOSTRAIS E DAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS ANALISADAS. AS UNIDADES AMOSTRAIS FORAM IDENTIFICADAS DE ACORDO COM O PERÍODO AMOSTRAL (AGOSTO/02 A AGOSTO/03). AS LETRAS LOCALIZADAS NA FRENTE DAS UNIDADES AMOSTRAIS CORRESPONDEM AOS MESES AMOSTRADOS (A = AGOSTO, N = NOVEMBRO, F = FEVEREIRO, M = MAIO). OS NÚMEROS 2 E 3 NO MEIO DAS UNIDADES AMOSTRAIS CORRESPONDEM RESPECTIVAMENTE AOS ANOS DE 2002 E 2003. AS LETRAS NO FINAL DAS UNIDADES AMOSTRAIS CORRESPONDEM A PROFUNDIDADE AMOSTRADA (S = SUPERFÍCIE, Z = BASE DA ZONA FÓTICA, F = FUNDO). (EX.: F3Z = AMOSTRAGEM REALIZADA EM FEVEREIRO DE 2003 NA BASE DA ZONA FÓTICA). AS ABREVIACÕES DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS ESTÃO APRESENTADAS NA TABELA 12.

da floração de *Microcystis*, que fez com que os vetores de resíduos suspensos totais, alcalinidade, condutividade, nitrogênio Kjeldahl e clorofila *a* ficassem na parte negativa do eixo 1. A turbidez é oriunda da grande quantidade de células de *Microcystis* que elevam o teor de resíduos suspensos totais e clorofila *a*. Como a maioria destes resíduos é formada por matéria orgânica, a condutividade eleva-se por conta da ação das bactérias que degradam estes compostos e liberam íons para a coluna d'água. Como relatado anteriormente, maiores valores de nitrogênio propiciam a alternância de dominância de cianobactérias heterocitadas para espécies não-heterocitadas, no caso, de *Anabaena* para *Microcystis*.

FASE II: agosto/02, maio/03 e agosto/03 (outono-inverno). Este é o período caracterizado pela circulação da coluna d'água e, principalmente, pela alta transparência.

TABELA 12 – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON E KENDALL ENTRE AS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA E OS DOIS PRIMEIROS EIXOS DA ORDENAÇÃO PARA O PERÍODO DE ESTUDO (N= 15).

Variável	Abreviação	Componentes Principais	
		Eixo1	Eixo2
Clorofila a	Cl a	-0,505	-0,641
Saturação de O.D.	Sat	0,058	-0,924
Transparência	Transp	0,847	0,238
Turbidez	Turb	-0,660	0,559
Condutividade	Cond	-0,869	0,024
Alcalinidade	Alcal	-0,714	0,421
Nitrogênio Kjeldahl	N Kje	-0,710	-,0566
Resíduos Sólidos Totais	RST	-0,857	0,340
Fósforo Total	PT	-0,791	0,470
Total de Explicabilidade:		52,98%	25,25%

4.4.2.2 Análise de Componentes Principais dos Fatores Bióticos

Para análise desta ACP foram considerados valores que apresentaram correlação maior ou igual a 0,5 com o eixo 1 e 2 sendo que estes eixos resumiram 74,61 % da explicabilidade total do sistema (Tabela 12).

EIXO 1 (47,49% da variância explicada)

Este eixo é positivamente ligado às espécies: *Anabaena circinalis*, *Anabaena crassa*, *Anabaena spiroides*, *Anabaena viguieiri*, as quais ocorreram em maior abundância nas amostras de superfície e base da zona fótica dos meses de fevereiro e agosto/03. Em oposição projetam-se negativamente no eixo 1 as espécies: *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanocapsa holsatica*, *Coelosphaerium eviderter-marginatum*, *Merismopedia* sp., *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis protocystis*, *Pseudanabaena mucicola* e *Pseudanabaena* sp., que estiveram em maior abundância nos meses de agosto e novembro/02 na região de superfície.

EIXO 2 (27,12% da variância explicada)

Este eixo é positivamente ligado às espécies: *Anabaena circinalis*, *Anabaena crassa*, *Anabaena spiroides*, *Anabaena viguieiri*, *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanocapsa holsatica*, *Coelosphaerium eviderter-marginatum*, *Merismopedia* sp., *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis protocystis*, *Pseudanabaena mucicola* e *Pseudanabaena* sp., que ocorreram em maior abundância nas amostras de superfície de agosto e novembro/02 e fevereiro e agosto/03. Observando este eixo pode-se verificar que ele divide espacialmente o período estudado, com elevadas concentrações de cianobactérias nas regiões de superfície e zona fótica e menores concentrações no fundo.

