

VANESSA COQUEMALA

**VARIAÇÃO ANUAL DO FITOPLÂNCTON
NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA, PARANÁ**

**Dissertação aprovada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre em Botânica, Pós-
Graduação em Botânica, Setor de Ciências
Biológicas, Universidade Federal do Paraná.**

Orientador Prof. Dr. Luciano Felício Fernandes

CURITIBA

2005

VANESSA COQUEMALA

VARIAÇÃO ANUAL DO FITOPLÂNCTON
NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA, PARANÁ

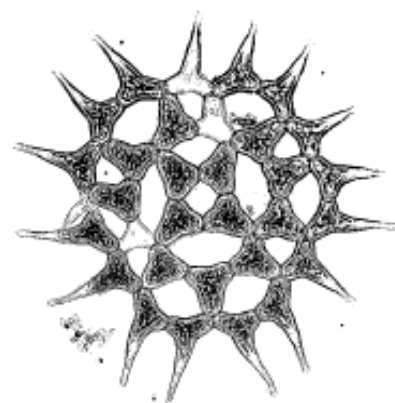
Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Botânica da Universidade Federal do Paraná. Comissão avaliadora formada por:

Prof. Dr. Luciano Felício Fernandes (Orientador)
Departamento de Botânica – UFPR

Profa. Dra. Célia Leite Sant’Anna (Titular)
Instituto de Botânica de São Paulo

Prof. Dr. Frederico Pereira Brandini (Titular)
Centro de Estudos do Mar – UFPR

Curitiba, 28 de fevereiro de 2005.



I was just guessing at numbers and figures
Pulling the puzzles apart
Questions of science, science and progress
Do not speak as loud as my heart...
Nobody said it was easy

The scientist – Coldplay (Grammy 2003)

Dedico aos meus pais

Maria A. S. Coquemala e Walton Coquemala

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Luciano Felício Fernandes, pelos 5 anos de orientação, paciência, confiança e amizade. Pelas infinitas discussões sobre metodologia e critérios de abundância. Pelo ânimo para corrigir este trabalho por horas e horas.
- À Profa. Dra. Thelma Ludwig, pelas dicas e correções dos relatórios. Por me iniciar na pesquisa das diatomáceas. E, acima de tudo, pela amizade e adoção.
- À Profa. Dra. Célia Leite Sant'Anna, por aceitar corrigir e contribuir com esta dissertação. Pelo auxílio durante a semana de curso de SP, inclusive com caronas e compras de mercado.
- Ao Prof. Dr. Frederico Pereira Brandini, pela correção desta dissertação.
- À Profa. Dra. Andréa Tucci, pela estatística não-paramétrica e discussão científica sobre metodologia e ecologia do fitoplâncton.
- À Msc. Nilva Brandini, minha colega de coletas, pela análise dos nutrientes, esclarecimentos técnicos e contribuições diversas.
- À Msc. Leticia Zehnder-Alves, pela planilha de diversidade, referências, dicas e disponibilidade em ajudar.
- Ao Prof. Dr. Hermes Moreira Filho, fã das diatomáceas e do Ford Ka, pelo incentivo.
- Ao Prof. Dr. Paulo Labiak, por me auxiliar na prática de docência.
- À Profa. Dra. Rosana Rocha, pela carta de recomendação.
- Aos estudantes do laboratório de Ficologia da UFPR de 2003 a 2005: Leticia Procopiak, Ana Carolina Wosiak, Deisiane DeToni, Fernanda Ferrari, Patrícia Lagos, Gilson Maruno, Christiano Ventura e Patrícia Nass. Em especial, ao phycopovo Priscila Tremarin Bigunas e Cristiane Piccinini, pelo excelente convívio, troca de idéias, filas de RU e publicação Boitânico.
- À amiga Tatiana Neiva, companheira de mestrado para todas as horas. Boas lembranças do Congresso de Ficologia de Salvador... Vou sentir saudades dos nossos coffee-breaks.
- A todos que contribuíram e apoiaram a minha carreira política na UFPR: alunos, colegas de curso, secretário José Carlos, membros do Colegiado e do Departamento de Botânica, conselheiros da 2ª. Câmara do CEPE, secretário Dionei, membros do CEPE e do COUN. Em especial, ao Daniel Gaiotto (representação discente na Botânica) e à Cristiana Magni (CEPE).
- À CAPES, pelos 2 anos de bolsa de estudos.
- Ao SIMEPAR, pela cessão dos dados climatológicos.
- À SANEPAR, pela autorização para adentrar e coletar no Passaúna.
- À Prefeitura Municipal de Araucária e à SEMMA, pelo auxílio nas coletas.
- Ao Peter Wagner, Thomas Nelson e Maurice Willians Jinks, pela correção do abstract.
- Às amigas e aos amigos que acompanharam esta etapa da minha vida: Anousca Evelin do Carmo, André Salamandra, Rodrigo Schuh, Carla Ceriani, Sabrina Michels e Paula Gambetta.
- À Juliany de Bitencourt, amiga dentro e fora da UFPR, com quem dividi todas as emoções e traumas do Mestrado.
- À Leticia Piaskowski e à Samara Albuquerque Barreto, amigas de longa data que me deram tanta atenção e carinho, mesmo nos meus dias mais tensos.
- Ao Lucas Eduardo Santos, que me socorreu no auge de uma crise de labirintite.
- À minha família Alves, de Curitiba, que me forneceu apoio religioso e tantas demonstrações de afeto. Agradeço especialmente à Rita, Stacy e Wellington.
- À minha família Coquemala, de Itararé-SP, especialmente à Maria Aparecida, Walton, Waldir, Paula e Walton Filho, por tudo.

- Cida e Nego, expresso aqui todo o meu amor e gratidão. Agradeço o irrestrito apoio emocional e financeiro. Especialmente à minha mãe, pelas correções deste trabalho, troca de idéias científicas e dedicatória do livro Círculo Vicioso.

- Enfim, a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desta dissertação e do meu Mestrado: muito obrigada.

Vanessa Coquemala

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE GRÁFICOS	vi
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	6
3 MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	7
3.2 PLANO AMOSTRAL.....	9
3.3 DADOS METEOROLÓGICOS.....	10
3.4 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS.....	10
3.5 ANÁLISE QUALITATIVA DO FITOPLÂNCTON.....	11
3.6 DENSIDADE E BIOVOLUME DO FITOPLÂNCTON.....	12
3.7 CLOROFILA-A.....	13
3.8 DIVERSIDADE, RIQUEZA, ASSOCIAÇÕES E ESPÉCIES DESCRITORAS.....	13
3.9 TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	14
4 RESULTADOS	15
4.1 DADOS METEOROLÓGICOS.....	15
4.2 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS.....	17
4.3 ANÁLISE QUALITATIVA DO FITOPLÂNCTON.....	31
4.4 DENSIDADE E BIOVOLUME DO FITOPLÂNCTON.....	32
4.5 CLOROFILA-A.....	49
4.6 DIVERSIDADE, RIQUEZA, ASSOCIAÇÕES E ESPÉCIES DESCRITORAS.....	49
4.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	50
5 DISCUSSÃO	56
5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS.....	56
5.2 FITOPLÂNCTON.....	62
5.2.1 Cyanophyta.....	63
5.2.2 Chlorophyta.....	66
5.2.3 Bacillariophyceae.....	68
5.2.4 Grupos funcionais.....	70
5.3 ESTADO TRÓFICO E QUALIDADE DA ÁGUA.....	71
6 CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS	74

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MAPA DO RESERVATÓRIO PASSAÚNA.....	9
FIGURA 2 - GRÁFICOS DE TEMPERATURA, OXIGÊNIO, GÁS CARBÔNICO, pH, ALCALINIDADE, CONDUTIVIDADE, SESTON E SILICATO NA E1.....	23
FIGURA 3 - GRÁFICOS DE FOSFATO, FOSFATO TOTAL, NITRITO, NITRATO, AMÔNIO, NID, NITROGÊNIO TOTAL E RELAÇÃO N:P NA E1.....	24
FIGURA 4 - GRÁFICOS DE TEMPERATURA, OXIGÊNIO, GÁS CARBÔNICO, pH, ALCALINIDADE, CONDUTIVIDADE, SESTON E SILICATO NA E2.....	25
FIGURA 5 - GRÁFICOS DE FOSFATO, FOSFATO TOTAL, NITRITO, NITRATO, AMÔNIO, NID, NITROGÊNIO TOTAL E RELAÇÃO N:P NA E2.....	26
FIGURA 6 - GRÁFICOS DE TEMPERATURA, OXIGÊNIO, GÁS CARBÔNICO, pH, ALCALINIDADE, CONDUTIVIDADE, SESTON E SILICATO NA E3.....	27
FIGURA 7 - GRÁFICOS DE FOSFATO, FOSFATO TOTAL, NITRITO, NITRATO, AMÔNIO, NID, NITROGÊNIO TOTAL E RELAÇÃO N:P NA E3.....	28
FIGURA 8 - GRÁFICOS DE TEMPERATURA, OXIGÊNIO, GÁS CARBÔNICO, pH, ALCALINIDADE, CONDUTIVIDADE, SESTON E SILICATO NA E4.....	29
FIGURA 9 - GRÁFICOS DE FOSFATO, FOSFATO TOTAL, NITRITO, NITRATO, AMÔNIO, NID, NITROGÊNIO TOTAL E RELAÇÃO N:P NA E4.....	30
FIGURA 10 - DENSIDADE DO FITOPLÂNCTON NA ESTAÇÃO E1.....	38
FIGURA 11 - BIOVOLUME DO FITOPLÂNCTON NA ESTAÇÃO E1.....	39
FIGURA 12 - DENSIDADE DO FITOPLÂNCTON NA ESTAÇÃO E2.....	40
FIGURA 13 - BIOVOLUME DO FITOPLÂNCTON NA ESTAÇÃO E2.....	41
FIGURA 14 - DENSIDADE DO FITOPLÂNCTON NA ESTAÇÃO E3.....	42
FIGURA 15 - BIOVOLUME DO FITOPLÂNCTON NA ESTAÇÃO E3.....	43
FIGURA 16 - DENSIDADE DO FITOPLÂNCTON NA ESTAÇÃO E4.....	44
FIGURA 17 - BIOVOLUME DO FITOPLÂNCTON NA ESTAÇÃO E4.....	45
FIGURA 18 - DENSIDADE E BIOVOLUME DE <i>Pediastrum simplex</i> NA E1, E2, E3 E E4.....	46
FIGURA 19 - DENSIDADE E BIOVOLUME DE <i>Asterionella formosa</i> NA E1, E2, E3 E E4.....	47
FIGURA 20 - GRÁFICOS DE CLOROFILA-A NA E1, E2, E3 E E4.....	49

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - DADOS METEOROLÓGICOS NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA.....	16
GRÁFICO 2 - PCA DA ZONAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA.....	52
GRÁFICO 3 - PCA DA ZONAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA.....	53
GRÁFICO 4 - PCA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NA E1.....	54
GRÁFICO 5 - CCA DA VARIAÇÃO ANUAL DAS ESPÉCIES DESCRITORAS E PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NA E1.....	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DADOS MORFOMÉTRICOS DO RESERVATÓRIO PASSAÚNA.....	8
TABELA 2 - MÉDIAS ANUAIS (MÍNIMOS - MÁXIMOS) E PERÍODOS DEFINIDOS PELOS DADOS METEOROLÓGICOS NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA.....	16
TABELA 3 - MÉDIAS ANUAIS, MÍNIMOS E MÁXIMOS DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA NA E1, E2, E3 E E4.....	22
TABELA 4 - COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DO RESERVATÓRIO PASSAÚNA.....	35
TABELA 5 - MÍNIMOS E MÁXIMOS DO FITOPLÂNCTON (DENSIDADE EM céls/ml e BIOVOLUME EM mm ³ /l), CLOROFILA-A, DIVERSIDADE E RIQUEZA NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA E NAS ESTAÇÕES E1, E2, E3 E E4.....	37
TABELA 6 - TÁXONS DESCRITORES, GRUPOS FUNCIONAIS E REPRESENTATIVIDADE (%) NA DENSIDADE E BIOVOLUME NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA.....	48
TABELA 7 - QUADRO DE ABREVIATURAS ADOTADAS PARA PCA E CCA.....	51
TABELA 8 - RESULTADOS DA PCA PARA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA.....	51

RESUMO

O reservatório Passaúna localiza-se no município de Araucária, Paraná, no sul do Brasil, uma região de clima subtropical. Trata-se de um reservatório com profundidade máxima de 20 metros, monomítico quente, eutrófico, afetado por impacto antrópico. Juntamente com os reservatórios Piraquara e Iraí, fornece água potável para a Região Metropolitana de Curitiba. O objetivo do trabalho foi desenvolver um estudo anual do fitoplâncton determinando as suas oscilações em relação aos parâmetros físicos e químicos. Entre outubro de 2001 e setembro de 2002 foram realizadas coletas mensais em quatro estações, em diferentes profundidades situadas nas zonas lótica (E4), lêntica (E1 e E2) e de transição (E3). As estações E1 e E2 foram afetadas pelos eventos de estratificação na primavera-verão e circulação no outono-inverno. O epilímnion caracterizou-se pelas altas temperaturas e transparência da água, elevadas concentrações de oxigênio, pH alcalino, redução progressiva na concentração dos nutrientes associada ao consumo pelo fitoplâncton e limitação por fósforo. Foi possível detectar acúmulos de biomassa na base da zona eufótica, coincidentes com as oscilações de clorofila-a, e maiores densidades algais nos primeiros metros de coluna de água. O hipolímnion apresentou anoxia ou hipoxia, concentrações máximas de amônio, pH ácido, elevadas saturações de gás carbônico e altos valores de alcalinidade. No inverno, a circulação atingiu as maiores profundidades do reservatório, tornando a coluna de água homogênea e favorecendo o crescimento de diatomáceas. As estações E3 e E4 apresentaram coluna de água homogênea ao longo de todo o ano e maior disponibilidade de fósforo. Na estação E4, as elevadas concentrações de nutrientes foram associadas ao aporte constante de nutrientes pelas águas do rio Passaúna, acarretando nos elevados valores de seston, transparência reduzida e maior participação de espécies flageladas e diatomáceas. A análise qualitativa resultou em 181 táxons infragenéricos, sendo Chlorophyta a divisão com maior riqueza. As clorófitas dominaram o fitoplâncton, representadas principalmente por *Pediastrum simplex*, espécie com contribuição majoritária para a densidade e biomassa ao longo do ano em todo o reservatório. O predomínio de *P. simplex* foi favorecido pelas suas estratégias adaptativas, que lhe conferiram vantagem inclusive quando o ambiente esteve limitado por fósforo. As diatomáceas, organismos adaptados à turbulência, aumentaram sua participação na densidade e biomassa do fitoplâncton durante o inverno. *Asterionella formosa* se beneficiou da turbulência, baixas temperaturas e reduzida intensidade solar porque consegue saturar a fotossíntese sob baixa intensidade luminosa, além de absorver rapidamente os nutrientes disponibilizados na zona eufótica. Na estação E4 houve crescimento intensivo de *A. formosa*, com máximo de $1,4 \times 10^4$ céls/ml, implicando no pico de 40 µg/l de clorofila-a. As cianófitas, grupo de maior interesse sanitário, tiveram contribuição discreta ao longo do ano. As espécies potencialmente nocivas *Microcystis aeruginosa* e *Anabaena solitaria* foram detectadas em baixas densidades. Os demais grupos, como dinoflagelados, criptófitas e euglenófitas, tiveram pequena contribuição na densidade e biovolume, mesmo na estação E4, onde ocorreram com maiores participações.

Palavras-chave: fitoplâncton, reservatório Passaúna, Paraná, sul do Brasil.

ABSTRACT

The Passaúna reservoir is located in the city of Araucária, Paraná, southern Brazil, a subtropical climatic region. It is a reservoir with a maximum depth of 20 meters, warm monomictic, eutrophic, and affected by human impact. Along with the Piraquara and Iraí reservoirs, it supplies drinking water to the Curitiba Metropolitan Region. Our aim is to investigate the annual cycle of phytoplankton in relation to physical and chemical parameters. Water samples were collected monthly from October 2001 to September 2002 in four stations, at different depths, situated in the riverine zone (E4), lacustrine zone (E1 and E2) and transitional zone (E3). Stations E1 and E2 were affected by the thermal stratification in the warmest months of the year (October to March) and homogeneity in the whole water column in the coldest months (April to September). The epilimnion was characterized by high water temperatures and transparency, higher oxygenation, alkaline pH, and low nutrients levels, along with phosphorus limitation and a progressive reduction in nutrients consumed by phytoplankton. It was possible to detect algal biomass in the metalimnion coincident with the oscillations of chlorophyll-a, and greater phytoplankton densities in the first few meters of water column. The hipolimnion presented anoxia or hypoxia, high ammonia levels, acid pH, high CO₂ and alkalinity values. In the winter, circulation reached the greatest depths of the reservoir, resulting in a homogeneous water column and favoring diatom growth. Stations E3 and E4 displayed a homogeneous water column throughout the year and greater phosphorus availability. In the E4, high nutrients levels were associated with the constant inflow of Passaúna's river waters, causing raised values of seston, reduced transparency and greater participation of flagellate species and diatoms. The qualitative analysis resulted in 181 infrageneric taxa, of which Chlorophyta showed the greatest variety. Green algae predominated among the phytoplankton, represented mainly by *Pediastrum simplex*, the species with the greatest year-round density and biomass in the reservoir. *P. simplex*'s dominance was favoured by its adaptive strategies, which conferred upon it an advantage when the environment was phosphorus-limited. Diatoms, adapted to turbulence, increased their participation in the algal density and biomass during the winter. *Asterionella formosa* also benefited from winter's turbulence, decreased temperatures and reduced solar intensity, because it can reach greater photosynthesis saturation under low light intensity, quickly absorbing the available nutrients in the euphotic zone. In the E4, *A. formosa* had grown intensively, with a maximum of $1,4 \times 10^4$ céls/ml, resulting in chlorophyll-a peak of 40 µg/l. The blue-green algae, a group of greater sanitary interest, made a discrete contribution all year long. The potentially harmful species *Microcystis aeruginosa* and *Anabaena solitaria* were detected at low densities. The other groups, such as dinoflagellates, Cryptophyta and Euglenophyta, made minor contributions to the algal density and biovolume, even in the E4, where they occurred in greatest numbers.

Key words: phytoplankton, Passaúna reservoir, Paraná State, southern Brazil.

1 INTRODUÇÃO

As algas formam um grupo não natural de organismos fotoautotróficos altamente diversificado. As algas são talófitos fotossintetizantes que apresentam clorofila-a e cujos órgãos de reprodução são destituídos de envoltório de células estéreis (LEE, 1989; HOEK, MANN e JAHNS, 1995; STEVENSON, 1996; GRAHAM e WILCOX, 2000). Esta caracterização não inclui algumas algas incolores. As algas constituem uma das comunidades biológicas mais diversas, composta por centenas de gêneros e milhares de espécies. Os critérios atuais utilizados para a classificação filológica foram elaborados com base na teoria da endossimbiose de Margulis e a partir de estudos de ultra-estrutura de flagelo e fuso mitótico. O sistema proposto por HOEK, MANN e JAHNS (1995) considera 11 divisões: Chlorarachniophyta; Chlorophyta; Cryptophyta; Cyanophyta; Dinophyta; Euglenophyta; Glaucophyta; Haptophyta; Heterokontophyta; Prochlorophyta e Rhodophyta.