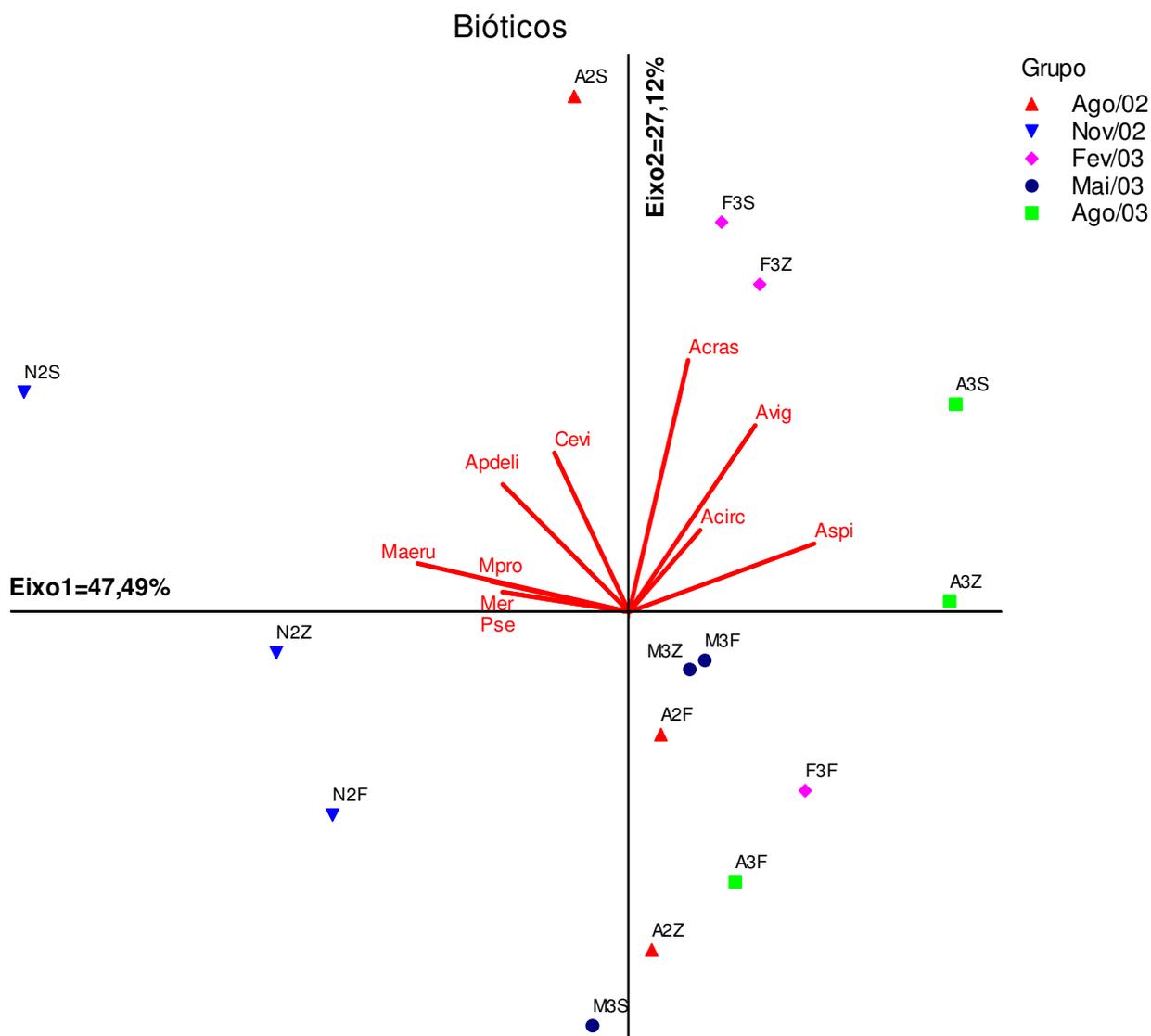


GRÁFICO 12 – ORDENAÇÃO BIPLLOT, PELA PCA, DAS UNIDADES AMOSTRAIS E DAS VARIÁVEIS BIOLÓGICAS ANALISADAS. AS UNIDADES AMOSTRAIS FORAM IDENTIFICADAS DE ACORDO COM O PERÍODO AMOSTRAL (AGOSTO/02 A AGOSTO/03). AS LETRAS LOCALIZADAS NA FRENTE DAS UNIDADES AMOSTRAIS CORRESPONDEM AOS MESES AMOSTRADOS (A = AGOSTO, N = NOVEMBRO, F = FEVEREIRO, M = MAIO). OS NÚMEROS 2 E 3 NO MEIO DAS UNIDADES AMOSTRAIS CORRESPONDEM RESPECTIVAMENTE AOS ANOS DE 2002 E 2003. AS LETRAS NO FINAL DAS UNIDADES AMOSTRAIS CORRESPONDEM A PROFUNDIDADE AMOSTRADA (S = SUPERFÍCIE, Z = BASE DA ZONA FÓTICA, F = FUNDO). (EX.: F3Z = AMOSTRAGEM REALIZADA EM FEVEREIRO DE 2003 NA BASE DA ZONA FÓTICA). AS ABREVIÇÕES DAS VARIÁVEIS BIÓTICAS ESTÃO NA TABELA 13.

TABELA 13 – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON E KENDALL ENTRE AS VARIÁVEIS BIOLÓGICAS E OS DOIS PRIMEIROS EIXOS DA ORDENAÇÃO, PARA O PERÍODO DE ESTUDO (N= 15).

Variável	Abreviação	Componentes Principais	
		Eixo1	Eixo2
<i>Anabaena circinalis</i>	Acirc	0,503	0,446
<i>Anabaena crassa</i>	Acras	0,456	0,779
<i>Anabaena spiroides</i>	Aspi	0,810	0,406
<i>Anabaena viguieiri</i>	Avig	0,672	0,671
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	Adeli	0,669	0,556
<i>Coelosphaerium evidenter-marginatum</i>	Cevi	-0,702	0,274
<i>Merismopedia</i> sp.	Mer	-0,671	0,220
<i>Microcystis aeruginosa</i>	Maeru	-0,866	0,342
<i>Microcystis protocystis</i>	Mpro	-0,671	0,220
<i>Pseudanabaena</i> sp.	Pse	-0,514	0,621
Total de Explicabilidade:		47,49%	27,12%

4.4.3 Análise Canônica de Correspondência (ACC)

O resultado da ACC, que analisa os fatores abióticos e bióticos pré selecionados através da ACP, revelou através do teste de Monte Carlo que, estatisticamente, nenhum dos eixos apresentou-se relevante (significativos, $p \leq 0,005$). Desta forma, os resultados obtidos neste trabalho apresentam pequena probabilidade de ocorrer novamente (Tabela 13).

TABELA 14 - RESULTADO DO TESTE DE MONTE CARLO

EIXO	Alto valor	Média	Mínimo	Máximo	P
1	0,303	0,275	0,130	0,367	0,3800
2	0,090	0,090	0,060	0,118	0,5700
3	0,054	0,060	0,031	0,099	0,6100

4.5 Índice de Estado Trófico

Os resultados do Índice de Estado Trófico (IET) apresentam-se na Tabela 14.

A Praia Artificial de Entre rios do Oeste apresentou-se de oligotrófica à mesotrófica, sendo que apenas em novembro/02 a região de superfície foi classificada como eutrófica.

Pode-se dizer que o sistema amostrado apresenta região de superfície da coluna d'água caracterizada como mesotrófica e as demais profundidades como oligotróficas. A mesotrofia na superfície da coluna d'água foi atribuída a da grande contribuição das cianobactérias na composição da comunidade fitoplanctônica, visto que este grupo de algas predomina nas regiões superficiais.

Segundo MERCANTE & TUCCI-MOURA (1999) a aplicação destes índices deve ser feita com cautela e devem ser utilizados somente como um indicador do potencial do estado trófico. É importante considerar os aspectos da dinâmica temporal e espacial das variáveis físicas, químicas e biológicas do sistema, além dos diferentes compartimentos de cada sistema principalmente em relação ao conteúdo de nitrogênio e fósforo e os aspectos regionais particulares de cada bacia hidrográfica.

TABELA 15 – RESULTADOS DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO BASEADO EM CARLSON MODIFICADO POR TOLEDO (1990).