O fitoplâncton de água doce compreende diversas microalgas unicelulares, isoladas ou organizadas em colônias filamentosas, com representantes da maioria dos filos de algas, exceto feófitas e rodófitas (MARGALEF, 1983; REYNOLDS, 1984; SANDGREN, 1988; ESTEVES, 1998). A comunidade se caracteriza pelo tamanho reduzido, tempo de geração curto e elevada abundância (ROTHHAUPT, 2000). A comunidade apresenta distribuição espacial em função da circulação do lago, intensidade dos ventos, crescimento intensivo, migração vertical e predação pelo zooplâncton. O fitoplâncton tende a ocorrer em maior abundância nas camadas superiores do reservatório, diminuindo o número de indivíduos conforme aumenta a profundidade (ESTEVES, 1998). Através da fotossíntese, contribuem com a produção primária de matéria orgânica para os outros níveis da teia trófica, mantendo o seu funcionamento (MORRIS, 1980; ROUND, 1981; REYNOLDS, 1984 e 1999; WETZEL, 1993; ROTHHAUPT, 2000).

O fitoplâncton pode ser estudado sob o ponto de vista qualitativo, no qual são abordados aspectos taxonômicos, e quantitativo para definir, nas diversas escalas de espaço e tempo, padrões de distribuição espacial e temporal em relação aos parâmetros abióticos, tais como temperatura, transparência, nutrientes e condições climatológicas. As microalgas podem ser agrupadas de acordo com suas afinidades ecológicas nos denominados grupos funcionais. As diferentes espécies de uma

mesma associação apresentam semelhanças morfológicas, fisiológicas e ecológicas. O mais recente esquema para enquadrar os grupos funcionais do fitoplâncton foi desenvolvido e publicado por REYNOLDS et al. (2002). Os grupos foram nomeados por um código alfa-numérico com 31 categorias, de acordo com sua composição taxonômica e morfologia, e estado de trofia do ecossistema (REYNOLDS et al., 2002). As associações ajudam a caracterizar e entender aspectos ecológicos do ambiente.

Os reservatórios são corpos semifechados de água considerados ecossistemas com características de rios e lagos, de grande importância econômica e social (TUNDISI, 1981 e 1993). Os reservatórios brasileiros foram construídos com diferentes propósitos: armazenamento de água, produção de energia elétrica, navegação, recreação, irrigação e para controlar o curso e a vazão do rio (TUNDISI, 1984; BARBOSA, BICUDO e HUSZAR, 1995; ESTEVES, 1998). O represamento de um rio produz modificações nas condições básicas e na dinâmica de sua água. O transporte de sedimentos, nutrientes e a aeração do rio se alteram quando o seu curso é interrompido por uma barragem. Criado a partir de recursos preexistentes, um reservatório também não se assemelha a um lago natural. Os lagos, em geral, são antigos, complexos e estáveis. Os reservatórios apresentam oscilações mais bruscas no nível hídrico e perdas constantes de biomassa e nutrientes pelo vertedouro (TUNDISI, 1985, 1990 e 1993; THORNTON, KIMMEL e PAYNE, 1990; KENNEDY, 1999; STRASKRABA e TUNDISI, 1999; TUNDISI, MATSUMURA-TUNDISI e ROCHA, 1999).

Os reservatórios apresentam eventos específicos de circulação horizontal e vertical produzidos pela operação do sistema, além de estarem sujeitos à ação de forças climatológicas. As correntes de advecção produzidas por fluxos de diferentes alturas, o tempo de residência e a vazão da água produzem mecanismos adicionais que interferem na distribuição espacial, na seqüência temporal e no ciclo sazonal do fitoplâncton (THORNTON, KIMMEL e PAYNE, 1990; TUNDISI, 1990).

Os reservatórios tendem a reter as substâncias carregadas pelas chuvas, entre estas, os nutrientes essenciais ao crescimento do fitoplâncton. O aporte deste material pode interferir nas características físicas (transparência, material em suspensão) e químicas (íons, substâncias orgânicas e inorgânicas) das águas do reservatório, influenciando ainda a produção de matéria orgânica pela comunidade fitoplanctônica. Os efluentes industriais, agrícolas e domésticos não tratados são as

principais fontes de enriquecimento artificial em ambientes aquáticos. Este enriquecimento, somado ao aporte natural de nutrientes, acelera o processo de eutrofização. Quando há eutrofização, o estado de trofia do ambiente se altera e alguns processos biológicos podem ser desencadeados, inclusive florações (TUNDISI, BICUDO e MATSUMURA-TUNDISI, 1995; STRASKRABA e TUNDISI, 1999; TUNDISI, MATSUMURA-TUNDISI e ROCHA, 1999).

Fatores como carga de nutrientes, temperatura, tempo de retenção e estratificação física vertical influenciam a formação e intensidade de florações. O crescimento excessivo do fitoplâncton pode gerar florações nocivas ou tóxicas, com sérias conseqüências para a qualidade da água, alterando suas características químicas e o restante do ecossistema (PAERL, 1988; SANDGREN, 1988). Elevadas concentrações destes organismos em reservatórios dificultam o tratamento sanitário para abastecimento urbano, causando corrosão e entupimento de equipamentos e tubulações hidráulicas (BRANCO, 1978 e 1984; REBOUÇAS, BRAGA e TUNDISI, 1999).

Outro fator que afeta a comunidade fitoplanctônica é a morfologia do reservatório, que pode apresentar regiões lótica, de transição e lântica, que se distinguem basicamente quanto à penetração de luz, disponibilidade de nutrientes, quantidade de sólidos em suspensão, fluxo e tempo de residência da água (KIMMEL e GROEGER, 1984). A zona lótica apresenta forte fluxo, curto tempo de residência, altas concentrações de nutrientes e de sólidos em suspensão e pouca penetração de luz. Na zona lântica, o fluxo é menos acentuado, o tempo de residência da água é maior e as concentrações de nutrientes são mais baixas do que nas demais regiões (KIMMEL, LIND e PAULSON, 1990).

No Brasil, as primeiras pesquisas limnológicas datam da década de 1930 e tinham forte caráter taxonômico (SBL, 2003). Os primeiros estudos sobre a ecologia do fitoplâncton foram iniciados na década de 50. A produção científica aumentou gradativamente e, ao final da década de 90, estavam disponíveis mais de 150 trabalhos sobre a ecologia do fitoplâncton, metade destes em reservatórios. Hoje, dentre todos os ambientes limnológicos, os reservatórios das regiões sul e sudeste são os mais estudados (ARCIFA et al., 1981; HUSZAR, SILVA e ESTEVES, 1990; BARBOSA, BICUDO E HUSZAR, 1995; CALIJURI e SANTOS, 1996; HENRY, 1999). Os dados gerados para estes ambientes tem mostrado que a comunidade fitoplanctônica é controlada basicamente pela sazonalidade, períodos de chuva e

seca, quantidade de nutrientes na água, estratificação e circulação (dependente da profundidade) e conseqüente camada de mistura. A velocidade e a duração dos ventos determinam alterações na estrutura da comunidade algal. Efeitos do tempo de retenção nos reservatórios influenciam os parâmetros físicos e químicos da água e, em conseqüência, a variabilidade do fitoplâncton (STRASKRABA, 1999). Com maior estratificação da coluna de água, tendem a dominar clorófitas, crisófitas e cianobactérias. As clorófitas aparecem ao longo do ano e, no geral, representam o grupo de maior riqueza. As diatomáceas são abundantes nos períodos de maior turbulência da coluna de água, quando ocorre circulação decorrente de ventos ou da desestratificação de densidade causada por chuvas. As cianobactérias são abundantes ou dominantes em lagos eutrofizados.

No Paraná, os reservatórios foram construídos principalmente para abastecimento urbano e geração de energia hidrelétrica. Os estudos sobre a ecologia do fitoplâncton em reservatórios paranaenses foram iniciados em Itaipu e Segredo (AGOSTINHO e GOMES, 1997). O Laboratório de Ficologia da Universidade Federal do Paraná vem desenvolvendo projetos de ecologia desde 2000. Os estudos foram iniciados com os reservatórios Salto Caxias (SZAWKA, 2001), Piraquara (COQUEMALA, 2003; ZENHDER-ALVES, 2003) e Iraí (FERNANDES e LAGOS, 2003; FERNANDES, LAGOS e VENTURA, 2003). O Laboratório NUPELIA, da Universidade Estadual de Maringá, também desenvolve pesquisas na área de limnologia e ecologia do fitoplâncton (NUPELIA, 2004). O Instituto Ambiental do Paraná realiza monitoramento do Piraquara, Iraí e Passaúna, na Região Metropolitana de Curitiba, e de outros reservatórios do Estado (IAP, 1999). Recentemente, o Instituto desenvolveu diretrizes para elaboração de planos de uso e ocupação das águas e entorno de reservatórios, com o objetivo de subsidiar as ações de licenciamento e controle ambiental a serem implementadas nessas áreas (IAP, 2003).

O reservatório Passaúna é importante no abastecimento de água potável para a região metropolitana de Curitiba. Desde o final da década de 1970 tem sido observado elevado crescimento populacional em Curitiba (COMEC et al., 1995; COMEC e SEPLA, 1997; ANDREOLI et al., 2003; IBGE, 2004a), cuja conseqüência foi a excessiva demanda de água. Até esta data, o único reservatório para abastecimento de água era o Piraquara. Por isso, para satisfazer a demanda industrial e doméstica

de água, foram construídos dois novos reservatórios, Passaúna e Iraí. O reservatório Passaúna, com vazão de 2000 l/s, fornece aproximadamente 30% da água disponível (ANDREOLI, 2003; ROSA-FILHO, LISBOA e SCHOENAU, 2004).

Poucos estudos foram desenvolvidos no reservatório Passaúna. A maioria dos trabalhos consiste em relatórios técnicos não publicados feitos por Órgãos Ambientais e Companhias de Saneamento Estaduais (SUREHMA, 1991 e 1992; COMEC et al., 1995; COMEC e SEPLA, 1997; SUDERHSA, 1997; IAP, 1999 e 2003). Estes estudos mostraram os resultados da avaliação e acompanhamento da qualidade da água, da comunidade biológica e de características físico-químicas. DIAS (1997) realizou trabalhos sobre aspectos limnológicos do reservatório e sobre a relação entre ocupação dos solos e qualidade das águas. Até o momento, três estudos qualitativos sobre microalgas do Passaúna foram publicados. LOZOVEI e SHIRATA (1990) realizaram o levantamento das diatomáceas perifíticas e planctônicas em um segmento do manancial. Gêneros como *Aulacoseira*, *Cyclotella* e *Melosira* foram registrados. O levantamento das algas fitoplanctônicas do reservatório foi desenvolvido por PICELLI-VICENTIM, TREUERSCH e DOMINGUES (2001) e registrou 72 táxons (exceto diatomáceas), com 36 gêneros. As classes mais representativas foram Chlorophyceae (*Coelastrum*, *Monoraphidium* e *Oöcystis*), Zygnemaphyceae (*Cosmarium* e *Staurastrum*) e Cyanophyceae (*Anabaena* e *Microcystis*). Um estudo das desmídias do reservatório foi realizado por CECY, SILVA e BOCCON (1997), que registraram 40 espécies. Os gêneros *Cosmarium*, *Staurastrum*, *Stauroidesmus* e *Closterium* foram importantes. CECY (1990 e 1991) encontrou 159 espécies de microalgas do reservatório. Nenhum estudo quantitativo desenvolvido no reservatório foi publicado até o momento.

O crescimento demográfico e o conseqüente avanço da malha urbana estão entre os principais problemas que afetam a conservação do Passaúna (COMEC e SEPLA, 1997; ANDREOLI, 2003). O reservatório vem sofrendo constante impacto antrópico, que acaba por afetar a qualidade de suas águas (SUREHMA, 1991 e 1992; IAP, 1999). O aporte de efluentes domésticos e industriais, esgotos não tratados, lixiviação dos nutrientes de solos degradados, fertilizantes agrícolas e adubos de origem animal agravam o quadro. A capacidade de depuração do manancial é boa, porém, nas épocas de seca, a poluição atinge valores que comprometem a qualidade da água (PMC, SMS e DAS, 1996; IAP, 1999 e 2001; SANEPAR, 2000 e

relatórios não publicados). Atividades antrópicas proibidas em zonas de manancial são praticadas ao longo do rio que forma o reservatório (ANDREOLI et al., 2003). Há ocupação humana e industrial em áreas que deveriam estar preservadas. A falta de tratamento dos resíduos lançados pelas indústrias e loteamentos acaba por contribuir com alta carga poluidora (COMEC et al., 1995; SANEPAR, 1992a, 1992b e 2000). Frequentemente, o solo das margens da represa é utilizado para lavoura. Quando chove, os resíduos agrícolas acabam sendo carregados para o manancial. A descontinuidade física e os altos declives tornam o local suscetível à erosão. O desmatamento acaba favorecendo deslizamentos (SANEPAR, 2000 e relatórios não publicados; observações pessoais). Até o ano de 1996 havia garimpo de ouro a montante do reservatório (PMC, SMS e DAS, 1996). O aterro sanitário de Lamenha Pequena funcionava na área do manancial até o final da década de 80 (BAGATIN, 1988). A decomposição da matéria orgânica ali depositada gerou um líquido conhecido por chorume. Apesar de estar desativado, o chorume do aterro ainda hoje contamina as águas da bacia (PMC, SMS e DAS, 1996). Não há um programa de educação ambiental (MPPR, 1999; ANDREOLI et al., 2003). A consequência mais visível é a eutrofização do reservatório e sua manifestação na forma de florações. A composição florística do Passaúna apresenta interesse sanitário devido à ocorrência de espécies nocivas de cianobactérias (PICELLI-VICENTIM, TREUERSCH e DOMINGUES, 2001). O crescimento intensivo de *Microcystis aeruginosa*, uma espécie potencialmente tóxica, vem ocorrendo regularmente (SANEPAR, relatórios não publicados; SUREHMA, 1991 e 1992), pois esta alga apresenta estratégias adaptativas (SANDGREN, 1988) que lhe conferem vantagem em um ambiente como o Passaúna.

Portanto, estudos ecológicos sobre o fitoplâncton do reservatório Passaúna podem contribuir para o conhecimento de sua dinâmica, gerando subsídios para a gestão ambiental e outros aspectos sanitários das águas do reservatório.

2 OBJETIVOS

Investigar o ciclo anual do fitoplâncton do reservatório Passaúna em relação aos parâmetros abióticos. Delimitar os grupos e espécies dominantes do fitoplâncton e discutir os fatores que favoreceram o desenvolvimento dessas algas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do rio Passaúna está situada nas coordenadas 49°16'15"W e 25°25'50"S (FIGURA 1), na região sudeste do Paraná, Brasil, no 1° Planalto paranaense, com altitude média de 900 metros em relação ao nível do mar. O Passaúna é um dos rios que compõem a rede hidrográfica regional da Bacia do Iguaçu, maior complexo hídrico do Paraná (PMC, SMS e DAS, 1996; SUDERHSA, 1997). A Bacia do Passaúna está inserida numa área de clima subtropical *Cfb*, conforme Köppen. O tipo *Cfb* é caracterizado como um clima úmido, sem estação de seca definida, cujo mês mais quente tende a apresentar temperaturas médias inferiores a 22°C, sujeito a precipitações regulares e a geadas severas (COMEC et al., 1995; COMEC e SEPLA, 1997). A área de drenagem da bacia do Passaúna abrange 179,7 km² e seus principais afluentes são os rios Cachoeirinha, Cachoeira, Ferraria e Jaguaruva (PMC, SMS e DAS, 1996). O reservatório Passaúna está localizado na margem direita da Bacia do Alto Iguaçu, na região oeste de Curitiba. A área da Bacia é transposta pela BR 277, o que determina riscos de acidentes e pressão de ocupação urbana dos municípios de Curitiba e Campo Largo (ANDREOLI, 2003).

Em 1991, a Área de Proteção Ambiental (APA) da bacia do rio Passaúna foi instituída visando a preservar principalmente a água para fins de abastecimento público pelo decreto estadual número 458, de 05 de junho de 1991, segundo resolução do Conama 10/88. A APA Estadual do Passaúna foi a primeira zona de proteção ambiental instituída sobre um manancial de abastecimento de água no Paraná, abrangendo área de aproximadamente 16 mil hectares, entre os municípios de Almirante Tamandaré, Araucária, Campo Largo e Curitiba. Ainda no ano de 1991, a Prefeitura de Curitiba definiu a criação do Parque Municipal do Passaúna pelo Decreto Municipal de Curitiba número 80, de 06 de março de 1991 (COMEC e SEPLA, 1997). Atualmente, o rio Passaúna se enquadra na categoria de manancial em operação, de acordo com o Plano Diretor de Águas da Região Metropolitana de Curitiba.

As obras da captação foram implantadas pelo Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), enquanto que as da estação de tratamento foram

executadas pela SANEPAR (ANDREOLI, 2003). A barragem do Passaúna foi projetada pela Engenharia Sondotécnica para o DNOS na década de 1980. A fiscalização e o gerenciamento da obra ficaram a cargo da empresa Magna (CRUZ, 1996). A obra de construção da barragem e represa do rio Passaúna foi realizada em 1989 pela empreiteira C.R.Almeida. Trata-se de uma barragem com 1325 metros de extensão do tipo homogêneo em terra, com filtros de areia vertical e horizontal, possuindo um descarregador de fundo em concreto armado (C.R.ALMEIDA, 2003). A barragem homogênea é aquela cujo material componente apresenta características de vedação e resistência (CRUZ, 1996). Nesta obra foram realizados 2,8 milhões m³ de escavação em solo e foram utilizados 18233 m³ de concreto. Com uma vazão de 2000 l/s ou 7200 m³/h, o reservatório complementou a demanda hídrica da Grande Curitiba (C.R.ALMEIDA, 2003). A altura máxima da barragem é de 22 metros e sua área de drenagem é de 150 km² (PMC, SMS e DAS, 1996).

O volume de água do reservatório Passaúna é cerca de 48 milhões m³, área de 9 km², eixo longitudinal de aproximadamente 10 quilômetros, profundidade média de 7 metros e tempo de residência de 14 meses (TABELA 1). O Passaúna, classificado como eutrófico (SANEPAR, 2000), fornece água potável para mais de 20 bairros de Curitiba, além do município de Araucária (SUREHMA, 1991 e 1992; DIAS, 1997; IAP, 1999). A população estimada de Araucária é aproximadamente 100 mil habitantes (IBGE, 2004b) e a de Curitiba 1,7 milhão, sendo esta a sétima maior cidade brasileira (IBGE, 2004a). A SANEPAR, Companhia de Saneamento do Estado do Paraná, é a responsável pelo reservatório.

TABELA 1- DADOS MORFOMÉTRICOS DO RESERVATÓRIO PASSAÚNA.