	IET CL	IET S	IET PT	IET m	Estado Trófico
Ago/02 – Superfície	54	45	35	45	Mesotrófico
Ago/02 – Zona fótica	39	45	33	38	Oligotrófico
Ago/02 – Fundo	37	45	35	38	Oligotrófico
Nov/02 – Superfície	73	61	46	60	Eutrófico
Nov/02 – Zona fótica	43	61	42	46	Mesotrófico
Nov/02 – Fundo	32	61	35	39	Oligotrófico
Fev/03 – Superfície	57	56	39	50	Mesotrófico
Fev/03 – Zona fótica	59	56	32	48	Mesotrófico
Fev/03 – Fundo	43	56	58	52	Mesotrófico
Mai/03 – Superfície	42	47	26	37	Oligotrófico
Mai/03 – Zona fótica	39	47	33	38	Oligotrófico
Mai/03 – Fundo	39	47	23	34	Oligotrófico
Ago/03 – Superfície	57	49	34	46	Mesotrófico
Ago/03 – Zona fótica	62	49	39	50	Mesotrófico
Ago/03 – Fundo	42	49	33	40	Oligotrófico

4.6 Enquadramento na Resolução CONAMA 357/05

O enquadramento dos corpos d'água deve estar baseado nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade, não necessariamente no seu estado atual. Os requisitos para Classe 2, comparados com os valores obtidos no presente trabalho são:

a) turbidez: 100 NTU - todos os valores apresentaram-se abaixo do valor estabelecido pela resolução. Turbidez máxima registrada de 66 NTU.

b) oxigênio dissolvido (O.D.): em qualquer amostra, não inferior a 5 mg.L⁻¹
Apenas em novembro/02 o valor de O.D. ficou abaixo do que determina a resolução. (4,8 mg.L⁻¹).

c) pH: 6,0 a 9,0

Não ocorreram violações a este parâmetro quando comparados os valores obtidos neste trabalho para ambientes da Classe 2.

d) fósforo total: até 0,030 mg.L⁻¹ P em ambientes lênticos

O valor médio de fósforo registrado para o período ficou abaixo do que estabelece a resolução (0,027 mg.L⁻¹). De todos os valores amostrados, o mês de novembro/02 apresentou violações para este parâmetro na região de superfície e fundo. O mês de fevereiro/03 apresentou uma taxa de fósforo elevada () devido à resuspensão do sedimento de fundo na hora da coleta.

e) nitrato: 10 mg.L⁻¹

Apresentaram-se bem abaixo do valor estabelecido pela resolução. Todos os valores registrados foram menores que 1 mg.L⁻¹.

f) nitrogênio amoniacal total: 3,7 mg/L N, para pH 7,5; 2,0 mg/L, para pH 7,5 < 8,0; 1,0 mg/L, para pH 8,0 < 8,5; 0,5 mg/L N, para pH 8,5.

Todos os valores registrados, nos diferentes graus de pH estiveram inferiores ao que determina a resolução, sendo que o maior nitrogênio amoniacal registrado foi o do mês de 0,08 mg/L, com valor de pH de 6,5.

g) DBO: 5 mg.L⁻¹

Todos os valores foram menores do que o estabelecido pela resolução. O máximo de DBO registrado foi de 4,9 mg.L⁻¹.

h) clorofila a: até 30 ug/L

Para o parâmetro clorofila a foi observada violação para o mês de novembro/02 com valores de 65,54 ug/L.

i) densidade de cianobactérias: até 50000 cel/ml

Bem como para o parâmetro clorofila a, a densidade de cianobactérias foi violada no mês de novembro/02 (204655 cel/ml), com aproximadamente 4 vezes mais células do que prevê a resolução para Classe 2.

Os parâmetros analisados mostraram-se adequados, enquadrando-se nos estabelecidos pela resolução CONAMA 357 para Classe 2, que inclui águas destinadas à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho. Entretanto, no mês de novembro/02, observaram-se algumas violações proibitivas para atividades de contato primário em relação aos valores de O.D., clorofila a e densidade de cianobactérias. A ocorrência de floração de *Microcystis aeruginosa*, cianobactéria potencialmente tóxica, pode colocar em risco o bem estar dos usuários da praia artificial.

Visto que as violações foram poucas, não procede o rebaixamento para Classe 3 do ambiente estudado. Alerta-se que a resolução vigente desautoriza atividades de contato primário no mês de novembro/02.

Recomenda-se que os órgãos competentes interditem a praia, para banho, por ocasião destas violações.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. As classes registradas para o ambiente de estudo foram: Cyanobacteria, Zygnemaphyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, além de organismos fitoflagelados não identificados.
2. Para as cianobactérias foram identificadas 12 espécies: Nostocales - *Anabaena circinalis*, *Anabaena crassa*, *Anabaena spiroides*, *Anabaena viguieiri*, Chroococcales - *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanocapsa holsatica*, *Coelosphaerium evidenter-marginatum*, *Merismopedia* sp., *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis protocystis*, Oscillatoriales - *Pseudanabaena mucicola* e *Pseudanabaena* sp.
3. As cianobactérias predominaram com mais de 85% do total de células do fitoplâncton durante todo o período de estudo.
4. A maior contribuição celular de cianobactérias registrada em novembro/02 deve-se à grande floração de *Microcystis aeruginosa*.
5. *Anabaena circinalis* e *Coelosphaerium evidenter-marginatum* estiveram presentes em praticamente todo o período de estudo.
6. Através da ACP foi possível detectar diferenças espaciais no período estudado, com elevadas concentrações de cianobacterias nas regiões de superfície e zona fótica e menores concentrações no fundo.

7. A alternância entre *Anabaena* – *Microcystis* – *Anabaena* pode ser explicada pelos seguintes fatos: florações de *Anabaena* ocorrem em regiões de alta disponibilidade de luz na água e em locais onde a estratificação térmica é persistente (fato bem observado em fevereiro/02) e estável. Altas concentrações de nitrogênio Kjeldahl e fósforo favoreceram organismos não fixadores de nitrogênio (*Microcystis*).
8. Através da avaliação do perfil de temperatura a Praia Artificial de Entre Rios do Oeste apresentou-se como monomítica quente, ou seja, lago com circulação somente no inverno.
9. O perfil de oxigênio registrado para Praia Artificial de Entre Rios do Oeste é do tipo clinogrado, sendo que em nenhum dos meses amostrados o reservatório apresentou-se anóxico.
10. Através das análises conjuntas das variáveis físicas e químicas foi possível dividir o período estudado, em duas fases:
Fase I: novembro/02 e fevereiro/03. Período de estratificação térmica, alta turbidez, resíduos suspensos totais, alcalinidade, condutividade, nitrogênio Kjeldahl e clorofila a.
Fase II: agosto/02, maio/03 e agosto/03. Período de circulação da coluna d'água e alta transparência da água. Os parâmetros resíduos suspensos totais, alcalinidade, condutividade, nitrogênio Kjeldahl e clorofila a apresentaram-se sempre inferiores à fase I.
11. O fator limitante para o desenvolvimento da biomassa fitoplanctônica na região de estudo é o fósforo.
12. A quase total ausência de heterocitos nos tricomas de *Anabaena* indica que não há deficiência de nitrogênio na água.