PARÂMETROS	MORFOMÉTRICOS
Localização	49°16'15"W e 25°25'50"S
Altitude	900 m
Clima	<i>Cfb</i>
Ano de construção	1989
Extensão da barragem	1325 m
Altura máxima da barragem	22 m
Eixo principal	10 km
Área de drenagem	150 km ²
Área da APA do Passaúna	16020,04 ha
Área do reservatório	9 km ²
Vazão	7200 m ³ /h
Volume	48 milhões m ³
Tempo de residência	14 meses
Profundidade média	7 m
Profundidade máxima	20 m

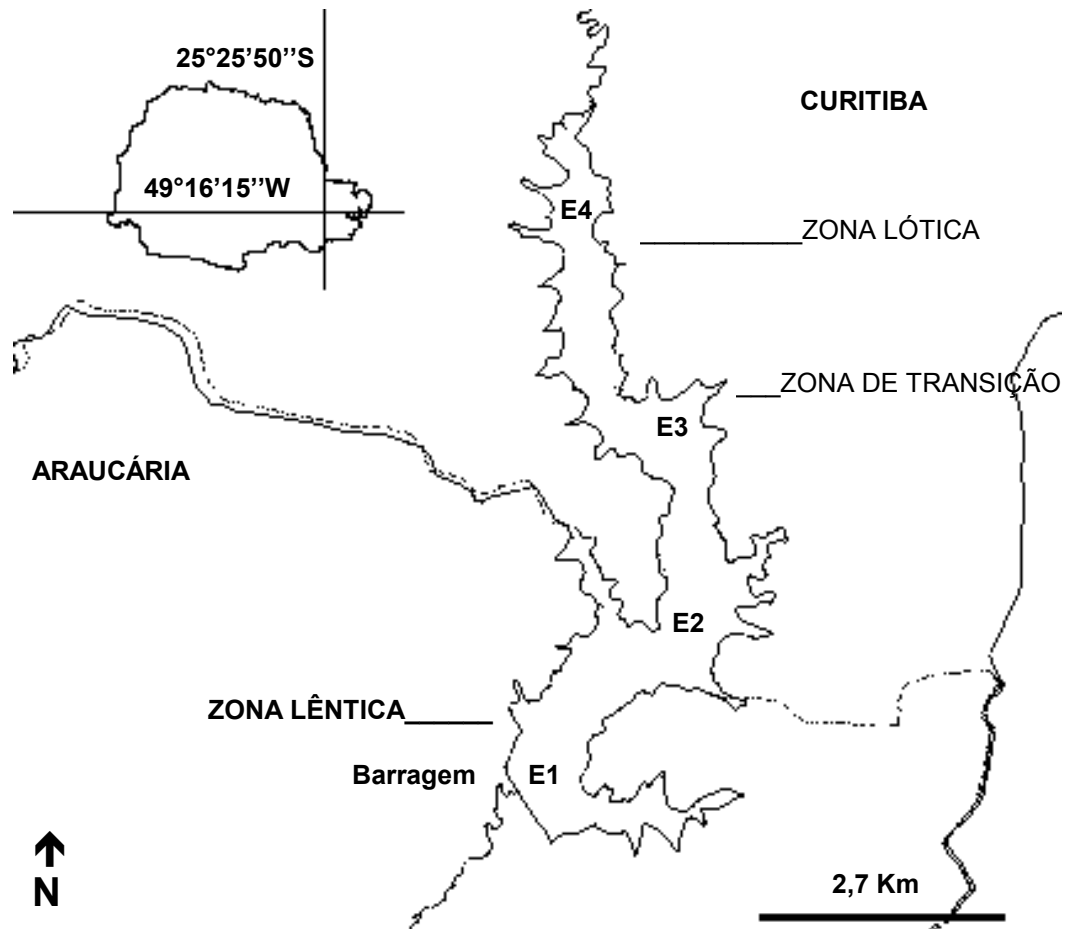


FIGURA 1 – MAPA DO RESERVATÓRIO PASSAÚNA NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. AS ESTAÇÕES DE COLETA CORRESPONDEM A E1, E2, E3 E E4.

3.2 PLANO AMOSTRAL

O plano amostral foi elaborado a partir de observações preliminares, pesquisas previamente desenvolvidas no Passaúna, avaliações de fotografias aéreas e com base em literatura especializada (KIMMEL e GROEGER, 1984; THORNTON, KIMMEL e PAYNE, 1990). Alguns trabalhos registraram estratificação nas áreas próximas à barragem e, simultaneamente, de homogeneidade na cabeceira (SUREHMA, 1991 e 1992). Desta forma, as estações de coleta foram estabelecidas de acordo com as diferentes zonas (lótica, de transição e lântica) propostas por KIMMEL e GROEGER (1984).

As coletas foram realizadas mensalmente durante um ano, entre outubro de 2001 e setembro de 2002, nas estações E1, E2, E3 e E4 (FIGURA 1). Para percorrer o reservatório, todas as coletas foram feitas com barco a motor. Nas estações E1 e

E2 foram tomadas alíquotas em quatro profundidades: superfície; sub-superfície; base da zona fótica e fundo. Na primavera-verão foi coletada uma amostra adicional, devido ao deslocamento do metalímnion para profundidades menores de 6 metros. A estação E1 localizou-se próxima da barragem, porção lântica do lago. A estação E2 situou-se próxima às torres de alta tensão e o ponto de captação de água. As estações E1 e E2 localizavam-se nos locais mais profundos do reservatório. Nas estações E3 e E4 as amostragens ocorreram na superfície e no fundo, considerando que estas estações estavam localizadas em áreas rasas, com profundidade máxima de 6 metros, sujeitas à circulação e conseqüente homogeneização da água ao longo de todo o ano (IAP, 1999). A estação E3 localizava-se num braço em área de remanso na margem esquerda do reservatório, próximo ao Parque do Passaúna e ao morro do Juramento, ocupado por loteamentos e com aporte de efluentes domésticos. A estação E4 situava-se próxima à cabeceira do reservatório, com forte influência do rio Passaúna e teve como referência às chaminés das antigas olarias e a ponte situada na estrada PR 476.

3.3 DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados de precipitação, temperatura do ar, intensidade de ventos e radiação solar foram cedidos pelo SIMEPAR, a partir da estação meteorológica Pinhais. As temperaturas mínima e máxima foram obtidas a partir de dados diários e representam o extremo de variação do mês. Os valores diários de temperatura foram transformados em médias mensais, resultando a temperatura média. A radiação solar correspondeu à média da intensidade solar nas 24 horas do dia. A precipitação correspondeu ao acúmulo mensal. A velocidade dos ventos foi calculada a partir de médias mensais.

3.4 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

A temperatura da água foi medida em campo, com termômetro de mercúrio. A transparência da água foi obtida com disco de Secchi (diâmetro 22 cm). A profundidade da zona fótica foi calculada multiplicando-se a transparência por 2,8 (HOLMES, 1970). O valor obtido foi admitido como correspondendo a 1% da radiação da superfície (ESTEVES, 1998). Os seguintes parâmetros foram monitorados e analisados no Laboratório de Química Marinha do Centro de Estudo do Mar (CEM

UFPR): nitrito, nitrato, NID (nitrogênio inorgânico dissolvido), amônio, fosfato e silicato; nitrogênio total e fosfato total; relação N:P, oxigênio dissolvido, saturação do oxigênio, seston, condutividade, pH, alcalinidade e saturação do CO₂. As amostras para determinação de nitrito (N-NO₂), nitrato (N-NO₃), NID (N-NID), amônio (N-NH₄), fosfato (P-PO₄) e silicato [Si-Si(OH)₄] foram filtradas em filtros Whatmann GF/C (diâmetro 4,7 cm), acondicionadas em frascos de polietileno e congeladas até o momento das análises. As análises de nitrogênio total (N-Nto) e fosfato total (P-Pto) foram realizadas através de oxidação por persulfato de potássio simultânea em autoclave a 121°C e 1 ATM por 45 minutos. Para a obtenção do nitrogênio e fosfato total, as formas inorgânicas, orgânicas e particuladas presentes na água foram oxidadas para a forma inorgânica total. A relação N:P foi obtida com os valores de N-NID e P-PO₄. Para o oxigênio dissolvido (OD) e sua saturação, alíquotas foram fixadas durante a coleta e conservadas em local escuro sem variação de temperatura até a análise, de acordo com o método de Winkler (GRASSHOFF, EHRHARDT e KREMLING, 1983). O seston foi determinado pela técnica gravimétrica (STRICKLAND e PARSONS, 1972). Aproximadamente 400 ml de água foram filtrados em filtros Whatman GF/C, que posteriormente foram mantidos a 65°C por duas horas, resfriados por duas horas no dessecador e pesados em balança Mettler H5 1AR, com precisão de cinco casas decimais. A condutividade foi determinada com condutímetro pelo método eletrométrico. O pH foi medido utilizando um pH-metro INGOLD-206. Para a alcalinidade, 10 ml foram fixados em campo com 0,2 ml de HCl 0,01 M, e analisada por titrimetria, com ponto final obtido pelo método de Gran (CARMOUZE, 1994). A saturação do CO₂ foi calculada a partir dos dados de temperatura, pH e alcalinidade, segundo o modelo de interações iônicas descrito por CARMOUZE (1994).

3.5 ANÁLISE QUALITATIVA DO FITOPLÂNCTON

O fitoplâncton foi coletado na estação E1 com rede de plâncton (20 µm) através de arrastos horizontal e vertical pela superfície. As 11 amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno de 500 ml e preservadas com solução Transeau (6 partes de água, 3 de álcool etílico 95% e 1 de formalina), adicionando-se igual volume de fixador ao volume da amostra. Em laboratório, os organismos foram identificados com auxílio do microscópio invertido Olympus IX70 e do

microscópio binocular Olympus CBB, ambos equipados com oculares micrometras. O levantamento considerou amostras coletadas com rede de plâncton (E1) e garrafa de Van Dorn (E1, E2, E3 e E4).

As principais obras utilizadas foram: HUBER-PESTALOZZI (1941, 1950 e 1955); SAMPAIO (1963); BICUDO e BICUDO (1970); BICUDO (1972); BOURRELLY (1972, 1981 e 1985); HINO e TUNDISI (1977); PARRA et al. (1982a; 1982b e 1982c); FRANCESCHINI (1983 e 1992); KOMÁREK e FOTT (1983); PICELLI-VICENTIM (1984); DE LAMONICA-FREIRE (1985); XAVIER (1985); CAMPOS (1986); TELL e CONFORTI (1986); LOZOVEI e SHIRATA (1990); ROUND, CRAWFORD e MANN (1990); BICUDO e CASTRO (1994); MENEZES (1994); GONZÁLES (1996); CECY, SILVA e BOCCON (1997); BRASSAC (1999); SILVA (2000); PICELLI-VICENTIM, TREUERSCH e DOMINGUES (2001).

O sistema de classificação utilizado foi o proposto por HOEK, MANN e JAHNS (1995). As espécies foram nomeadas conforme recomenda o Código Internacional de Nomenclatura Botânica de Saint Louis (2003). Adotou-se colocar o nome do autor do gênero nos táxons identificados em nível genérico. Após o estudo qualitativo, as 11 amostras foram depositadas no Herbário da Universidade Federal do Paraná sob os números UPCB 48582 a UPCB 48592.

3.6 DENSIDADE E BIOVOLUME DO FITOPLÂNCTON

Densidade: As coletas foram feitas com garrafa de Van Dorn fixada a um cabo graduado, com auxílio de um guincho manual e prancha de madeira. Amostras de 100 ml foram acondicionadas em frascos âmbar e fixadas com lugol acético (WETZEL e LIKENS, 2000). Esta solução conserva algas com parede celular delicada (LUND, KILPLING e LE CREN, 1958) e espécies flageladas (TAYLOR, 1978; THRONSEN, 1978), além de favorecer a sedimentação, tornando as células mais densas (GOLDMAN e HORNE, 1983). Sub-amostras foram sedimentadas em câmaras de 10 ml, segundo a técnica de ÜTERMOHL (1958), e deixadas em repouso por 24 horas (WETZEL e LIKENS, 1996). A determinação de abundância, em céls/ml (células por mililitro), foi feita em microscópio invertido Olympus IX70 através de contagem em transectos, com aumentos de 300 e 600X para otimizar a contagem (LUND, KILPLING e LE CREN, 1958; LAWTON et al., 1999). Os organismos maiores foram estimados no aumento de 300X, enquanto as algas pequenas ou abundantes foram contadas no aumento de 600X (HASLE, 1978a e 1978b; SEMINA, 1978). A abundância

de *Pediastrum simplex* foi estimada com o aumento de 300X. A enumeração do fitoplâncton foi realizada através de transectos até atingir 300 células, excetuando-se *P. simplex*, cuja contagem na câmara foi considerada separadamente, reduzindo o erro do método para 10% (LUND, KILPLING e LE CREN, 1958; VENRICK, 1978; WETZEL e LIKENS, 1996). Geralmente, foram contados quatro transectos no aumento de 300X e três transectos em 600X. Para determinar o número de células por mililitro, seguiram-se as orientações de WETZEL e LIKENS (1996).

Biovolume: O cálculo foi baseado na densidade da espécie e no volume médio de trinta ou mais indivíduos (SMAYDA, 1978). Para o biovolume, o comprimento, a altura e a largura das algas foram medidas com régua micrométrica no aumento de 600X. As estimativas foram feitas através da utilização de formas geométricas que se assemelham com a célula, como esfera, cone e cilindro (EDLER, 1979; HILLEBRAND et al., 1999). As fórmulas das figuras geométricas utilizadas para a conversão do biovolume celular foram obtidas de HILLEBRAND et al. (1999), complementadas por EDLER (1979). Para as diatomáceas, descontou-se o volume celular do vacúolo, que corresponde a 35% nas espécies penadas e 61% nas cêntricas (ROUND, CRAWFORD e MANN, 1990). Os resultados em $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ foram divididos por 10^6 , transformando-os em mm^3/l . A contribuição final dos grupos foi expressa em mm^3/l .

3.7 CLOROFILA-A

Em campo, as amostras foram armazenadas em frascos de polietileno, mantidas no escuro e resfriadas em caixa de isopor. Alíquotas de 500-900 ml foram filtradas no laboratório (filtros Whatman GF/C diâmetro 4,7 cm) e mantidas no freezer a -20°C . A posterior maceração com acetona 90% permitiu a extração da clorofila-a para imediata leitura em espectrofotômetro Hitachi U-2001. A concentração da clorofila-a em $\mu\text{g}/\text{l}$ foi obtida aplicando-se a fórmula de WETZEL e LIKENS (APHA, 1995; WETZEL e LIKENS, 1996 e 2000).

3.8 DIVERSIDADE, RIQUEZA, ASSOCIAÇÕES E ESPÉCIES DESCRITORAS

As espécies descritoras foram definidas como aquelas que contribuíram com pelo menos 1% do total anual de densidade e biomassa. A diversidade específica (H') foi estimada a partir do biovolume pelo índice de SHANNON-WIENNER

(SHANNON e WIENNER, 1963) e expressa em bits/mm^3 utilizando-se \log^2 . Também foi calculada a riqueza específica, que corresponde ao número de táxons por amostra. As associações fitoplanctônicas foram definidas segundo REYNOLDS et al. (2002).

3.9 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

A interpretação dos resultados foi feita através das análises multivariadas PCA (Análise dos Componentes Principais) e CCA (Análise de Correspondência Canônica). Para obtenção das matrizes de covariância, os resultados físicos e químicos e de clorofila-a foram transformados pela amplitude de variação “ranging” $[(X-X_{\min})/(X_{\max}-X_{\min})]$. Os dados de biomassa foram transformados por “logaritmo natural + constante” $[\log (X+1)]$. O coeficiente de correlação adotado foi o de Pearson e Kendall (r), que resulta da relação entre os valores da ordenação, ou seja, posição das unidades na construção da ordenação. Para PCAs e CCAs, apenas as correlações com r maior que 0,5 em relação aos eixos 1 e 2 foram consideradas. A CCA foi utilizada para explicar as possíveis relações entre descritores biológicos e variáveis ambientais. Na Análise de Correspondência Canônica, os dados abióticos utilizados foram previamente selecionados a partir da Análise de Componentes Principais. Na CCA, a significância dos dois principais eixos canônicos foi avaliada utilizando o teste de Monte Carlo (99 permutações; p menor que 0,05), que determina a probabilidade dos autovalores terem distribuição ao acaso (BINI, 2004). Os programas de computador utilizados foram Microsoft-Excel, Fitopac-Winmat e PC-Ord 3.1. O programa Winmat faz parte do pacote Fitopac e é distribuído pela Universidade Estadual de Campinas. O PC-Ord é distribuído pela MjM Software (VALENTIN, 2000).

4 RESULTADOS

4.1 DADOS METEOROLÓGICOS

A temperatura do ar, a radiação solar e a precipitação caracterizaram os períodos primavera-verão e outono-inverno. A primavera-verão (out/01 a mar/02) foi marcada pelas temperaturas elevadas, maior radiação solar e precipitação abundante, contrastando com o outono-inverno (abr/02 a set/02), de baixas temperaturas, menor radiação solar e pouca precipitação. Não houve um padrão sazonal bem definido para ventos.

Temperatura do ar – mínima, média e máxima (TABELA 2, GRÁFICO 1): A média anual variou de 12,9 a 21,8°C. As temperaturas mais quentes foram registradas na primavera-verão. Entre out/01 e mar/02, a máxima foi de 30,2 a 32,7°C. A partir de abr/02, houve queda acentuada da temperatura, inclusive com geada em set/02, fenômeno freqüente em climas subtropicais. O período frio compreendeu os meses de abr/02 a set/02. Durante o outono-inverno, a mínima oscilou de zero a 13,1°C.

Radiação solar (TABELA 2, GRÁFICO 1): A radiação solar no verão foi duas vezes mais intensa que no inverno. Na primavera-verão, a intensidade foi de 181,3 a 222,0 W/m². Em abr/02, notou-se queda brusca da radiação. De maio/02 a jul/02, a intensidade solar se tornou mais fraca, com valores próximos a 120,0 W/m². A partir de ago/02, a radiação voltou a aumentar. Os valores registrados variaram de 112,9 W/m² em maio/02 a 222,0 W/m² em fev/02.

Precipitação (TABELA 2, GRÁFICO 1): As chuvas foram bem distribuídas durante o ano, sem períodos prolongados de estiagem. As mais intensas ocorreram no verão, entre dez/01 e fev/02, com máximo de 251,0 mm em jan/02. Choveu pouco no período outono-inverno entre abr/02 e jul/02 (4,5 a 51,4 mm). Entre out/01 e set/02, a precipitação total foi 1440,0 mm, com média anual 120,0 mm.

Ventos (TABELA 2, GRÁFICO 1): Os ventos foram fracos e variaram pouco, de 1,7 a 2,3 m/s. Não houve um padrão sazonal bem definido, apenas uma leve redução entre mar/02 e maio/02. A freqüência de calmaria foi baixa, denotando que a região apresentou mobilidade atmosférica constante. Os ventos vindos do norte, coincidentes com o eixo longitudinal do reservatório, não foram acentuados.

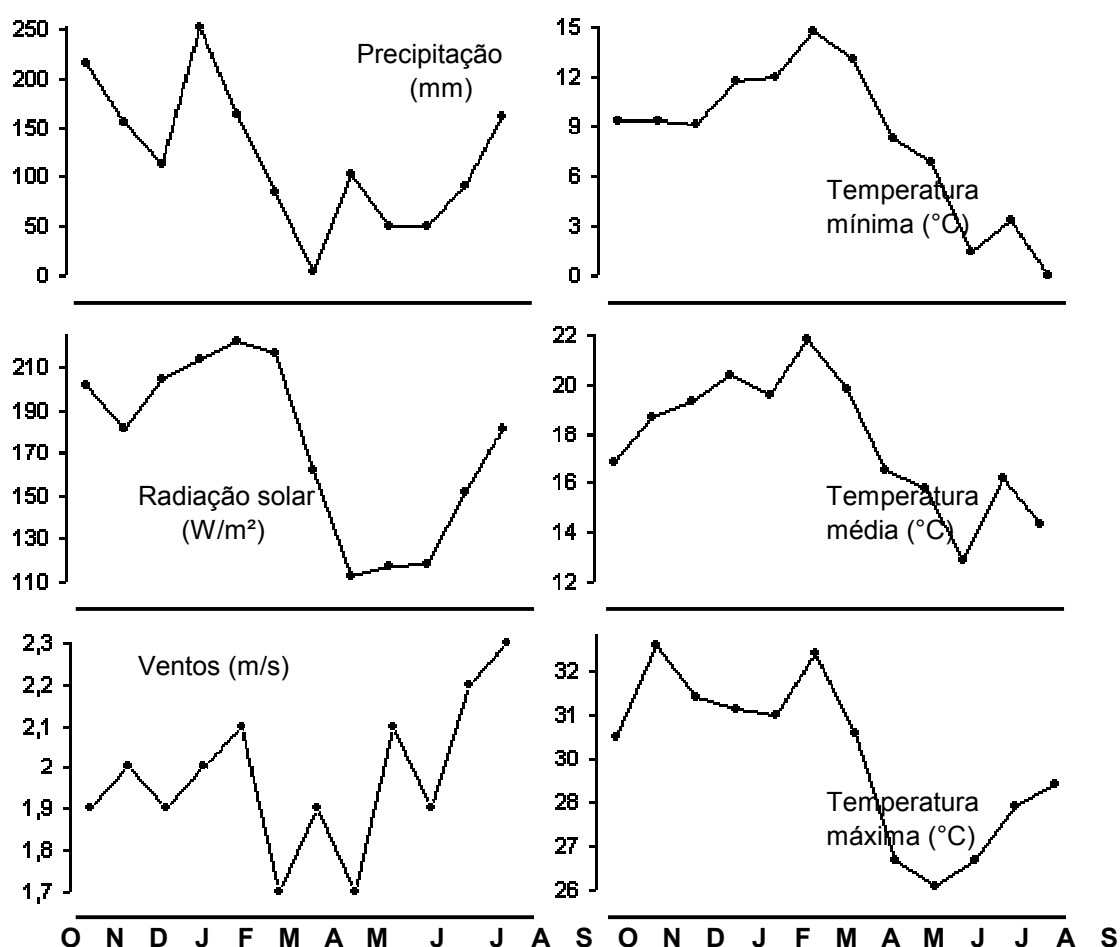


GRÁFICO 1 - DADOS METEOROLÓGICOS NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA - OUT/01 A SET/02.

TABELA 2 – MÉDIAS ANUAIS (MÍNIMOS - MÁXIMOS) E PERÍODOS DEFINIDOS PELOS DADOS METEOROLÓGICOS NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA – OUT/01 A SET/02.

PARÂMETRO	MÉDIA ANUAL (MÍNIMO - MÁXIMO)
Temperatura do ar (°C)	17,7 (0,0 - 32,7)
Temperatura mínima (°C)	8,3 (0,0 - 14,8)
Temperatura média (°C)	17,7 (12,9 - 21,8)
Temperatura máxima (°C)	29,6 (21,6 - 32,7)
Radiação solar média (W/m²)	173,6 (112,9 - 222,0)
Precipitação (mm)	120,0 (4,5 - 251,0)
Ventos (m/s)	2,0 (1,7 - 2,3)
PERÍODO	MESES
Primavera-verão	out/01 – mar/02
Outono-inverno	abr/02 – set/02
Meses mais quentes	out/01 – mar/02
Meses mais frios	abr/02 – jul/02
Radiação solar elevada	out/01 – mar/02
Radiação solar reduzida	abr/02 – jul/02
Precipitação elevada	dez/01 – fev/02
Precipitação reduzida	abr/02 – jul/02
Ventos mais intensos	jun/02 – set/02
Ventos mais fracos	fev/02 – maio/02

(Fonte: SIMEPAR)

4.2 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

Temperatura da água (TABELA 3, FIGURAS 2, 4, 6 e 8): A temperatura da água no reservatório variou de 13,5 a 27,3°C, com média de 19,9°C. As temperaturas mais elevadas ocorreram na primavera-verão e as mais frias no outono-inverno. De out/01 a mar/02 houve estratificação térmica nas estações E1 e E2. Em média, o epilímnion foi 7,2°C mais quente que o hipolímnion, com máximo de 9,8°C (mar/02). De abr/02 a set/02, a coluna de água apresentou-se homogênea, com gradiente vertical inferior a 3°C. Nas estações E3 e E4 a coluna de água apresentou-se homogênea ao longo do ano. A diferença térmica entre superfície e fundo foi mínima, de 2 a 3°C. Para definir o regime térmico do Passaúna foram consideradas as estações E1 e E2. A temperatura da água apresentou dois padrões distintos: o primeiro caracterizado por estratificação térmica nos meses mais quentes do ano, e o segundo, por homogeneidade nos meses mais frios. Portanto, o regime térmico do reservatório é característico do tipo monomítico quente, se apenas a zona lântica for tomada em consideração.

Transparência (TABELA 3): A transparência da água oscilou de 0,4 a 3,4 m, aumentando conforme a proximidade da barragem, pois os maiores valores ocorreram na estação E1 e os menores na estação E4. No geral, a transparência foi maior no verão, com redução no inverno e em set/02. A profundidade da zona eufótica variou de 1,1 a 9,5 m, e em média foi superior a 5,5 m.

Oxigênio Dissolvido e Saturação do Oxigênio (TABELA 3, FIGURAS 2, 4, 6 e 8): Variação de zero (0% de saturação) a 9,8 mg/l (104%). Nas estações E1 e E2 ocorreu estratificação na primavera-verão, com gradiente decrescente em direção ao fundo. No epilímnion as concentrações foram superiores a 7,0 mg/l (86,9%), chegando a 9,0 mg/l (100,6%). No entanto, registrou-se hipoxia e anoxia no hipolímnion. No outono-inverno, o oxigênio foi homogêneo, com média 6,4 mg/l (67,2%). Nas estações E3 e E4, as menores concentrações ocorreram durante o verão, no fundo. Não houve anoxia, apenas um evento isolado de hipoxia em dez/01 na E3 (1,3 mg/l). As estações E3 e E4 tiveram boas concentrações e saturações de oxigênio ao longo do ano, com médias 6,7 (68,9%) e 7,3 mg/l (75,8%).

Saturação do Gás Carbônico (TABELA 3, FIGURAS 2, 4, 6 e 8): A saturação do CO₂ oscilou de 13,1 a 7206,0%, com máximos nas estações E1 e E2. Nestas estações, houve forte estratificação na primavera-verão, com gradiente crescente

em direção ao fundo. Entre dez/01 e maio/02, escassos valores no epilímnion (32,2%) ocorreram simultaneamente aos picos no hipolímnion (7206,0%). A saturação no fundo foi até 223 vezes maior que na superfície. Entre jun/02 e jul/02, houve homogeneidade da coluna de água, com CO₂ oscilando entre 654% e 810%. A partir de ago/02, notou-se tendência de estratificação, porém com gradiente ainda pouco acentuado. Nas estações E3 e E4 as maiores saturações ocorreram no fundo, especialmente no verão, com picos em mar/02 (1267,0% na E3 e 1633,0% na E4).

pH (TABELA 3, FIGURAS 2, 4, 6 e 8): O pH variou de 6,6 a 9,2. O pH foi alcalino ou levemente básico na maior parte do ano. O pH foi mais elevado durante o verão. Águas levemente ácidas foram registradas apenas no hipolímnion das estações E1 e E2 durante a primavera-verão. Nas estações E1 e E2, notou-se gradientes de pH durante a primavera-verão. O pH foi maior no epilímnion, variando entre 8 a 9, decrescendo em direção ao fundo, com mínimo de 6,6 no hipolímnion. No outono-inverno, o pH foi aproximadamente 7,5 em toda a coluna de água. Não foram registradas águas ácidas nas estações E3 e E4. Águas alcalinas ou levemente básicas caracterizaram a estação E3 (7,3 a 9,1) e E4 (7,2 a 8,9). Durante o inverno houve redução do pH de superfície e aumento do pH de fundo.

Alcalinidade (TABELA 3, FIGURAS 2, 4, 6 e 8): A alcalinidade variou de 432 a 1704 µEq/l, com máximos no hipolímnion das estações E1 e E2. Nas estações profundas, especialmente em E1, houve estratificação entre dez/01 e maio/02. No epilímnion, a alcalinidade variou de 818 a 1233 µEq/l, enquanto no hipolímnion a oscilação foi de 981 a 1634 µEq/l. Durante o inverno, a coluna esteve homogênea, com alcalinidade aproximada de 1140 µEq/l. Nas estações E3 e E4, a alcalinidade foi maior no fundo entre dez/01 e maio/02. A alcalinidade foi menor durante a primavera e final do inverno.

Condutividade (TABELA 3, FIGURAS 2, 4, 6 e 8): A condutividade mínima foi 100,6 µS/cm e a máxima 315,0 µS/cm, com aumento durante o inverno. Nas estações E1 e E2, notou-se um leve gradiente durante a primavera-verão, com valores maiores em direção ao fundo. Os máximos ocorreram durante o inverno, período de circulação total da coluna de água. Nas estações E3 e E4, a condutividade foi maior a partir de dez/01, no fundo, e em ago/02, na superfície. A condutividade média foi 119,5 µS/cm na estação E3 e 134,7 µS/cm na E4.

Seston (TABELA 3, FIGURAS 2, 4, 6 e 8): O seston variou de 0,3 a 96,1 mg/l, aumentando conforme a proximidade da cabeceira do reservatório. Nas estações E1 e E2 notou-se relação entre seston e período de chuvas. Concentrações altas ocorreram na estação E3 e, principalmente, na estação E4. Os picos na estação E3 (84,8 mg/l) e E4 (96,1 mg/l) foram aproximadamente sete vezes maiores que os máximos registrados na estação E1 (12,0 mg/l) e E2 (12,6 mg/l). Na estação E3, o máximo de seston foi registrado no final do inverno, em set/02. Na estação E4, o pico ocorreu na primavera de 2001. Com exceção dos máximos, houve pouca oscilação ao longo do ano, com concentrações maiores no fundo.

Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos

Silicato (TABELA 3, FIGURAS 2, 4, 6 e 8): O silicato oscilou de 1056,6 a 4556,3 $\mu\text{g/l}$. As concentrações nas estações E1 e E2 variaram geralmente entre 1600,0 e 1900,0 $\mu\text{g/l}$, sem padrão de estratificação vertical. As concentrações praticamente dobraram durante o inverno, com máximos em ago/02. A concentração de silicato foi elevada ao longo do ano nas estações E3 e E4 apresentaram, principalmente na primavera e no final do inverno. O silicato foi abundante na estação E4, geralmente entre 2200,0 e 3600,0 $\mu\text{g/l}$. Na estação E4, os máximos ocorreram em dez/01 e ago/02, com mínimos entre fev/02 e maio/02.

Fosfato (TABELA 3, FIGURAS 3, 5, 7 e 9): O fosfato variou de 1,1 a 20,4 $\mu\text{g/l}$. A maioria dos dados (80%) não ultrapassou 6,0 $\mu\text{g/l}$. Durante a estratificação física do reservatório, acúmulos foram registrados no hipolímnion das estações E1 e E2. A oscilação foi de 1,4 a 6,6 $\mu\text{g/l}$ no epilímnion e de 3,1 a 8,6 $\mu\text{g/l}$ no hipolímnion. No período de mistura, observou-se distribuição mais homogênea na coluna de água, com concentrações geralmente entre 3,4 a 5,4 $\mu\text{g/l}$ e média de 4,8 $\mu\text{g/l}$. Na estação E3, a média de fosfato foi 4,0 $\mu\text{g/l}$, ou seja, metade da média de 8,5 $\mu\text{g/l}$ registrada na estação E4. O fosfato foi abundante na estação E4, com pico de 20,4 $\mu\text{g/l}$, geralmente entre 5,5 e 11,5 $\mu\text{g/l}$. Os máximos de fosfato nas estações E3 e E4 coincidiram com os períodos mais frios do ano, em maio/02, jun/02 e set/02 (geada).

Fosfato total (TABELA 3, FIGURAS 3, 5, 7 e 9): O fosfato total variou de 4,8 a 75,0 $\mu\text{g/l}$. Em fev/02 concentrações elevadas foram registradas em todo reservatório. Este aporte esteve diretamente relacionado com a precipitação. Nas estações E1 e

E2, o fosfato total foi mais abundante durante o verão, com picos de 55,7 e 75,0 µg/l, geralmente de 7,8 a 20,4 µg/l na E1 e de 8,4 µg/l a 18,7 µg/l na E2. A estratificação não foi nítida e os máximos do período ocorreram tanto na superfície quanto no fundo. O outono-inverno caracterizou-se pela redução de fosfato total, com distribuição homogênea. Na estação E3, picos de fundo foram registrados no verão, entre jan/02 e mar/02. Na estação E4 foram obtidos valores elevados durante o ano todo, especialmente no fundo, com apenas dois valores menores do que 20,0 µg/l. O fosfato total das estações E3 e E4 foi maior que nas estações E1 e E2. A média anual na E3 foi de 23,5 µg/l e na E4 foi 32,6 µg/l.

Nitrito (TABELA 3, FIGURAS 3, 5, 7 e 9): A concentração de nitrito oscilou de zero a 36,8 µg/l, variando irregularmente ao longo do ano, geralmente em concentrações de até 10,0 µg/l. Notou-se um gradiente horizontal crescente, com valores maiores de nitrito quanto mais próximo da cabeceira. Na estratificação, as maiores concentrações foram registradas no hipolímnion, com máximo 13,2 µg/l na estação E1 e 19,0 µg/l na E2. Notou-se acúmulo de nitrito na base do metalímnion. No período de mistura ocorreram valores menores e homogêneos em toda coluna de água, exceto em set/02. As médias nas estações E3 e E4 foram 7,6 e 22,0 µg/l, maiores quando comparadas às estações E1 (6,2 µg/l) e E2 (7,1 µg/l). Nas estações E3 e E4 os máximos ocorreram na primavera e em set/02.

Nitrato (TABELA 3, FIGURAS 3, 5, 7 e 9): O nitrato variou de zero a 953,5 µg/l. Nas estações E1 e E2, houve acentuada redução de nitrato no epilímnion ao longo da primavera-verão. De out/01 a mar/02, a concentração diminuiu dez vezes, passando de aproximadamente 300,0 para 30,0 µg/l. No geral, notou-se discreto acúmulo na base do metalímnion e mínimos no hipolímnion. No outono-inverno, a concentração foi homogênea na coluna de água, com médias de 106,7 a 134,9 µg/l. Nas estações E3 e E4, o nitrato foi mais abundante na primavera-verão, decrescendo no inverno. As estações E3 e E4 não sofreram escassez. As concentrações foram altas, especialmente na E4. A oscilação anual na estação E3 foi de 31,6 a 476,8 µg/l, com média 187,7 µg/l. Na estação E4, o mínimo 124,7 µg/l contrastou com a média anual 411,5 µg/l e com os picos acima de 900,0 µg/l.

Amônio (TABELA 3, FIGURAS 3, 5, 7 e 9): O amônio variou de 9,5 a 1195 µg/l, com máximos no fundo. Na primavera-verão detectou-se estratificação nas estações E1 e

E2, com gradiente crescente em direção ao fundo. Na estação E1, a média no epilímnion (27,1 µg/l) foi 40 vezes menor que a do hipolímnion (1046,3 µg/l). As concentrações de amônio no hipolímnion foram superiores a 800 µg/l. A mesma situação aconteceu na estação E2: média 975,2 µg/l no hipolímnion e 27,8 µg/l no epilímnion, ou seja, concentração praticamente 35 vezes maior no fundo. No outono-inverno, o amônio apresentou distribuição homogênea na coluna de água, com média de 185,5 µg/l na estação E1 e de 174,8 µg/l na E2. Na estação E3, as concentrações mais elevadas foram registradas a partir de maio/02, no outono-inverno. A estação E4 não apresentou um padrão de variação para o amônio. As médias anuais nas estações E3 e E4 foram de 109,1 e 80,5 µg/l, respectivamente.

Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (TABELA 3, FIGURAS 3, 5, 7 e 9): O NID variou de 19,2 a 1223 µg/l. O padrão de oscilação do NID nas estações E1 e E2 foi parecido com o do amônio, com altos valores no hipolímnion durante a primavera-verão e concentrações intermediárias no inverno, com coluna de água homogênea. Para as estações E3 e E4, as menores concentrações foram registradas na superfície em mar/02.

Nitrogênio total (TABELA 3, FIGURAS 3, 5, 7 e 9): O nitrogênio total variou de 204,9 a 2608,6 µg/l. A variação anual do nitrogênio total foi afetada pelas taxas de amônio durante a estratificação. Notou-se um gradiente vertical nas estações E1 e E2 durante o verão, com elevadas concentrações de nitrogênio no hipolímnion até mar/02. As menores concentrações nas estações E3 e E4 ocorreram a partir de jun/02. Em julho, o nitrogênio total foi homogêneo no reservatório, com valores próximos de 500 µg/l.