13. A estabilidade da coluna d'água, bem como a estratégia das cianobactérias de armazenarem fósforo, foram os fatores preponderantes para que estes organismos dominassem, superando inclusive o efeito dos nutrientes.
14. A penetração de luz foi atenuada no mês de novembro/02 devido à grande floração de *Microcystis*.
15. Os baixos valores de DQO e DBO indicam baixa contaminação por efluentes domésticos e industriais.
16. A Praia Artificial de Entre Rios do Oeste foi classificada como oligotrófica a mesotrófica segundo o índice de Carlson modificado por Toledo.
17. A Praia artificial de Entre Rios do Oeste enquadrou-se na Classe 2 a exceção do mês de novembro/02, quando estaria incluída na Classe 3, principalmente pela floração de cianobactérias. Recomenda-se portanto, que os órgãos competentes procedam a interdição da praia para banho por ocasião de violações como as apresentadas neste trabalho.
18. Sugerem-se amostragens mais intensas (quinzenais) para que a dinâmica das florações possa ser melhor esclarecida. Indicando se os parâmetros ambientais privilegiam a comunidade de cianobactérias ou se estes organismos é que influenciam a alteração das variáveis físicas e químicas.

6 BIBLIOGRAFIA

AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: EDUEM, 1997.

AGOSTINHO, A.A.; OKADA, E.K.; GREGORIS, J.. A pesca no reservatório de Itaipu: aspectos socioeconômicos e impactos de represamento. *In*: HENRY, R. (ed.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: FUNDEBIO: FAPESP. p. 281-319. 1999.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for examination of water and waste water**. Washington. 16 ed. 1992.

ANAGNOSTIDIS, K; KOMÁREK, J. **Modern approach to the classification system of cyanophytes, 3: Oscillatoriales**. *Algological Studies*, v.50, nº 53 p. 327-472. 1988.

ANDRADE, L.F.; BRUNKOW, R.F.; XAVIER, C.F.; DOMINGUES, L.L.. **Fitoplâncton e características físico químicas do reservatório de Itaipu – BR**. Separata de: TUNDISI, J.G. (ed). **Limnologia e manejo de represas**. São Paulo- SP: TOMO, p. 205-209. 1988. (Monografias em Limnologia.)

ANDRADE, L.F.; XAVIER, C.F.; BRUNHOW, R.F.; TREUERSCH, M. Sistema de avaliação, classificação e monitoramento de qualidade das águas de reservatórios do estado do Paraná, Porto Alegre. **I Seminário de qualidade de águas continentais no Mercosul - Anais**. Porto Alegre: ABRH. p. 333 - 342. 1994.

BOURRELLY, P. **Lês algues d'eau douce: initiation à la systématique, 2: les algues jaunes et brunes, les Chrysophycées, Pheophycées, Xanthophycées et Diatomées**. v.2. Paris: N Boubée. 1981.

_____. **Lês algues d'eau douce: initiation à la systématique, 3: les algues blenes et rouges, les Eugléneins, Peridiniene et Cryptmonadines**. v.3. Paris: N Boubée. 1985.

CARMICHAEL, W.W. The toxins of Cyanobacteria. **Scientific American**. 270(1) p. 78-86. 1994.

CETESB. **Parâmetros para análise da qualidade de água**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/padroes.asp>> Acesso em 08 dez. 2003.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. **Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and manegement**. New York and London.: E&FN Spon. 1999.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n.20 de 18 de junho de 1986. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas. Relator: Lineu Schwartz. Diário Oficial da União, 30/07/1986

DE NOBEL, W.T.; MATTHIJS, H.C.P.; VON ELERT, E.; MUR, L.R.. Comparision of the light-limited grow of the nitrogen-fixing cyanobacteria *Anabaena* and *Aphanizomenon*. **New phytology**. v. 138 p. 579-587.1998

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro:Interciência. 1998.

FERBER, L.R.; LEVINE, S. N.; LINI, A.; LIVINGSTIN, G.P..Do cyanobacteria dominate en eutrophic lakes because the fix atmospheric nitrogen? **Freshwater biology**. v. 49 p. 690-708. 2004

FERNANDES, L.F; LAGOS, P.E. Florações de cianobactérias e eutrofização no reservatório do Irai, Curitiba, Paraná. I: sucessão sazonal do fitoplâncton. In: Seminário interdisciplinar de pesquisa em eutrofização de águas de abastecimento público., 4, 2003, Curitiba. **Anais do IV seminário interdisciplinar de pesquisa em eutrofização de águas de abastecimento público**. Curitiba:UFPR. p. 47-52. 2003

FERNANDES, L.F; LAGOS, P.E.; VENTURA, C. Florações de cianobactérias e eutrofização no reservatório do Irai, Curitiba, Paraná. II: distribuição horizontal de algumas espécies. In: Seminário interdisciplinar de pesquisa em eutrofização de águas de abastecimento público. **Anais do IV seminário interdisciplinar de pesquisa em eutrofização de águas de abastecimento público**. Curitiba:UFPR. p. 53-56. 2003

FUNASA. **Cianobactérias tóxicas: impactos na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano**. Versão preliminar. Brasília-DF. 2001.

GRAHAM, L.E. & WILCOX L. W. **Algae**. Upper Saddle River, NJ:Prentice Hall. 2000.

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

HUTCHINSON, G. E. **A treatise on limnology**. New York.1957.

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Estudos limnológicos do reservatório de Itaipu, Paraná, Brasil**. Relatório interno, Curitiba. 2001.

_____.**Método para análise de fitoplâncton**. Procedimento Técnico N01-PT-0135-DPQ. rev.06, Curitiba. 2002.

_____.**Monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios do estado do Paraná, no período de 1998 a 2002**. . Relatório interno, Curitiba. 2003

IAPAR – **Cartas climáticas do estado do Paraná.** Disponível em <<http://www.pr.gov.br/iapar>> acesso em 13 jun. 2004.

INFANTE, A.; RIEHL, W. The effect of Cyanophyta upon zooplankton in an eutrophic tropical lake (Lake Valencia, Venezuela). **Hidrobiologia.** v. 293 p. 113-143. 1984

ITAIPU. **Histórico.** Disponível em: <<http://www.itaipu.gov.br>> acesso em: 01 set. 2003.

JENSEN, J.P.; JEPPESEN, E.; LRIK, K.; KRISTENSEN, P. Impact of nutrients and physical factors on the shift from Cyanobacterial to Chlorophyte dominance in shallow danish lakes. **Can. J. Fish Aquat. Sci.** v.51 p.1692-1699. 1994

KOMARÉK, J. **A review of water-bloom forming *Microcystis* species, with regard to populations from japan algological studies.** 64:115-127. 1991.