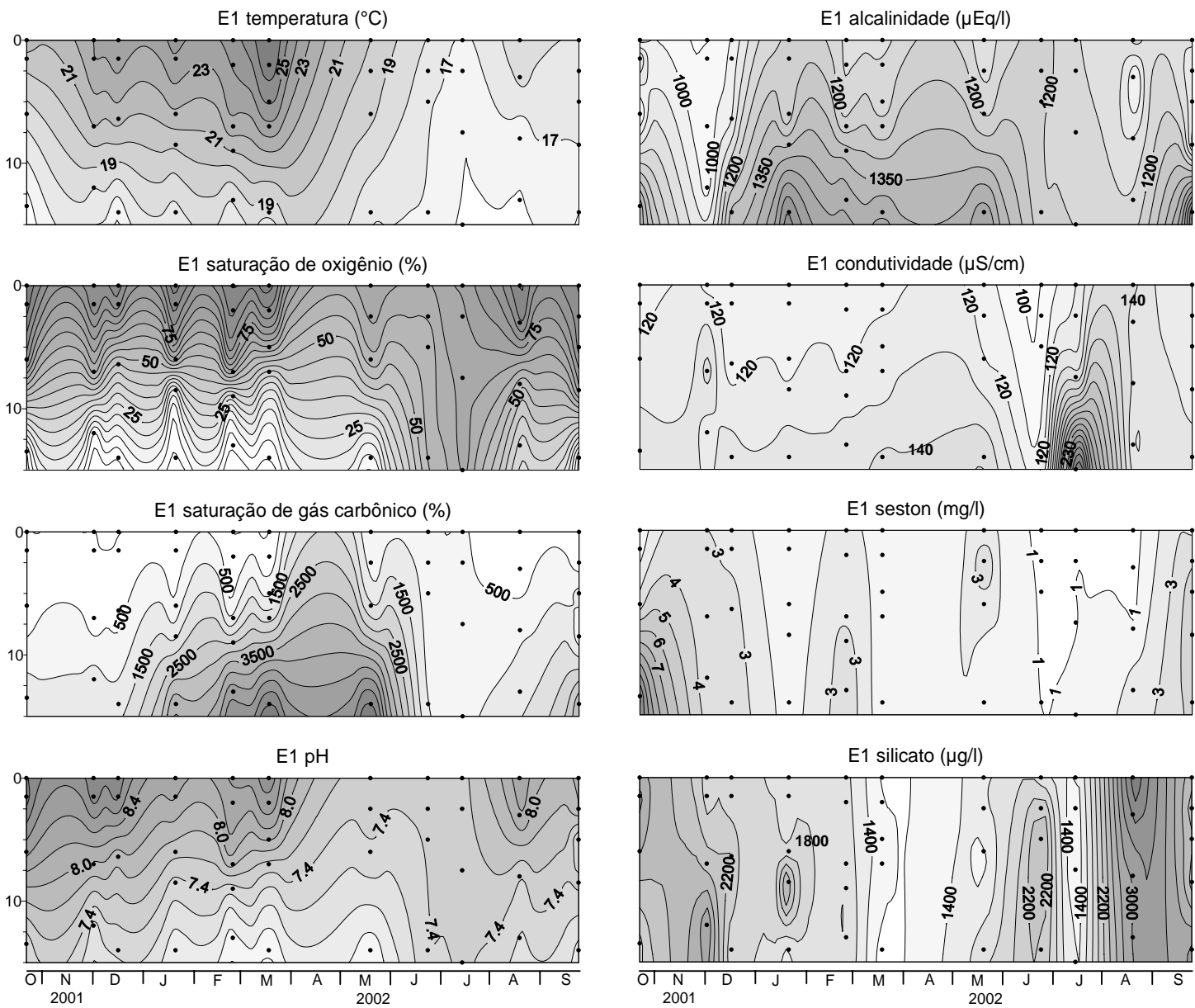
Relação N:P (TABELA 3, FIGURAS 3, 5, 7 e 9): O mínimo foi 17,2 e o máximo 695,7. No geral, a relação foi mais estável entre out/01 e dez/01 e a partir de jul/02. Nas estações E1 e E2, houve grandes variações entre as profundidades durante o verão. Na estação E1, a oscilação no epilímnion foi de 42,7 a 492,4. A relação N:P foi nitidamente afetada pelas altas concentrações de amônio do hipolímnion. Desta forma, os máximos tenderam a ocorrer no fundo e os mínimos na superfície. No período frio, a relação variou entre 100,0 e 300,0. A razão N:P máxima de 492,4 ocorreu em jun/02. A média anual na estação E3 foi 186,8 e na E4 foi 150,0.

TABELA 3 - MÉDIAS ANUAIS, MÍNIMOS E MÁXIMOS DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA E NAS ESTAÇÕES E1, E2, E3 E E4 – OUT/01 A SET/02.

Parâmetros	Média anual (min-máx)	E1 (min-máx)	E2 (min-máx)	E3 (min-máx)	E4 (min-máx)
Temperatura da água (°C)	19,9 (13,5 - 27,3)	15,5 - 27,2	15,5 - 27,0	16,0 - 27,3	13,5 - 26,4
Transparência (m)	2,0 (0,4 - 3,4)	1,4 - 3,4	1,1 - 3,1	1,1 - 2,3	0,4 - 1,3
Oxigênio dissolvido (mg/l)	6,0 (0,0 - 9,8)	0,0 - 8,9	0,0 - 9,0	1,3 - 9,5	3,7 - 9,81
Saturação do Oxigênio (%)	66,5 (0,0 - 104,1)	0,0 - 99,9	0,0 - 102,3	14,7 - 102,3	41,0 - 104,1
Saturação do CO ₂ (%)	783,6 (13,1 - 7206,0)	15,7 - 6928,0	13,1 - 7206,0	14,1 - 1267,0	30,8 - 1633,0
pH	7,8 (6,6 - 9,2)	6,6 - 9,1	6,6 - 9,2	7,3 - 9,1	7,2 - 8,9
Alcalinidade (µEq/l)	1149 (432 - 1704)	924 - 1704	432 - 1555	942 - 1238	809 - 1597
Condutividade (µS/cm)	125,3 (100,6 - 315,0)	101,1 - 315,0	100,6 - 219,0	101,9 - 138,7	116,8 - 171,0
Seston (mg/l)	6,1 (0,3 - 96,1)	0,6 - 12,0	0,3 - 12,6	1,2 - 84,8	3,8 - 96,1
Silicato (µg/l)	2190,6 (1056,6 - 4556,3)	1056,6 - 3891,9	1237,1 - 3331,1	1297,2 - 3251,9	1361 - 4556,3
Fosfato (µg/l)	4,7 (1,1 - 20,4)	1,2 - 6,1	1,1 - 10,8	1,9 - 10,6	2,6 - 20,4
Fosfato total (µg/l)	18,6 (4,8 - 75,0)	4,8 - 55,7	4,9 - 75,0	7,7 - 71,5	13,8 - 62,0
Nitrito (µg/l)	9,3 (0,0 - 36,8)	0,0 - 30,7	2,5 - 19,0	3,0 - 15,2	6,0 - 36,8
Nitrato (µg/l)	182,7 (0,0 - 953,5)	0,0 - 300,1	0,0 - 390,7	31,7 - 476,8	124,7 - 953,5
Amônio (µg/l)	164,8 (9,5 - 1195,0)	9,6 - 1186,1	9,5 - 1195,0	13,1 - 313,7	11,2 - 275,7
N-NID (µg/l)	356,8 (19,2 - 1223,0)	38,5 - 1222,8	19,2 - 1223,0	47,8 - 582,1	114,2 - 1078,5
Nitrogênio total (µg/l)	757,0 (204,9 - 2608,6)	204,9 - 2608,6	268,4 - 2033,3	327,7 - 1423,2	214,7 - 1711,9
Relação N:P *	176,8 (17,2 - 492,4)	40,3 - 492,4	17,2 - 358,4	48,4 - 369,3	40,9 - 412,9

*: Somente as concentrações das amostras na zona eufótica foram consideradas.

FIGURA 2 – GRÁFICOS DE TEMPERATURA, SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO, SATURAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO, pH, ALCALINIDADE, CONDUTIVIDADE, SESTON E SILICATO NA ESTAÇÃO E1 - OUT/01 A SET/02.



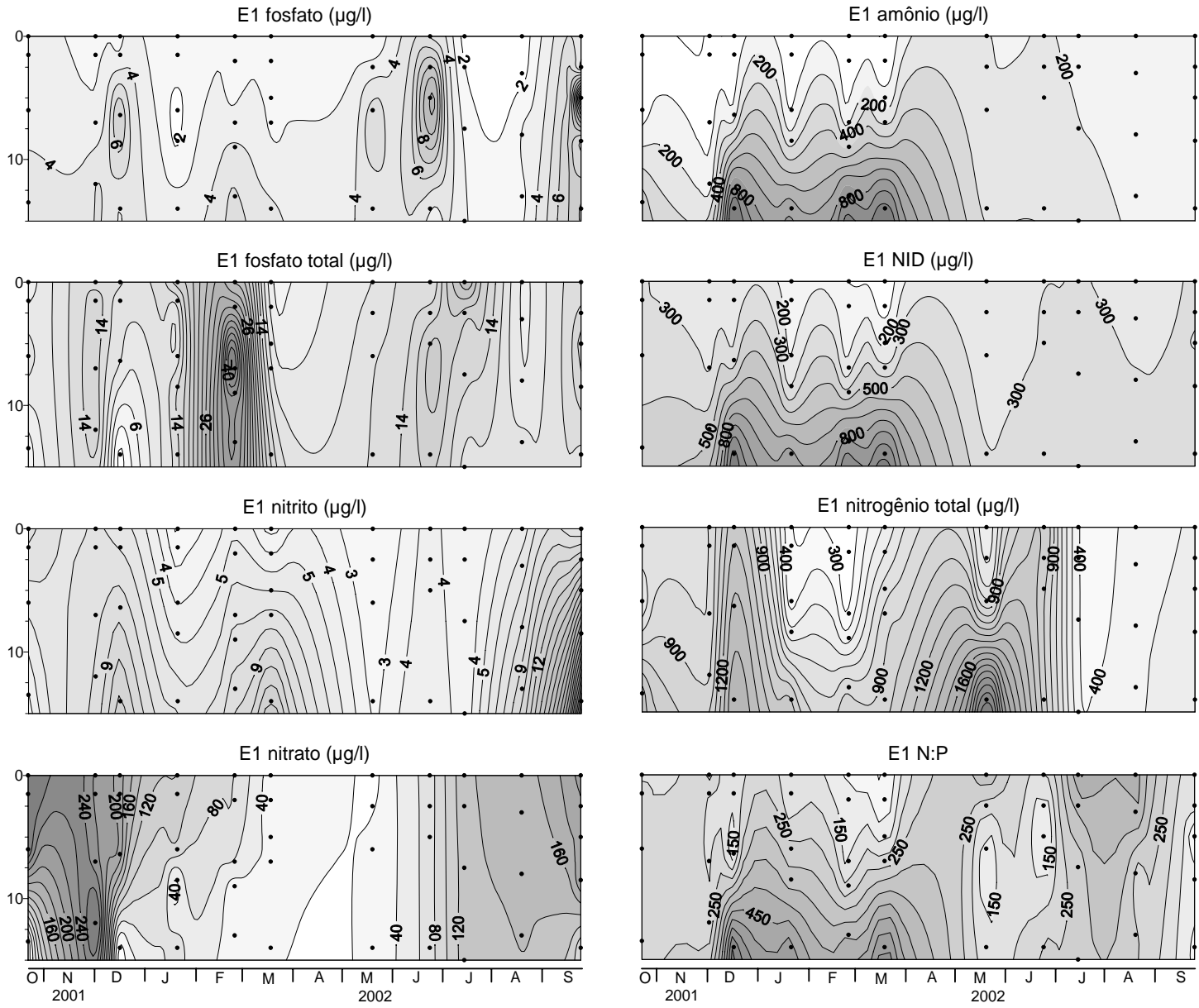


FIGURA 3 – GRÁFICOS DE FOSFATO, FOSFATO TOTAL, NITRITO, NITRATO, AMÔNIO, NID, NITROGÊNIO TOTAL E RELAÇÃO N:P NA ESTAÇÃO E1 - OUT/01 A SET/02.

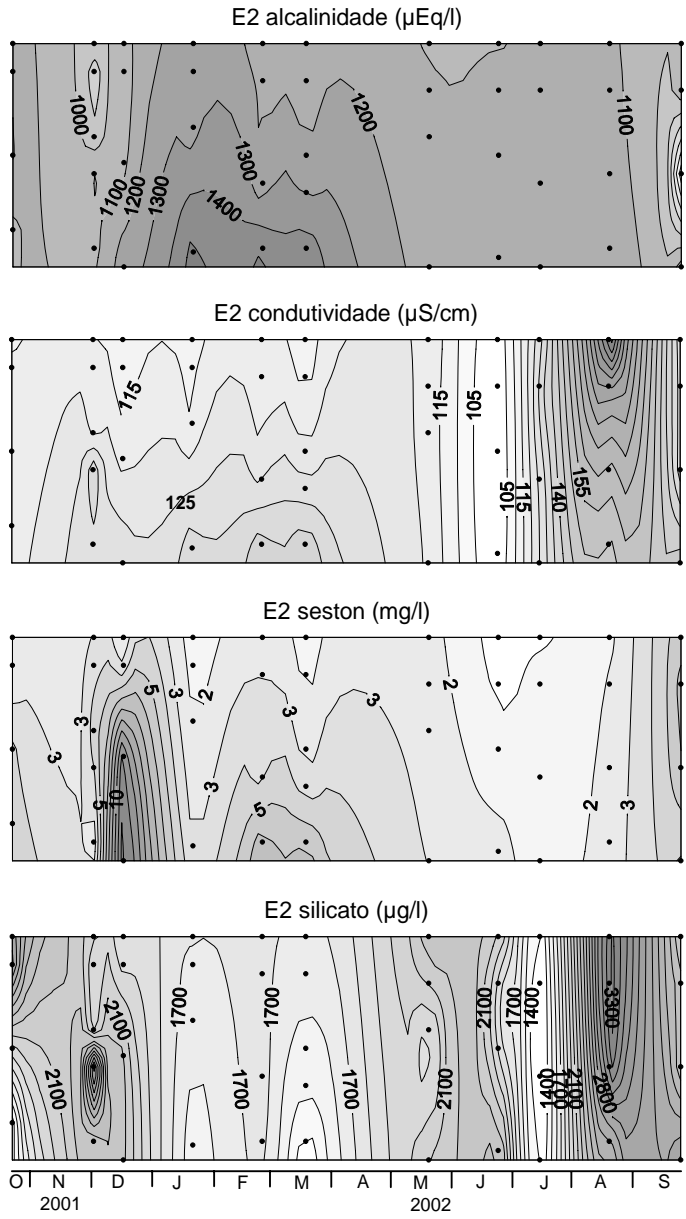
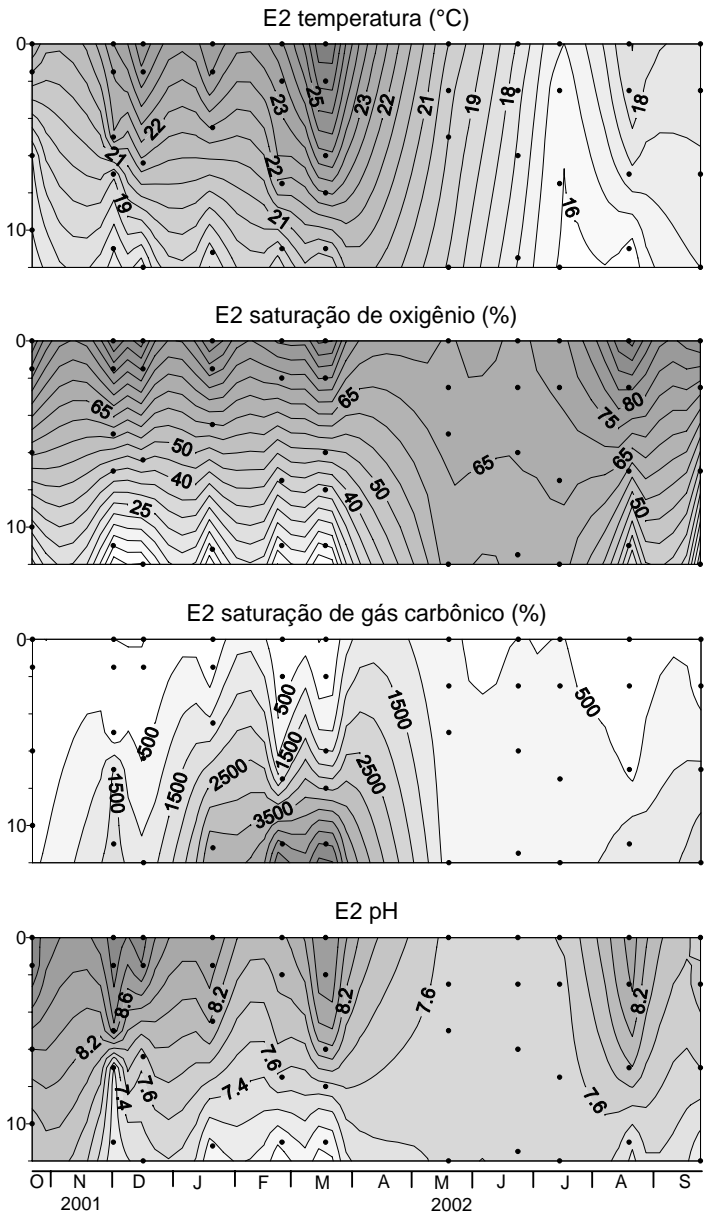


FIGURA 4 – GRÁFICOS DE TEMPERATURA, SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO, SATURAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO, pH, ALCALINIDADE, CONDUTIVIDADE, SESTON E SILICATO NA ESTAÇÃO E2 - OUT/01 A SET/02.

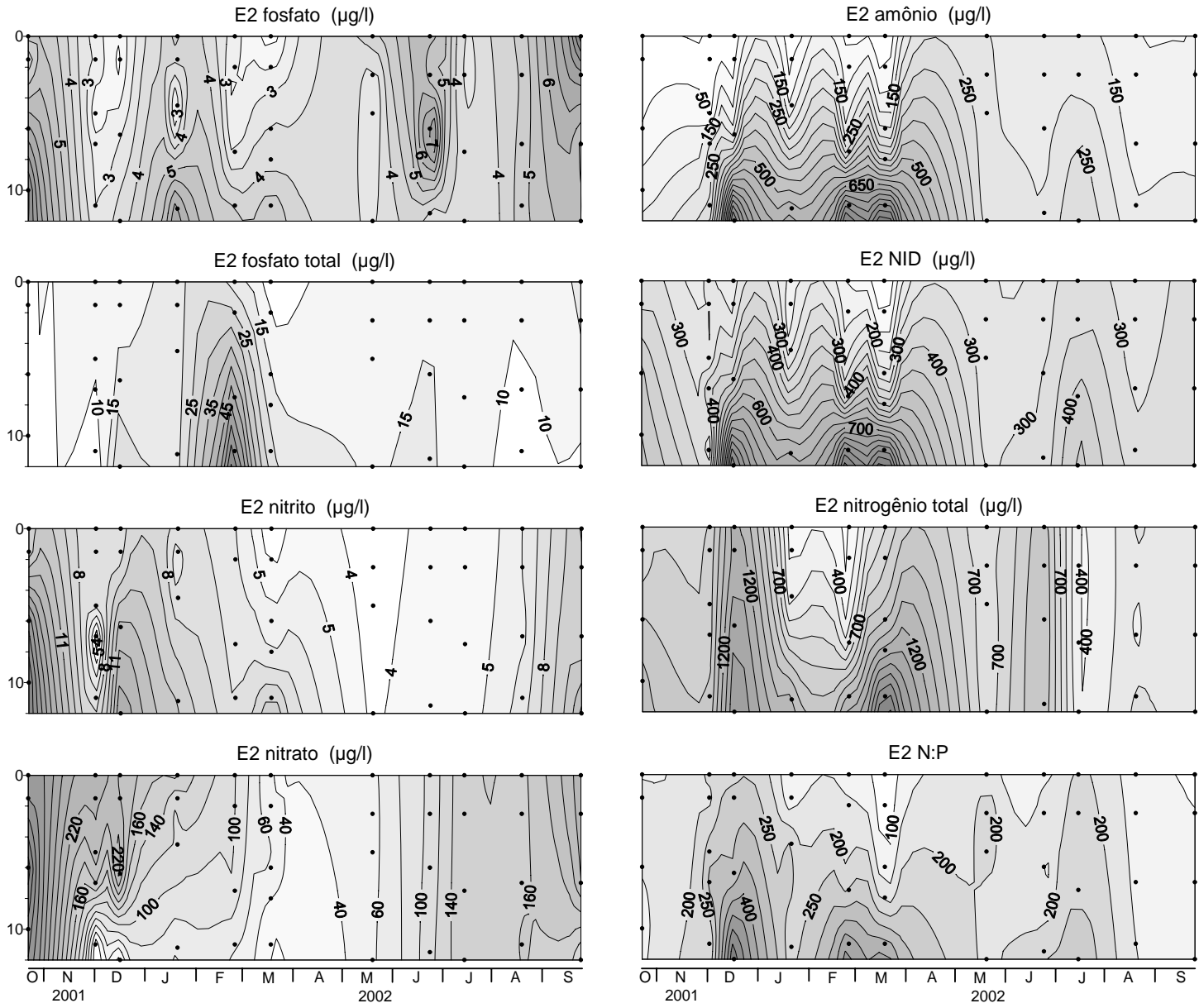


FIGURA 5 – GRÁFICOS DE FOSFATO, FOSFATO TOTAL, NITRITO, NITRATO, AMÔNIO, NID, NITRÓGENIO TOTAL E RELAÇÃO N:P NA ESTAÇÃO E2 - OUT/01 A SET/02.

FIGURA 6 – GRÁFICOS DE TEMPERATURA, SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO, SATURAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO, pH, ALCALINIDADE, CONDUTIVIDADE, SESTON E SILICATO NA ESTAÇÃO E3 - OUT/01 A SET/02.

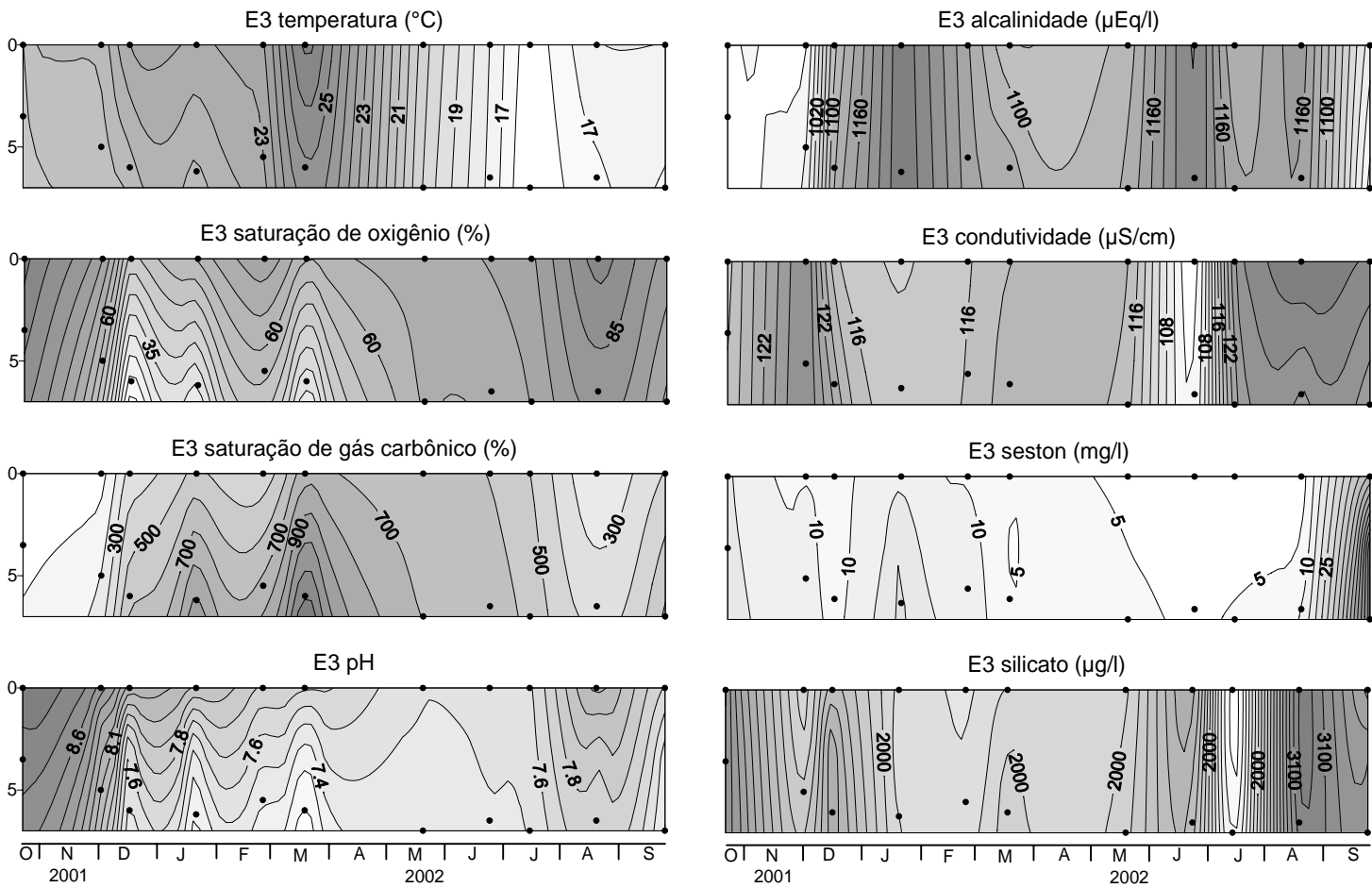


FIGURA 7 – GRÁFICOS DE FOSFATO, FOSFATO TOTAL, NITRITO, NITRATO, AMÔNIO, NID, NITROGÊNIO TOTAL E RELAÇÃO N:P NA ESTAÇÃO E3 - OUT/01 A SET/02.

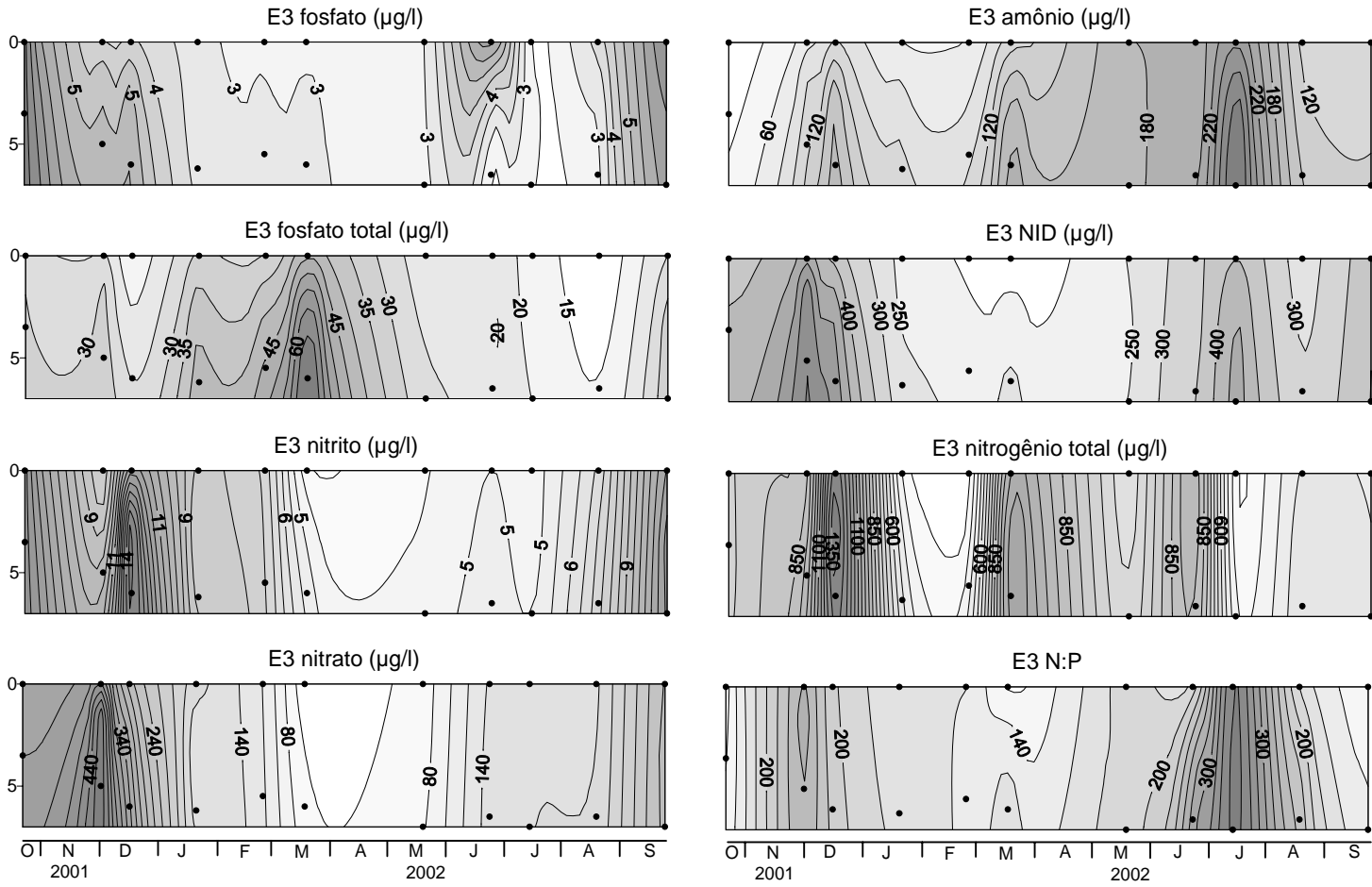


FIGURA 8 – GRÁFICOS DE TEMPERATURA, SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO, SATURAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO, pH, ALCALINIDADE, CONDUTIVIDADE, SESTON E SILICATO NA ESTAÇÃO E4 - OUT/01 A SET/02.

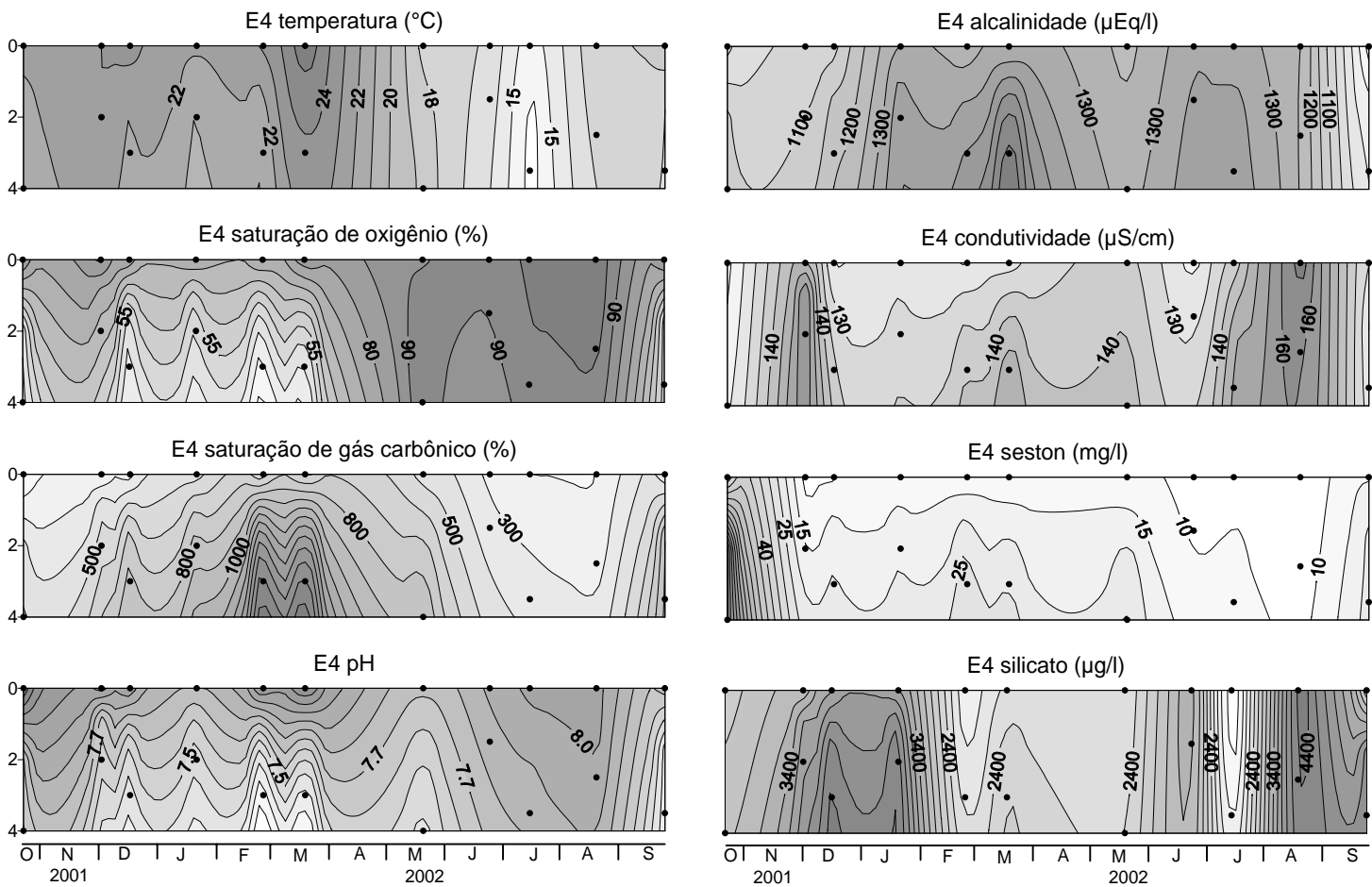
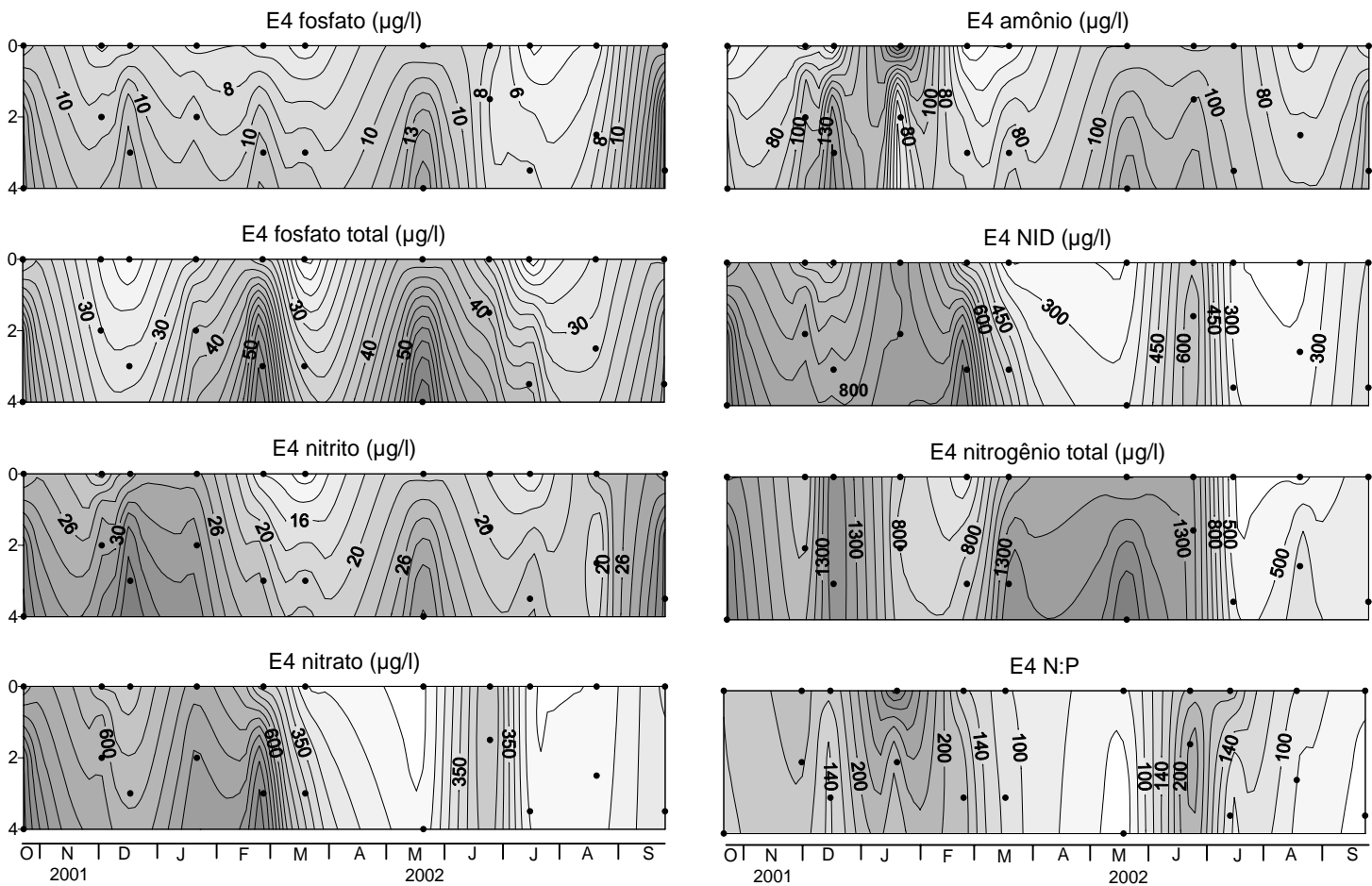


FIGURA 9 – GRÁFICOS DE FOSFATO, FOSFATO TOTAL, NITRITO, NITRATO, AMÔNIO, NID, NITROGÊNIO TOTAL E RELAÇÃO N:P NA ESTAÇÃO E4 - OUT/01 A SET/02.



4.3 ANÁLISE QUALITATIVA DO FITOPLÂNTON

A composição florística incluiu 181 representantes de seis divisões taxonômicas: Chlorophyta (93); Cryptophyta (8); Cyanophyta (16); Dinophyta (5); Euglenophyta (17) e Heterokontophyta (42) - classes Bacillariophyceae, Chrysophyceae e Xanthophyceae. No total de 181 táxons infragenéricos foram identificados 143 espécies e 38 gêneros (TABELA 4). De maneira geral, as espécies ocorreram em todas as estações de amostragem. Para análise quantitativa, o nanoplâncton < 8 µm foi reunido no grupo monades e flagelados.

A maior divisão foi Chlorophyta, com 93 táxons, sendo 85 espécies e 8 em nível genérico. Predominaram formas unicelulares, cenobiais e coloniais. Os gêneros mais representativos foram *Scenedesmus*, *Staurastrum*, *Pediastrum* e *Cosmarium*. *Pediastrum simplex* foi registrado em três variedades: *P. simplex* Meyen var. *biwaense* Fukush, *P. simplex* Meyen var. *simplex* e *P. simplex* Meyen var. *sturnii* (Reinsch) Wolle. Algumas espécies raras foram encontradas, como *Choricystis cylindracea* Hindák, *Ourococcus bicaudatus* (A.Braun) Grobety, *Treubaria setigera* (Archer) G.M.Smith e *Stauroidesmus dickiei* (Ralfs) Lillierofh. As clorófitas Chlorococcales apresentaram maior riqueza.

Na divisão Cryptophyta foram identificados 8 táxons, sendo 6 espécies e 2 em nível genérico. O gênero representativo foi *Cryptomonas*, com 4 espécies: *C.curvata* Ehrenberg, *C.erosa* Ehrenberg, *C.marssonii* Skuja e *C.pyrenoidifera* Gleiter.

Foram identificados 16 táxons de Cyanophyta: 12 espécies e 4 gêneros. As cianófitas potencialmente nocivas registradas foram *Anabaena constricta* (Szafer) Geitler, *Anabaena solitaria* Klebahn, *Anabaena spiroides* Klebahn, *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Lemmermann e *Microcystis* sp Lemmermann. *Microcystis* spp não ocorreram nas estações E3 e E4.

As 5 Dinophyta identificadas foram *Gymnodinium* sp Stein, *Peridinium cinctum* (O.Müller) Ehrenberg, *Peridinium gatunense* Nygaard, *Peridinium* sp Ehrenberg e *Peridinium umbonatum* Stein.