_____. **Süsswasserflora von Mitteleuropa: Cyanoprokaryota - Chroococcales.** Jena: Gustav Fischer. v.19, n.1. 1999.

KOMARÉK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. **Modern approach to the classification system of cyanophyte, 2: Chroococcales.** Algological Studies, v. 43, p. 157-226. 1986.

_____. **Modern approach to the classification system of cyanophyte, 4: Nostocales.** Algological Studies, v. 56, p. 247-345. 1989.

_____. Cyanoprokaryota. I. Teil Chroococcales. In: Ettl, H.; Gärtner, G.; Heynig, H.; Mollenhauer, D. (eds). **Süsswasserflora von Mitteleuropa.** Jena: G. Fischer. 1998.

LEE, R.E. **Phicology.** 3 ed. Cambridge University Press. 1999.

LOYOLA, R.G.N.; POZZOBON, M.G.G.; TONIOLLO, V.. **Curso de limnologia básica.** Apostila não publicada. 1996.

MADIGAN, M. T., MARTINKO, J. M., PARKER, J. B. **Biología de los microorganismos.** España: Prentice Hall, 8 ed. 1999.

MARGALEF, R.. **Ecología.** Barcelona: Omega. 1978.

MEDEIROS, M.L.M.B. de; XAVIER, C.F.; BRUNKOW, R.F.; DOMÍNGUEZ, L.L.; WOSIACK, A.C.; ANDRADE, E.F.de. Avaliação da flutuação da concentração da biomassa fitoplanctônica no Reservatório do Irai, através da clorofila *a*. In: Seminário interdisciplinar de pesquisa em eutrofização de águas de abastecimento público., 4, 2003, Curitiba. **Anais do IV seminário interdisciplinar de pesquisa em eutrofização de águas de abastecimento público.** Curitiba:UFPR. p. 40-42. 2003

MERCANTE, C.T.J & TUCCI-MOURA, A. Comparação entre os índices de Carlson e de Carlson modificado aplicados a dois ambientes aquáticos subtropicais, São Paulo, SP. **Acta Limnologica Brasiliensia**.v.11(1) p. 1-14.1999.

MITROVIC, S.M.; OLIVER, R.L.; REES, C.; BOWLING, L.C.; BUCKNEY, R.T. Critical flow velocities for the growth and dominance of *Anabaena circinalis* in some turbid freshwater rivers. **Freshwater biology**. v. 48 p. 164-174.2003.

MUR, L.R. & SCHEREURS, H. Light as a selective factor in the distribution of phytoplankton species. **Water science technology**. v.32. p. 25-34. 1995.

NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; MARICATTO, F. E.; Spacial and temporal heterogeneity in the Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil. **Lakes & reservoir: research and management**. v. 4 p.107-120. 1999.

NUSCH, E.A. Comparison of different methods for chlorophyll and pheopigment determination. **Arch. hydrobiol. Beih. Erg. Limnol.**, 14:14-36. 1980.

OMS. **Guias para ambientes seguros en aguas recreativas: aguas costeras y aguas dulce**. Versión preliminar para consulta. 1998.

PAYNE, A.I.. **The ecology of tropical lakes and rivers**. New York: John Wiley & Sons. 1986.

PILOTTO, L.S.; DOUGLAS, R.M.; BURCH, M.D.; CAMERON, S.; BEERS, M.; ROUCH, G.R.; ROBINSON, P.; KIRK, M.; COWIE, C.T.; HARDIMAN, S.; MOORE, C.; ATTWELL, R.G. Health effects of exposure to cyanobacteria (blue-green algae) due to recreational waterrelated activities. Austrália, N. Zealand. **Journal public health**, 21 p. 562-566. 1997.

RAMÍREZ, J.J.. **Variações espacial e nictimeral da estrutura da comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais em quatro dias de amostragem de diferentes épocas do ano no Lago das Garças, São Paulo**. São Paulo-SP, 1996. 300 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Botânica) – Instituto de Biociências da Universidade Paulista.

_____. **Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios**. Medellín: Universidad de Antioquia. 2000.

REYNOLDS, C.S.. **The ecology of freshwater phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press. 1984.

ROUND, F.E. The taxonomy of the Chlorophyta II. **British Phycological Journal**. 6 (2) p.235-264, 1971.

RIZVI, S.J.H.; RIZVI,V. **Allelopathy: basic and applied aspects**. London: Chapman & Hall. 1992

SAWYER, C.N. & McCARTY, P.L.M. **Chemistry for environmental engineering**. NeyYork: McGrw-Hill Book Company. 3° ed.. 1978.

SIMONSEN, R. **The diaton system: ideas on phylogeny**. Bacillaria 2 p. 9-71. 1979.

STEVENSON, R.J.; BOTHWELL, M.L. & LOWE, R.L..**Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. San Diego:Academic. p. 183-226.

SZAWKA, C. **Estrutura e dinâmica espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica do reservatório da usina hidrelétrica de Salto Caxias**. Curitiba. 2001. 185 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

TOLEDO, Jr. A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ,S.J.; AGUDO, E.G.; Aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização de lagos e reservatórios tropicais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária., 12,1983, Camburiú (SC). **Anais do congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental..** Camburiú: UFSC. p.1-34. 1983.

TURNER P.C.; GAMMIE A.J.; HOLLINRAKE K.; CODD G.A.; Pneumonia associated with cyanobacteria. **British medical journal**, 300. p.1440-1441. 1990.

UTERMÖHL, H. **Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton - Methodik**. - Mitt. Int. Ver. Limnol. 9. p.1-38.1958.

VITOLA, C.R.R; YUNES, J.S.; FARIA, S.M.S. de; MARQUES, G. de S; PERIN,C.E. Estudo da migração vertical diária das cianobactérias na represa do Irai e a avaliação das cianotoxinas. In: Seminário interdisciplinar de pesquisa em eutrofização de águas de abastecimento público., 4, 2003, Curitiba. **Anais do IV seminário interdisciplinar de pesquisa em eutrofização de águas de abastecimento público**. Curitiba:UFPR. p. 43-46. 2003

WALSBY, A.E. Mechanisms of buyoancy regulation by planktonic cyanobacteria with gas vesicles. In: FAY, P.; VAN BAALEN, C. (ed). **The Cyanobacteria**. Elsier, Amsterdam. p.377-414. 1987.

WERNER,V. R. **Cyanophyceae/Cyanobacteria no sistema de lagoas e lagunas da planície costeira do estado do Rio Grande do Sul, Brasil**. Rio Claro-SP, 2002. 363 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Biologia Vegetal) – Instituto de Biociências da Universidade Paulista, “campus” Rio Claro, São Paulo.