Em Euglenophyta foram identificadas 15 espécies. *Trachelomonas*, *Phacus*, *Euglena* e *Strombomonas*, este exclusivo da estação E4, foram importantes.

Na divisão Heterokontophyta foram registrados 42 táxons, 20 gêneros e 22 espécies, sendo 12 Bacillariophyceae, 7 Chrysophyceae e 1 Xanthophyceae. Algumas diatomáceas bênticas foram encontradas no fitoplâncton, como

Gomphonema spp e *Navicula* spp. Contudo, a maioria das microalgas identificadas tem hábito planctônico, como *Asterionella formosa* Hassall, *Aulacoseira* spp, *Cyclotella* spp e *Urosolenia longiseta* (Zacharias) Edlung & Stoermer. *Dinobryon*, *Mallomonas* e *Synura* caracterizaram Chrysophyceae. A espécie rara *Chromulina sphaerica* Doflein foi encontrada. Uma crisofícea de tamanho reduzido (8 µm) não pode ser determinada, mesmo após extensa pesquisa e consulta a especialistas. *Pseudotetraëdron neglectum* Pascher foi a única Xanthophyceae registrada. Trata-se de uma espécie rara, de ocorrência exclusiva nas estações E1 e E2.

4.4 DENSIDADE E BIOVOLUME DO FITOPLÂNTON

A densidade variou de $7,8 \times 10^1$ céls/ml em out/01 (E4 4m) a $1,8 \times 10^4$ céls/ml em jul/02 (E4 3,5m). O biovolume mínimo foi $0,25 \text{ mm}^3/\text{l}$ em dez/01 (E2 12m) e máximo $10,0 \text{ mm}^3/\text{l}$ em jul/02 (E4 3,5m). Os máximos de densidade coincidiram com os máximos de biovolume. Desta forma, o padrão de oscilação foi semelhante, com máximos na primavera e após a circulação lacustre, nas camadas superficiais do reservatório (TABELA 5, FIGURAS 10 a 19). Os grupos mais importantes para densidade e biovolume foram Chlorophyta e Heterokontophyta. Cyanophyta foi a terceira divisão mais importante para a densidade, assim como Dinophyta para biovolume. Contudo, todos os grupos tiveram uma contribuição modesta quando comparados a Chlorophyta. *Pediastrum simplex* esteve presente em 100% das amostras e ocorreu em elevadas densidades ao longo do ano, variando de $11,4$ a $5,4 \times 10^3$ céls/ml (TABELA 5). A contribuição de *P. simplex* para o biovolume foi bastante relevante devido às suas grandes dimensões, representando até 91% da biomassa em determinadas amostras. Os gráficos de fitoplâncton total e *P. simplex* apresentaram o mesmo padrão de isolinhas, mostrando a importância desta clorófito no contexto geral do Passaúna (FIGURAS 10 a 19). *Asterionella formosa* representou 65% do total de diatomáceas, ocorrendo em maior abundância durante o inverno. O pico de $1,4 \times 10^3$ céls/ml na estação E4 em jul/02 representou o crescimento intenso desta diatomácea. Juntas, as espécies *P. simplex* e *A. formosa* representaram mais de 70% da densidade e 73% da biomassa totais no reservatório Passaúna. Não foram registrados períodos de floração da *Microcystis aeruginosa*. Apesar da evidente importância de *P. simplex* e *A. formosa* no Passaúna, outras algas também contribuíram para a densidade e biovolume, a citar: *Monoraphidium*

minutum, *Pediastrum* spp, *Cosmarium* spp, *Staurastrum* spp, *Scenedesmus* spp, *Botryococcus* spp (clorófitas); *Gomphosphaeria* sp, *Anabaena* spp, *Microcystis* spp e *Merismopedia punctata* (cianófitas); *Cyclotella* spp, *Thalassiosira* sp e *Aulacoseira* spp (diatomáceas). Os dinoflagelados apresentaram maior importância para o biovolume, com máximo 1,85 mm³/l. Os grupos menos expressivos foram Euglenophyta, Cryptophyta, monades e flagelados, presentes em baixas densidades e com contribuições discretas para o biovolume. As espécies raras de diatomáceas penadas e cianófitas filamentosas foram agrupadas após os cálculos de densidade e biovolume.

Na estação E1 (TABELA 5, FIGURAS 10, 11, 18 e 19), o fitoplâncton foi mais abundante no período de out/01 a dez/01, com picos de $5,9 \times 10^3$ céls/ml e 5,8 mm³/l em out/01, na base do metalímnion (6m). A densidade e biomassa foram progressivamente mais reduzidas conforme se estabeleceu a estratificação lacustre. No período de circulação, entre jun/02 e jul/02, foi detectado um aumento no número de células na água, porém menor do que o registrado na primavera de 2001. A tendência é gradual e crescente, com nova elevação da densidade e biomassa ao final do inverno (set/02). Os grupos mais abundantes foram Chlorophyta, Heterokontophyta (Bacillariophyceae) e Cyanophyta. Todas as espécies tiveram uma contribuição modesta quando comparadas a *P. simplex*. As diatomáceas mais importantes foram *A. formosa*, *Cyclotella* spp e *Thalassiosira* sp. *M. aeruginosa* foi encontrada em baixas densidades em dez/01 e em set/02. Para o biovolume, os grupos mais importantes foram Chlorophyta, Dinophyta e Heterokontophyta (Bacillariophyceae). As clorófitas representaram 84% da biomassa total anual. O dinoflagelado *Peridinium cinctum* foi relevante, respondendo pela quase totalidade de biomassa de Dinophyta nas amostras. *A. formosa* e *Cyclotella* spp foram as diatomáceas importantes para a biomassa.

Na estação E2 (TABELA 5, FIGURAS 12, 13, 18 e 19), o fitoplâncton foi mais abundante a partir de maio/02. Durante a estratificação, os máximos de abundância e biovolume foram registrados na superfície. Chlorophyta foi o grupo numericamente dominante, seguido por Heterokontophyta (Bacillariophyceae) e Cyanophyta. A espécie que mais contribuiu para a densidade foi *P. simplex*. Outras clorófitas importantes foram *M. minutum*, *Scenedesmus* spp e *Chlorolobion* spp. As diatomáceas mais importantes foram *A. formosa*, *Cyclotella* spp e *Thalassiosira* sp e,

entre as cianófitas, *Gomphosphaeria* sp, *Microcystis* spp e *Anabaena* spp. Em termos de biovolume, Chlorophyta também foi o grupo dominante, seguido por Dinophyta e Heterokontophyta (Bacillariophyceae). A espécie que mais contribuiu para o biovolume foi *P. simplex*. Outras clorófitas importantes foram *Staurastrum* spp e *Scenedesmus* spp. O biovolume do dinoflagelado *P. cinctum* foi expressivo quando comparado com a maioria dos táxons. *A. formosa* e as diatomáceas penadas também foram relevantes.

Na estação E3 (TABELA 5, FIGURAS 14, 15, 18 e 19), as maiores densidades e biomassas foram encontradas no fundo (profundidade média 6m), com pico de 6,0 mm³/l em maio/02. O padrão de variação anual não foi tão marcado como nas estações E1 e E2, porém notou-se um leve decréscimo de densidade e biomassa no verão. O pico de abundância foi de 6,9 x 10³ céls/ml, em ago/02. Numericamente, os grupos importantes foram Chlorophyta, Heterokontophyta (Bacillariophyceae) e Cyanophyta. Na estação E3 não ocorreu *Microcystis* spp.

Na estação E4 (TABELA 5, FIGURAS 16, 17, 18 e 19), a densidade e biomassa foram maiores no inverno. A superfície concentrou maiores densidades de fitoplâncton ao longo do ano, exceto em jul/02 e ago/02, quando ocorreram picos de *A. formosa* na sup e a 3m. As clorófitas não foram o grupo de maior abundância na estação E4, contrastando com o encontrado nas demais estações. Na estação E4, Heterokontophyta (Bacillariophyceae) foi o grupo dominante, seguido por Chlorophyta e Cyanophyta. As diatomáceas mais importantes foram *A. formosa*, *Cyclotella* spp, *Aulacoseira* spp e *Thalassiosira* sp. *A. formosa* respondeu pela quase totalidade das diatomáceas na estação E4 durante o inverno. As clorófitas importantes foram *P. simplex*, *M. minutum* e *Staurastrum* spp. Concordando com o encontrado nas demais estações, *P. simplex* respondeu pela quase totalidade do grupo, ou seja, 77% das clorófitas. Entre as Cyanophyta, *Anabaena* spp e *M. punctata* foram relevantes. Na estação E4 não ocorreu *Microcystis* spp. O grupo que mais contribuiu para o biovolume foi Chlorophyta, seguido por Heterokontophyta (Bacillariophyceae) e Dinophyta. Neste caso, as diatomáceas dominaram em abundância, porém não foram o grupo de maior biomassa. Em termos de biovolume, as bacilariofíceas mais importantes foram *A. formosa*, as diatomáceas penadas e *Aulacoseira* spp e, entre as clorófitas, *P. simplex*, *Staurastrum* spp e *Scenedesmus* spp. As Dinophyta *P. cinctum* e *Gymnodinium* sp foram relevantes para a biomassa.

TABELA 4 – COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DO RESERVATÓRIO PASSAÚNA – OUT/01 A SET/02.

CHLOROPHYTA	
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> Corda ex Ralfs	<i>Ourococcus bicaudatus</i> (A.Braun) Grobety
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen
<i>Botryococcus protuberans</i> West & G.S.West	<i>Pediastrum longecornutum</i> (Gutwinski) Comas
<i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck	<i>Pediastrum simplex</i> Meyen var. <i>biwaense</i> Fukush
<i>Chlorococcum humicola</i> (Nägeli) Rabenhorst	<i>Pediastrum simplex</i> Meyen var. <i>simplex</i>
<i>Chlorococcum</i> sp Meneghini	<i>Pediastrum simplex</i> Meyen var. <i>sturnii</i> (Reinsch)
<i>Chlorolobion braunii</i> (Nägeli) Komárek	Wolle
<i>Chlorolobion saxatile</i> (Komarková-Legnerová) Komárek	<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs
<i>Choricystis cylindracea</i> Hindák	<i>Pseudoquadrigula</i> sp Lacoste de Diaz [<i>Quadrigula</i>
<i>Closteridium lunula</i> Reinsch	<i>lacustris</i> (Chodat) G.M.Smith]
<i>Closteriopsis acicularis</i> (G.M.Smith) Belcher & Swale	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat var.
<i>Closteriopsis drepaniformis</i> Comas	<i>acuminatus</i>
<i>Closterium gracile</i> Brébisson ex Ralfs	<i>Scenedesmus acutiformis</i> Schröder var. <i>acutiformis</i>
<i>Closterium kuetzingii</i> Brébisson	<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen var. <i>acutus</i>
<i>Closterium moniliferum</i> (Bory de St.Vincent) Ehrenberg ex Ralfs	<i>Scenedesmus bellospinosus</i> Hortobágyi
<i>Closterium semicirculare</i> Krieger & Scott	<i>Scenedesmus bicaudatus</i> (Hansgirg) Chodat
<i>Coelastrum indicum</i> W.B.Turner	<i>Scenedesmus</i> cf. <i>aldavei</i> Hegewald & Schnepf [<i>S.</i>
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli in A.Braun	<i>nanus</i> var. <i>bicaudatus</i> Hortobágyi]
<i>Coelastrum pulchrum</i> Schmidle	<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenberg) Chodat
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dangeard) Senn	<i>Scenedesmus intermedius</i> Chodat var. <i>acaudatus</i>
<i>Coenochloris helvetica</i> Hindák	Hortobágyi
<i>Cosmarium asphaerosporum</i> var. <i>strigosum</i> Nordstedt	<i>Scenedesmus magnus</i> Meyen
<i>Cosmarium contractum</i> Kirchner	<i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen
<i>Cosmarium granatum</i> Brébisson ex Ralfs	<i>Scenedesmus opoliensis</i> P. Richter var. <i>aculeatus</i>
<i>Cosmarium lundelli</i> var. <i>corruptum</i> (Turner) West & G.S.West	Hortobágyi
<i>Cosmarium margaritatum</i> (Lundelli) Roy & Bisset	<i>Scenedesmus opoliensis</i> P. Richter var. <i>bicaudatus</i>
<i>Cosmarium tetraophthalmum</i> (Kützing) Ralfs	Hortobágyi
<i>Crucigenia</i> sp Morren	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson sensu
<i>Crucigeniella pulchra</i> (West & G.S.West) Komárek	Chodat
<i>Dictyosphaerium</i> sp Nägeli	<i>Sorastrum americanum</i> (Bohlin) Schmidle
<i>Dimorphococcus lunatus</i> A.Braun	<i>Sphaerocystis schoeteri</i> Chodat
<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille	<i>Spondylosium panduriforme</i> (Heimerl) Teiling
<i>Elakatothrix</i> sp Wille	<i>Staurastrum chaetoceras</i> (Schoeder) G.M.Smith
<i>Euastrum abruptum</i> Nordstedt	<i>Staurastrum cristatum</i> (Nägeli) Archer
<i>Euastrum dubium</i> Nägeli	<i>Staurastrum curvimarginatum</i> Scott & Grönblad
<i>Eudorina unicocca</i> G.M.Smith	<i>Staurastrum gladiusum</i> Turner
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek	<i>Staurastrum johnsonii</i> West & G.S.West
<i>Eutetramorus</i> sp Walton	<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt
<i>Hyalotheca</i> sp Ehrenberg	<i>Staurastrum longipes</i> (Nordstedt) Teiling
<i>Kirchneriella contorta</i> (Schmidle) Bohlin	<i>Staurastrum octoverrucosum</i> Scott & Grönblad
<i>Micrasterias furcata</i> C.A.Agardh ex Ralfs	<i>Staurastrum rotula</i> Nordstedt
<i>Micrasterias truncata</i> (Corda) Brébisson ex Ralfs	<i>Stauroidesmus cuspidatus</i> (Brébisson) Teiling
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thurgood) Komarková-Legnerová	<i>Stauroidesmus dickiei</i> (Ralfs) Lillierofh
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard	<i>Stauroidesmus lobatus</i> (Börgesen) Bourrelly
<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komarková-Legnerová	<i>Stauroidesmus mucronatus</i> (Ralfs) Croasdale
<i>Oöcystis lacustris</i> Chodat	<i>Tetraëdron caudatum</i> (Corda) Hansgirg
<i>Oöcystis</i> sp Nägeli	<i>Tetraëdron gracile</i> (Reinsch) Hansgirg
	<i>Tetraëdron lobulatum</i> (Nägeli) Hansgirg
	<i>Tetraëdron minimum</i> (A.Braun) Hansgirg
	<i>Tetraëdron trigonum</i> (Nägeli) Hansgirg sensu Skuja
	<i>Tetranephris brasiliensis</i> Leite & C.Bicudo
	<i>Tetrastrum heteracanthum</i> (Nordstedt) Chodat
	<i>Tetrastrum</i> sp Chodat
	<i>Treubaria setigera</i> (Archer) G.M.Smith
	Unicelulares < e > 10µm; Coloniais < e > 20µm

TABELA 4 - CONTINUAÇÃO

<p>HETEROKONTOPHYTA CHRYSOPHYCEAE <i>Chromulina sphaerica</i> Doflein Crisofíceas unicelulares biflageladas 8 µm <i>Dinobryon cylindricum</i> Imhof <i>Dinobryon divergens</i> Imhof <i>Dinobryon divergens</i> var. <i>schauinslandii</i> (Lemmermann) Brunthaler <i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg <i>Dinobryon</i> sp1 Ehrenberg <i>Mallomonas caudata</i> Iwanoff <i>Mallomonas fastigiata</i> Zacharias <i>Synura</i> sp Ehrenberg</p> <p>HETEROKONTOPHYTA XANTHOPHYCEAE <i>Pseudotetraëdron neglectum</i> Pascher</p> <p>HETEROKONTOPHYTA BACILLARIOPHYCEAE <i>Achnanthes</i> sp Bory de St.Vincent <i>Amphipleura</i> sp Kützing <i>Amphora</i> sp Ehrenberg <i>Asterionella formosa</i> Hassall <i>Aulacoseira alpigena</i> (Grunow) Krammer <i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen var. <i>ambigua</i> <i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen var. <i>spiralis</i> (Skuja) Brassac & Ludwig <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen var. <i>angustissima</i> (O.Müller) Simonsen <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen var. <i>granulata</i> <i>Capartogramma</i> sp Kufferath <i>Cyclotella pseudostelligera</i> Hustedt <i>Cyclotella stelligera</i> (Cleve & Grunow) VanHeurck <i>Cymbella</i> spp C.A.Agardh [<i>Encyonema</i> spp Kützing] <i>Eunotia</i> spp Ehrenberg <i>Fragilaria</i> sp Lyngbye <i>Frustulia</i> sp Rabenhorst <i>Gomphonema</i> spp Ehrenberg <i>Gyrosigma</i> sp Hassall <i>Hantzschia</i> sp Grunow <i>Martyana</i> sp Round <i>Melosira varians</i> C.A.Agardh <i>Navicula</i> spp Bory de St.Vincent <i>Neidium</i> sp Pfitzer <i>Nitzschia</i> sp Hassall <i>Pinnularia</i> sp Ehrenberg <i>Stauroneis</i> sp Ehrenberg <i>Surirella guatemalensis</i> Ehrenberg var. <i>guatemalensis</i> <i>Surirella</i> sp Turpin <i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg <i>Thalassiosira</i> sp Cleve <i>Urosolenia longisetata</i> (Zacharias) Edlung & Stoermer var. <i>longisetata</i> Penada < e > 20µm; Cêntrica</p>	<p>CRYPTOPHYTA <i>Chilomonas acuta</i> Schiller <i>Chilomonas paramecium</i> Ehrenberg <i>Chilomonas</i> sp Ehrenberg <i>Cryptomonas curvata</i> Ehrenberg <i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja <i>Cryptomonas pyrenoidifera</i> Gleiter <i>Rhodomonas</i> sp Ehrenberg</p> <p>DINOPHYTA <i>Gymnodinium</i> sp Stein <i>Peridinium cinctum</i> (O.Müller) Ehrenberg <i>Peridinium gatunense</i> Nygaard <i>Peridinium</i> sp Ehrenberg <i>Peridinium umbonatum</i> Stein</p> <p>CYANOPHYTA <i>Anabaena constricta</i> (Szafer) Geitler <i>Anabaena solitaria</i> Klebahn <i>Anabaena spiroides</i> Klebahn <i>Aphanocapsa biformis</i> A.Braun <i>Aphanocapsa pulchra</i> (Kützing) Rabenhorst <i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann <i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli <i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Nägeli <i>Gomphosphaeria</i> sp Kützing <i>Merismopedia punctata</i> Meyen <i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Lemmermann <i>Microcystis</i> sp Lemmermann <i>Oscillatoria formosa</i> Bory de St.Vincent <i>Oscillatoria mougeotii</i> Kützing <i>Pseudanabaena</i> sp Lauterborn <i>Raphidiopsis</i> sp Fritsch Unicelulares/ Coloniais e Filamentosas < e > 20µm</p> <p>EUGLENOPHYTA <i>Euglena acus</i> Ehrenberg var. <i>acus</i> <i>Euglena ehrenbergii</i> Klebs var. <i>ehrenbergii</i> <i>Euglena pusilla</i> Playfair <i>Lepocinclis piriformis</i> Da Cunha <i>Mencidium</i> sp Perty <i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin <i>Phacus onyx</i> var. <i>symetrica</i> Tell ex Zalocar <i>Phacus oscillans</i> Klebs <i>Phacus suecicus</i> (Lemmermann) Lemmermann <i>Strombomonas</i> sp Deflandre <i>Strombomonas verrucosa</i> (Daday) Deflandre var. <i>zmiewika</i> <i>Trachelomonas abrupta</i> (Swirenko) Deflandre var. <i>abrupta</i> <i>Trachelomonas allia</i> Drezepolski <i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein emend. Deflandre <i>Trachelomonas hispida</i> var. <i>crenulatocollis</i> (Maskell) Lemmermann <i>Trachelomonas lacustris</i> Drezepolski var. <i>lacustris</i> <i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmermann var. <i>oblonga</i></p>
--	--

TABELA 5 - MÍNIMOS E MÁXIMOS DO FITOPLÂNCTON (célis/ml e mm³/l), CLOROFILA-A, DIVERSIDADE E RIQUEZA NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA E NAS ESTAÇÕES E1, E2, E3 E E4 – OUT/01 A SET/02.