WETZEL, R.G.. **Limnología**. Barcelona: Omega S.A.. 1981.

_____. **Limnología**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1993.

WHITTON, B.A. & POTTS, M. **The ecology of cyanobacteria: Their diversity in time and space**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.2000.

YUNES, J. S. **Abastecimento e toxicidade de florações de cianobactéria: homem: vítima ou culpado?**. Apostila do curso de capacitação. IPEN/CNEN-SP; SABESP; USP.2001.

_____. **Florações de algas (cianobactérias) nocivas: homem vítima ou culpado?** Disponível em <<http://www.cianobacterias.furg.br>> acesso em 28 mar. 2003.

YUNES, J. S.; SALOMÓN, P. S.; MATTHIENSEN, A.; BEATTIE, K. A.; RAGGETT, S. L. e COSS, G.A. Toxic blooms of cyanobacteria in the Patos Lagoon estuary, southern Brazil. **Journal of aquatic ecosystem health**, 5. p.223-229. 1996.

ZEHNDER-ALVES, L. **Fitoplâncton do reservatório Piraquara I, Piraquara, Paraná: Fatores reguladores das dinâmicas temporal e vertical**. Curitiba, 2003. 70 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

7 APÊNDICE



FIGURA 02 e 03 - VISTA GERAL DA PRAIA DE ENTRE RIOS DO OESTE

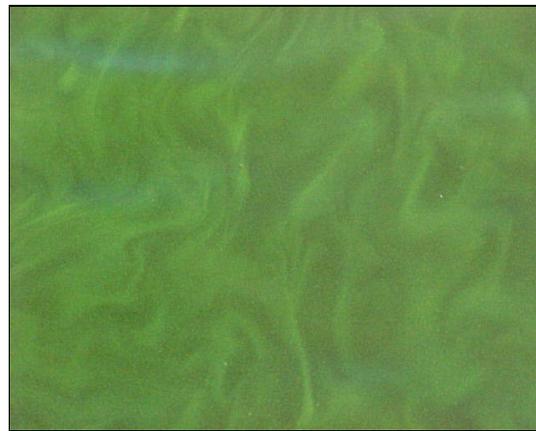


FIGURA 04 e 05 - FLORAÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS NA PRAIA DE ENTRE RIOS DO OESTE EM AGOSTO/03



FIGURA 06 - ASPECTO DE AMOSTRA CONCENTRADA CONTENDO CIANOBACTÉRIAS



FIGURA 07 - TÉCNICOS FAZENDO MEDIÇÃO EM CAMPO

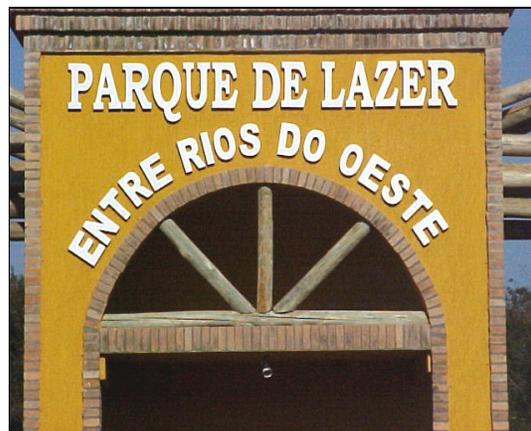


FIGURA 08 e 09 – PORTAL DE ENTRADA DA PRAIA ARTIFICIAL DE ENTRE RIOS DO OESTE

7.1 PRANCHAS

PRANCHA I

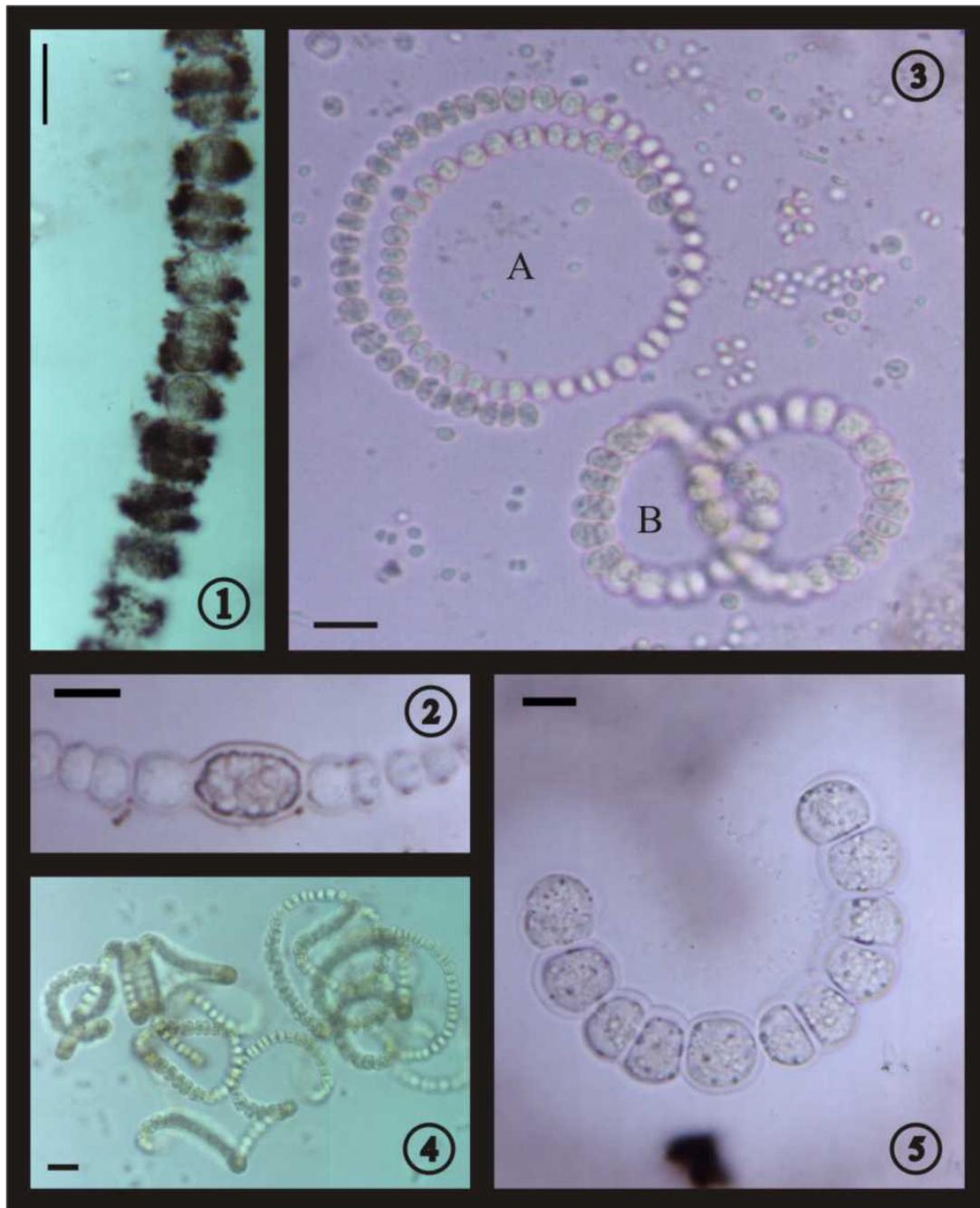


Fig 1-2 *Anabaena viguieri*. Fig. 1 - Detalhe da célula de *A. viguieri*. As manchas negras são nanquim utilizado para visualização de bainha em cianobactérias. Fig. 2 Detalhe de acineto de *A. viguieri*.; **Fig. 3** (A) *Anabaena circinalis* (B) *A. spiroides*.; **Fig. 4** Variação morfológica de *A. spiroides*; **Fig. 5** Detalhe de células e bainha mucilaginosa de *Anabaena crassa*. (Escala=10um)

PRANCHA II

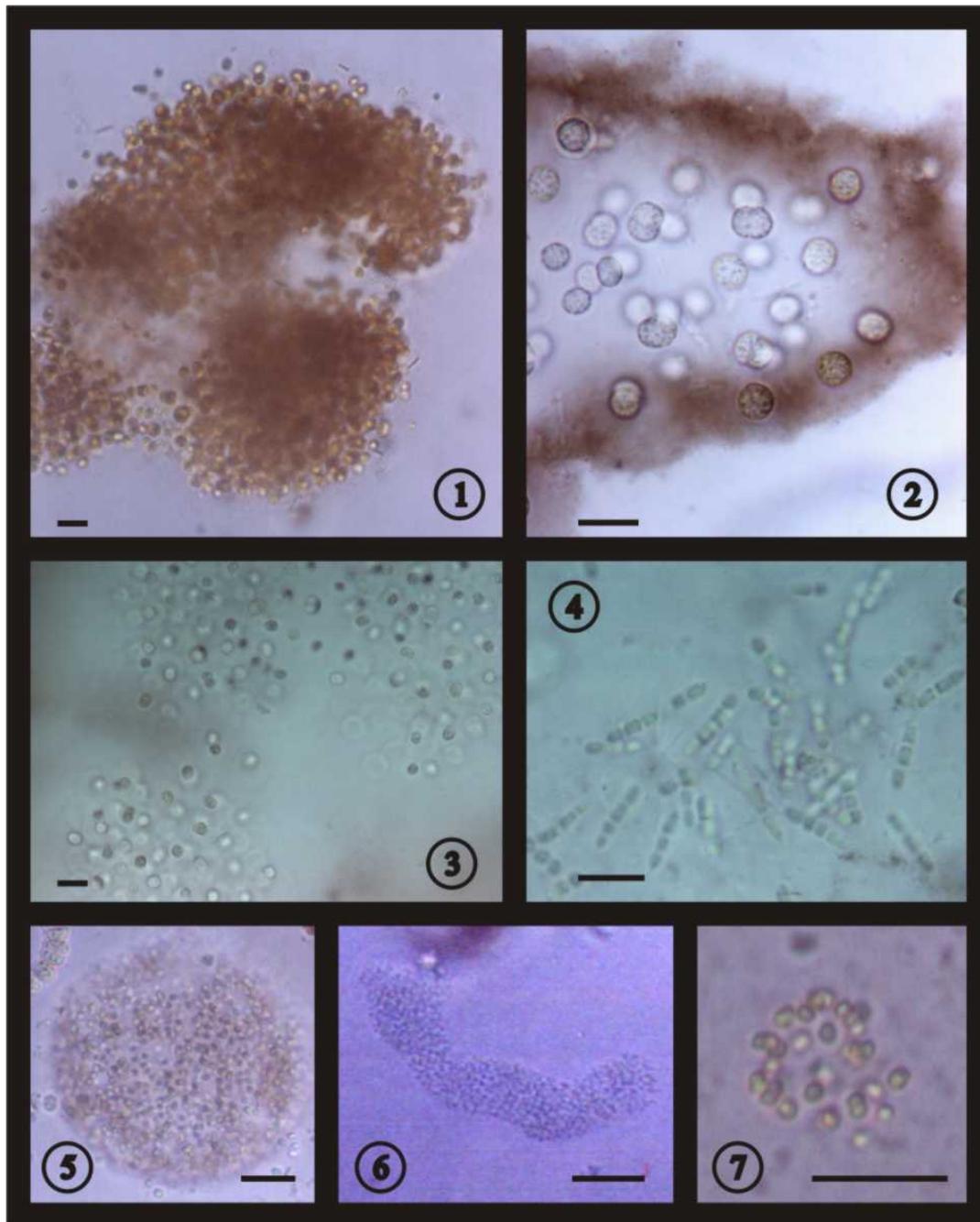


Fig 1 e 3 Colônia de *Microcystis aeruginosa*. Fig. 1 - Aspecto geral da colônia de *M. aeruginosa*. Fig.3 - Variação morfológica de *M. aeruginosa*; **Fig. 2** Detalhe de células e bainha mucilaginosa de *M. aeruginosa*; **Fig. 4** Agrupamento de *Pseudanabaena mucicola*; **Fig. 5** Colônia de *Coelosphaerium evidenter-marginatum*; **Fig. 6** Colônia de *Aphanocapsa holsatica*; **Fig. 7** Detalhe de células e colônia de *Aphanocapsa delicatissima*. (Escala=10um)

7.2 FICHAS DE CAMPO

FICHA DE CAMPO PARA MONITORAMENTO DE RESERVATÓRIOS – 01

LOCAL: BRAÇO SÃO FCO VERDADEIRO

ESTAÇÃO: E8

MUNICÍPIO: ENTRE RIOS

DATA: 07/08/02

CAMPANHA: 08/02

EQUIPE: Leuni, Nelson, Rubens, Elécio.

CONDIÇÃO DO TEMPO (ULTIMAS 48 HORAS): COM SOL NUBLADO COM VENTO CHUVOSO**COLORAÇÃO DA ÁGUA:** ESVERDEADA VERDE-AMARELADA PARDACENTA MARROM AVERMELHADA CINZA**TURVAÇÃO DA ÁGUA:** TRANSPARENTE POUCO TURVA MEDIANAMENTE TURVA TURVA**TRANSPARÊNCIA:** 1,50 (disco de Secchi em metros).**TEMPERATURA DO AR:** 20,0 (°C).**PROFUNDIDADES AMOSTRADAS:** 00; 05; 10 e 15 metros**ESTRATIFICAÇÃO:**

Profundidade (m)	O.D. (O ₂ mg.l ⁻¹)	SAT. (%)	TEMP. (°C)	COND. (µS.cm ⁻¹)	pH (unidades)	HORÁRIO
00	9,9	111	20,4	51	8,1	9:40
01	9,9	111	20,1			
02	9,2	101	19,7			
03	8,9	98	19,5			
04	8,8	96	19,3			
05	8,6	93	18,8	51	7,7	9:35
06	8,6	92	18,5			
07	8,6	92	18,3			
08	8,6	92	18,2			
09	8,5	90	18,2			
10	8,3	90	18,0	48	7,6	9:30
11	8,3	89	17,9			
12	8,2	88	17,8			
13	8,2	87	17,8			
14	7,9	84	17,6			
15	7,9	84	17,5	45	7,2	9:20

FICHA DE CAMPO PARA MONITORAMENTO DE RESERVATÓRIOS – 02

LOCAL: BRAÇO SÃO FCO VERDADEIRO

ESTAÇÃO: E8

MUNICÍPIO: ENTRE RIOS

DATA:20/11/02

CAMPANHA: 11/02

EQUIPE: Renato / Maia / Ademar

CONDIÇÃO DO TEMPO (ULTIMAS 48 HORAS):

 COM SOL NUBLADO COM VENTO CHUVOSO

COLORAÇÃO DA ÁGUA:

 ESVERDEADA VERDE-AMARELADA PARDACENTA MARROM AVERMELHADA CINZA

TURVAÇÃO DA ÁGUA:

 TRANSPARENTE POUCO TURVA MEDIANAMENTE TURVA TURVA – biogênica

TRANSPARÊNCIA: 0,50 (disco de Secchi em metros).

TEMPERATURA DO AR: (°C).

PROFUNDIDADES AMOSTRADAS: 00; 08 e 15 metros

ESTRATIFICAÇÃO:

Profundidade (m)	O.D. (O ₂ mg.l ⁻¹)	SAT. (%)	TEMP. (°C)	COND. (µS.cm ⁻¹)	pH (unidades)	HORÁRIO
00	9,0	115	26,7	60	8,7	10:00
01	8,8	112	26,5			
02	8,7	111	26,5			
03	8,1	102	26,3			
04	7,2	90	25,5			
05	6,6	81	24,8			
06	6,1	75	24,4			
07	6,1	75	24,3			
08	6,2	75	24,2	58	7,2	9:30
09	5,5	66	23,6			
10	5,5	66	23,4			
11	5,6	67	23,3			
12	5,4	64	22,8			
13	5,3	63	22,5			
14	5,5	65	22,5			
15	5,5	65	22,4	63	6,9	9:15

FICHA DE CAMPO PARA MONITORAMENTO DE RESERVATÓRIOS – 03

LOCAL: BRAÇO SÃO FCO VERDADEIRO

ESTAÇÃO: E8

MUNICÍPIO: ENTRE RIOS

DATA:19/02/03

CAMPANHA: 02/03

EQUIPE: Leuni, Nelson, Rubens e Elexio

CONDIÇÃO DO TEMPO (ULTIMAS 48 HORAS):

 COM SOL NUBLADO COM VENTO CHUVOSO

COLORAÇÃO DA ÁGUA:

 ESVERDEADA VERDE-AMARELADA PARDACENTA MARROM AVERMELHADA CINZA

TURVAÇÃO DA ÁGUA:

 TRANSPARENTE POUCO TURVA MEDIANAMENTE TURVA TURVA

TRANSPARÊNCIA: 0,70 (disco de Secchi em metros).

TEMPERATURA DO AR: 27,0 (°C).

PROFUNDIDADES AMOSTRADAS: 00; 03; 09 e 15 metros

ESTRATIFICAÇÃO:

Profundidade (m)	O.D. (O ₂ mg.l ⁻¹)	SAT. (%)	TEMP. (°C)	COND. (µS.cm ⁻¹)	pH (unidades)	HORÁRIO
00	8,4	111	29,4	49	7,5	10:00
01	8,1	110	29,2			
02	8,1	110	29,2			
03	8,1	110	29,1	50	7,3	9:30
04	6,7	88	28,6			
05	5,6	72	27,5			
06	5,6	72	26,7			
07	5,0	62	26,0			
08	4,9	61	25,6			
09	4,8	58	25,2	58	6,5	9:15
10	4,7	58	24,8			
11	4,7	58	24,7			
12	5,0	61	24,5			
13	5,0	60	24,5			
14	5,0	60	24,4			
15	5,0	60	24,3	58	6,3	9:00

FICHA DE CAMPO PARA MONITORAMENTO DE RESERVATÓRIOS – 04

LOCAL: BRAÇO SÃO FCO VERDADEIRO

ESTAÇÃO: E8

MUNICÍPIO: ENTRE RIOS

DATA: 07/05/03

CAMPANHA: 05/03

EQUIPE: Renato, Maia, Ademar e João de Lima

CONDIÇÃO DO TEMPO (ULTIMAS 48 HORAS):

 COM SOL NUBLADO COM VENTO CHUVOSO

COLORAÇÃO DA ÁGUA:

 ESVERDEADA VERDE-AMARELADA PARDACENTA MARROM AVERMELHADA CINZA

TURVAÇÃO DA ÁGUA:

 TRANSPARENTE POUCO TURVA MEDIANAMENTE TURVA TURVA

TRANSPARÊNCIA: 1,30 (disco de Secchi em metros).

TEMPERATURA DO AR: 17,0 (°C).

PROFUNDIDADES AMOSTRADAS: 00; 03; 09 e 15 metros

ESTRATIFICAÇÃO:

Profundidade (m)	O.D. (O ₂ mg.l ⁻¹)	SAT. (%)	TEMP. (°C)	COND. (µS.cm ⁻¹)	pH (unidades)	HORÁRIO
00	7,4	86	23,0	51	6,8	10:30
01	7,1	84	23,1			
02	7,1	84	23,2			
03	7,1	83	23,3	50	6,7	10:15
04	6,9	81	23,3			
05	6,9	81	23,3			
06	6,9	81	23,3			
07	6,9	81	23,3			
08	6,8	80	23,3			
09	6,9	81	23,3	50	6,7	10:00
10	6,9	81	23,2			
11	6,7	79	23,1			
12	6,2	73	22,8			
13	6,0	70	22,4			
14	6,0	70	21,9			
15	6,2	71	21,5	45	6,6	9:45

7.3 TERMO DE DISPONIBILIZAÇÃO DOS DADOS