PARÂMETROS	Passaúna (min-máx)	E1(min-máx)	E2 (min-máx)	E3 (min-máx)	E4 (min-máx)	
Chlorophyta	22,8 – 5515,7	22,8 – 4885,6	124,1 – 5380,8	1038,1 – 5515,7	38,8 – 2981,0	
Cryptophyta	0,0 – 141,5	0,0 – 141,5	0,0 – 137,0	1,5 – 73,1	0,0 – 134,7	
Cyanophyta	0,0 – 2178,9	0,0 – 986,3	0,0 – 1319,6	0,0 – 593,5	0,0 – 2178,9	
Dinophyta	0,0 – 100,5	0,0 – 100,5	0,0 – 77,6	0,0 – 85,2	0,0 – 79,9	
Euglenophyta	0,0 – 54,8	0,0 – 45,7	0,0 – 22,6	0,0 – 25,0	0,0 – 54,8	
Heterokontophyta	0,0 – 14534,9	0,0 - 2454,6	9,1 - 2370,7	77,0 – 1624,3	13,7 – 14534,9	
Densidade (célis/ml)	▪ Bacillariophyceae	▪ 0,0 – 14393,8	▪ 0,0 – 2420,7	▪ 3,0 – 2338,9	▪ 37,8 – 1540,0	▪ 13,7 – 14393,8
	▪ Chrysophyceae	▪ 0,0 – 1366,2	▪ 0,0 – 235,3	▪ 0,0 – 171,9	▪ 20,4 – 250,9	▪ 0,0 – 1366,2
	▪ Xanthophyceae	▪ 0,0 – 6,1	▪ 0,0 – 6,1	▪ 0,0 – 6,1	▪ n.d.	▪ n.d.
Monades e flagelados	0,0 – 212,6	0,0 – 212,6	0,0 – 122,1	0,0 – 132,7	0,0 – 49,8	
Fitoplâncton total	77,7 – 18173,4	135,9 – 5967,1	230,3 – 6544,6	1315,4 – 6881,6	77,7 – 18173,4	
▪ <i>Asterionella formosa</i>	▪ 0,0 – 13889,8	▪ 0,0 – 2298,2	▪ 0,0 – 2180,6	▪ 0,0 – 1346,2	▪ 0,0 – 13889,8	
▪ <i>Microcystis aeruginosa</i>	▪ 0,0 – 888,1	▪ 0,0 – 694,0	▪ 0,0 – 888,1	▪ n.d.	▪ n.d.	
▪ <i>Pediastrum simplex</i>	▪ 11,4 – 5369,6	▪ 11,4 – 4515,8	▪ 15,2 – 5127,6	▪ 645,2 – 5369,6	▪ 22,8 – 2808,1	
Chlorophyta	0,0 – 5,6	0,3 – 4,8	0,1 – 5,4	0,8 – 5,6	0,0 – 3,0	
Cryptophyta	0,0 – 0,2	0,0 – 0,2	0,0 – 0,2	0,0 – 0,1	0,0 – 0,2	
Cyanophyta	0,0 – 0,7	0,0 – 0,7	0,0 – 0,7	0,0 – 0,3	0,0 – 0,7	
Dinophyta	0,0 – 1,8	0,0 – 0,2	0,0 – 1,1	0,0 – 1,2	0,0 – 1,8	
Euglenophyta	0,0 – 1,3	0,0 – 1,3	0,0 – 0,1	0,0 – 0,2	0,0 – 0,9	
Heterokontophyta	0,0 – 9,3	0,0 – 1,4	0,0 – 1,3	0,01 – 1,2	0,1 – 9,3	
Biovolume (mm³/l)	▪ Bacillariophyceae	▪ 0,0 – 7,7	▪ 0,0 – 1,3	▪ 0,0 – 0,8	▪ 0,0 – 7,7	
	▪ Chrysophyceae	▪ 0,0 – 0,4	▪ 0,0 – 0,1	▪ 0,0 – 0,1	▪ 0,0 – 0,4	
	▪ Xanthophyceae	▪ 0,0 – 0,01	▪ 0,0 – 0,01	▪ 0,0 – 0,01	▪ n.d.	▪ n.d.
Monades e flagelados	0,0 – 0,02	0,0 – 0,02	0,0 – 0,01	0,0 – 0,01	0,0 – 0,0	
Fitoplâncton total	0,3 – 10,0	0,3 – 5,8	0,3 – 6,2	1,0 – 6,0	0,3 – 10,0	
▪ <i>Asterionella formosa</i>	▪ 0,0 – 7,8	▪ 0,0 – 1,3	▪ 0,0 – 1,2	▪ 0,0 – 0,8	▪ 0,0 – 7,8	
▪ <i>Microcystis aeruginosa</i>	▪ 0,0 – 0,4	▪ 0,0 – 0,4	▪ 0,0 – 0,4	▪ n.d.	▪ n.d.	
▪ <i>Pediastrum simplex</i>	▪ 0,2 – 5,5	▪ 0,2 – 4,7	▪ 0,2 – 5,3	▪ 0,7 – 5,5	▪ 0,2 – 2,9	
Clorofila-a (µg/l)	0,3 – 40,8	0,7 – 16,7	0,3 – 12,2	2,3 – 19,0	1,9 – 40,8	
Diversidade (bits/mm ³)	0,5 – 5,0	0,6 – 2,8	0,9 – 5,0	0,5 – 2,4	1,1 – 3,2	
Riqueza (táxons/amostra)	8 – 34	8 - 29	9 – 32	19 – 33	10 - 34	

* n.d. não detectado

FIGURA 10 - GRÁFICOS DE DENSIDADE NA ESTAÇÃO E1: FITOPLÂNCTON, CHLOROPHYTA, CYANOPHYTA, BACILLARIOPHYCEAE, CRYPTOPHYTA, CHRYSOPHYCEAE, DINOPHYTA E EUGLENOPHYTA - OUT/01 A SET/02.

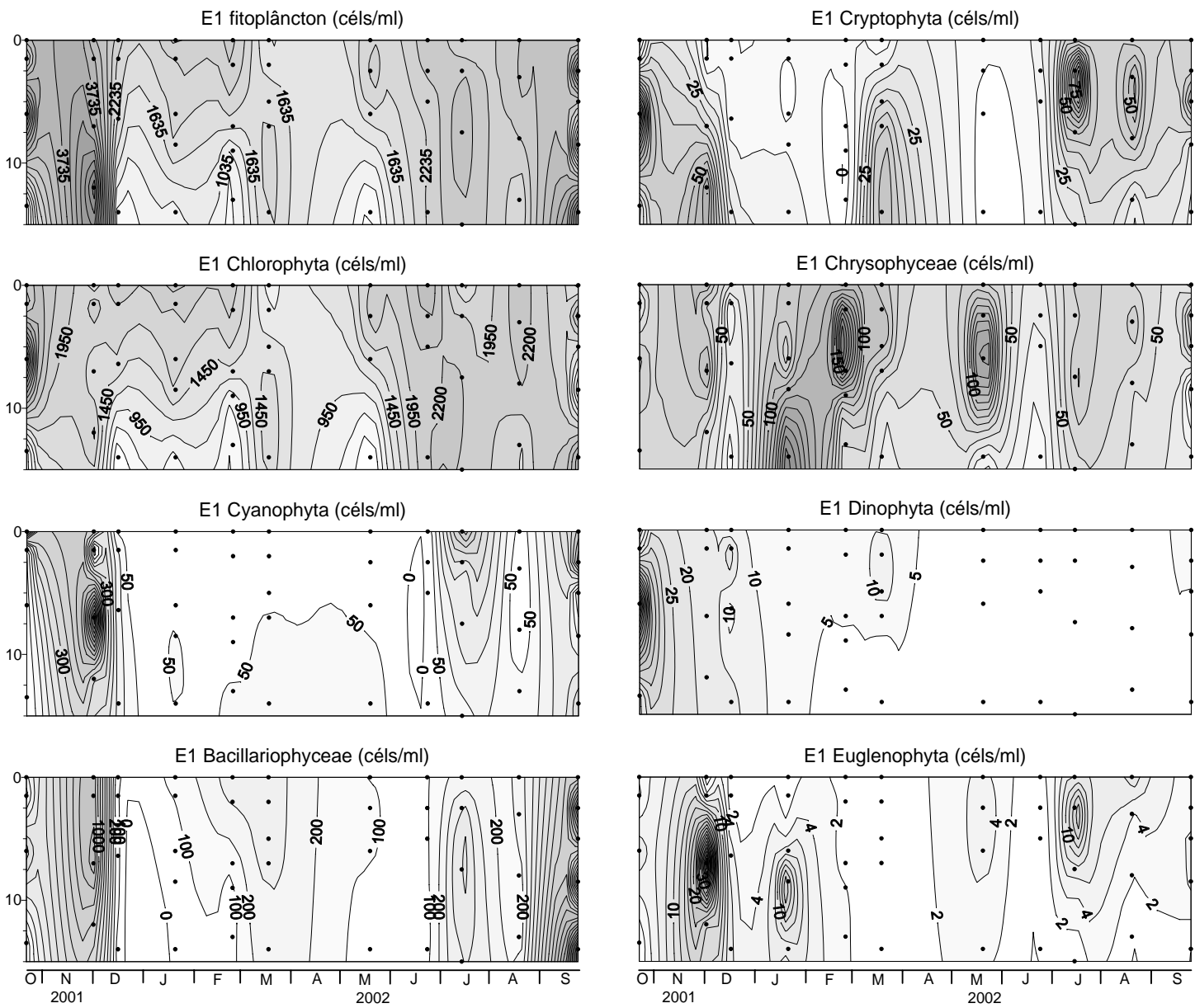


FIGURA 11 - GRÁFICOS DE BIOVOLUME NA ESTAÇÃO E1: FITOPLÂNCTON, CHLOROPHYTA, CYANOPHYTA, BACILLARIOPHYCEAE, CRYPTOPHYTA, CHRYSOPHYCEAE, DINOPHYTA E EUGLENOPHYTA - OUT/01 A SET/02.

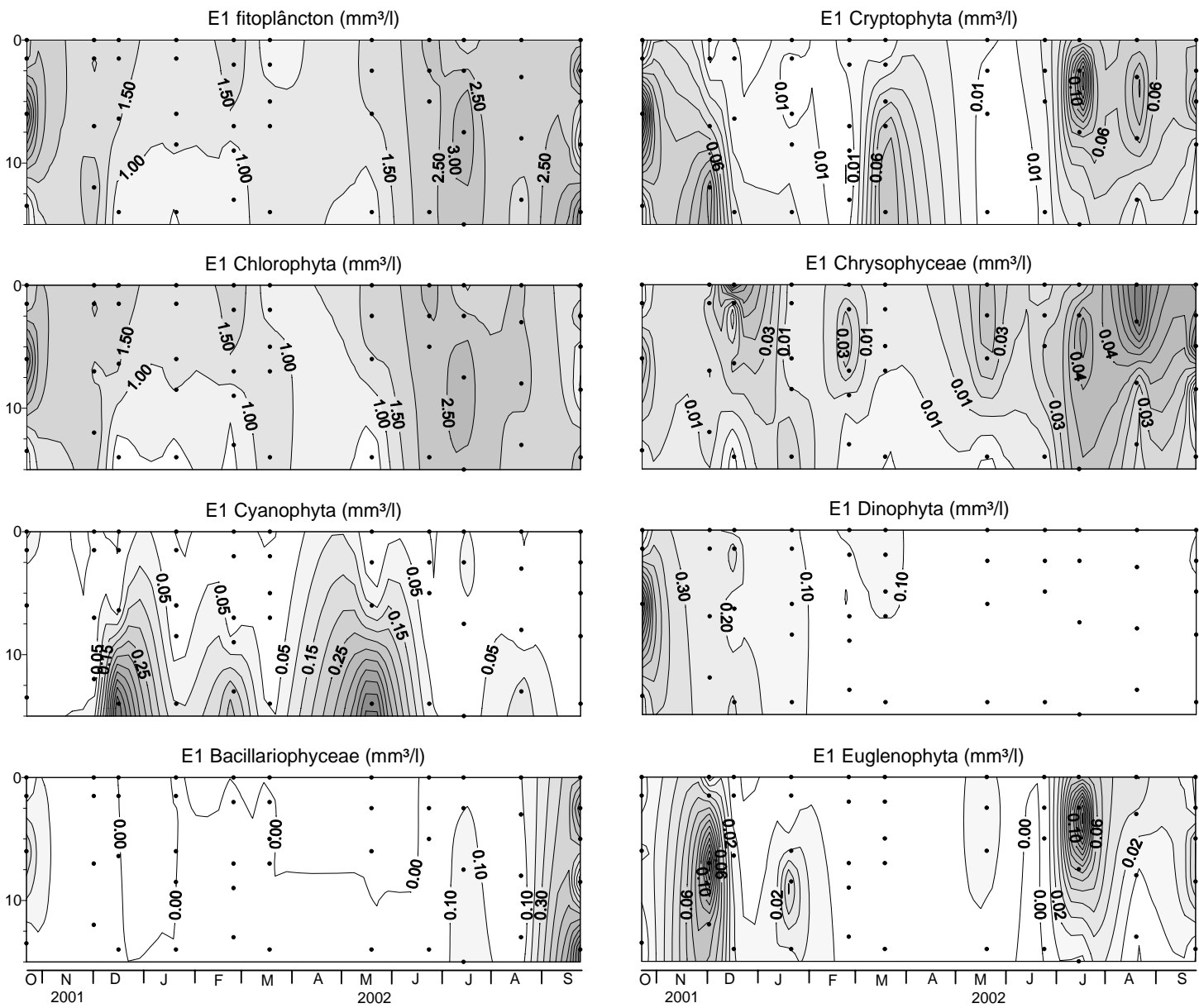


FIGURA 12 - GRÁFICOS DE DENSIDADE NA ESTAÇÃO E2: FITOPLÂNCTON, CHLOROPHYTA, CYANOPHYTA, BACILLARIOPHYCEAE, CRYPTOPHYTA, CHRYSOPHYCEAE, DINOPHYTA E EUGLENOPHYTA - OUT/01 A SET/02.

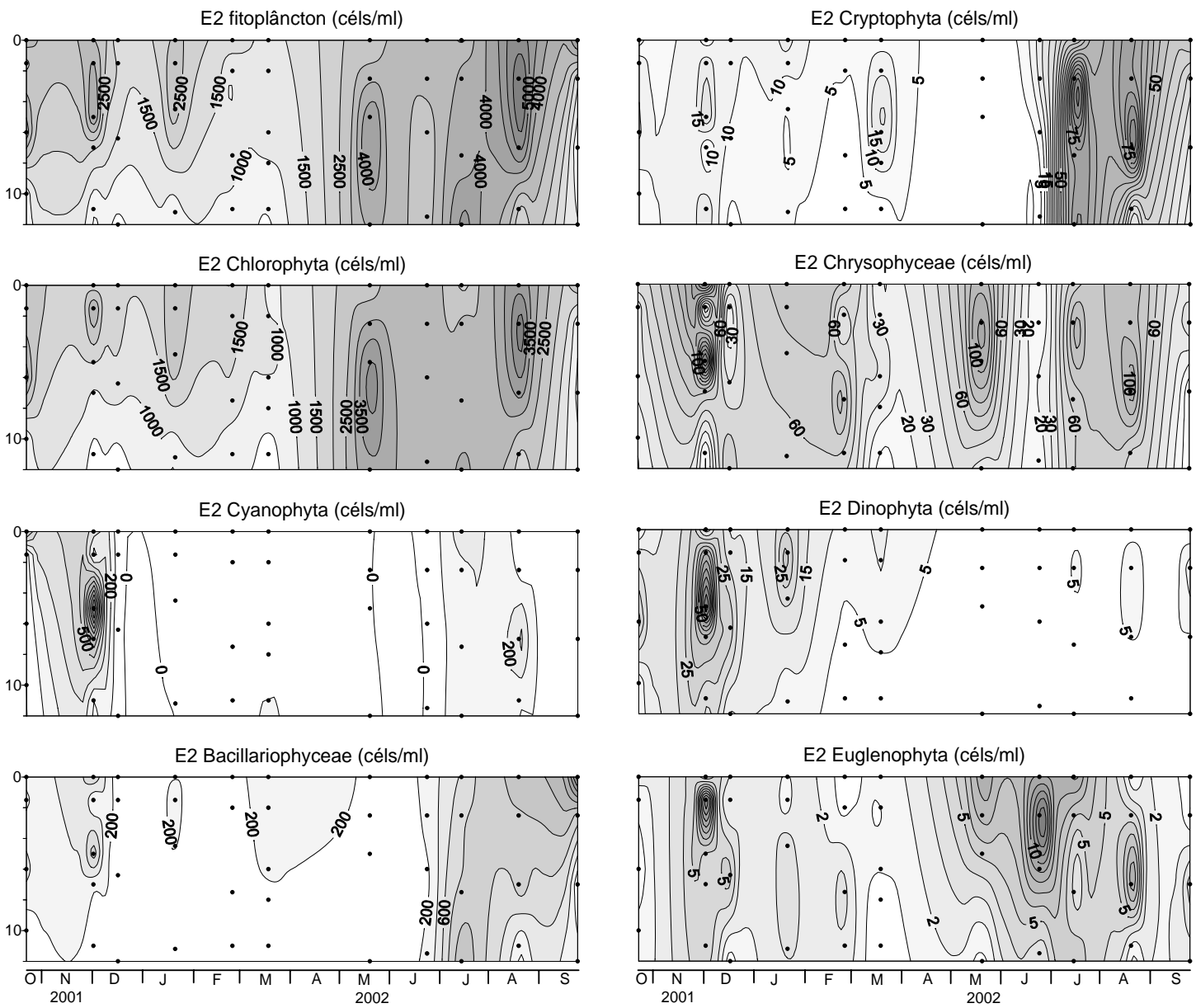


FIGURA 13 - GRÁFICOS DE BIOVOLUME NA ESTAÇÃO E2: FITOPLÂNCTON, CHLOROPHYTA, CYANOPHYTA, BACILLARIOPHYCEAE, CRYPTOPHYTA, CHRYSOPHYCEAE, DINOPHYTA E EUGLENOPHYTA - OUT/01 A SET/02.

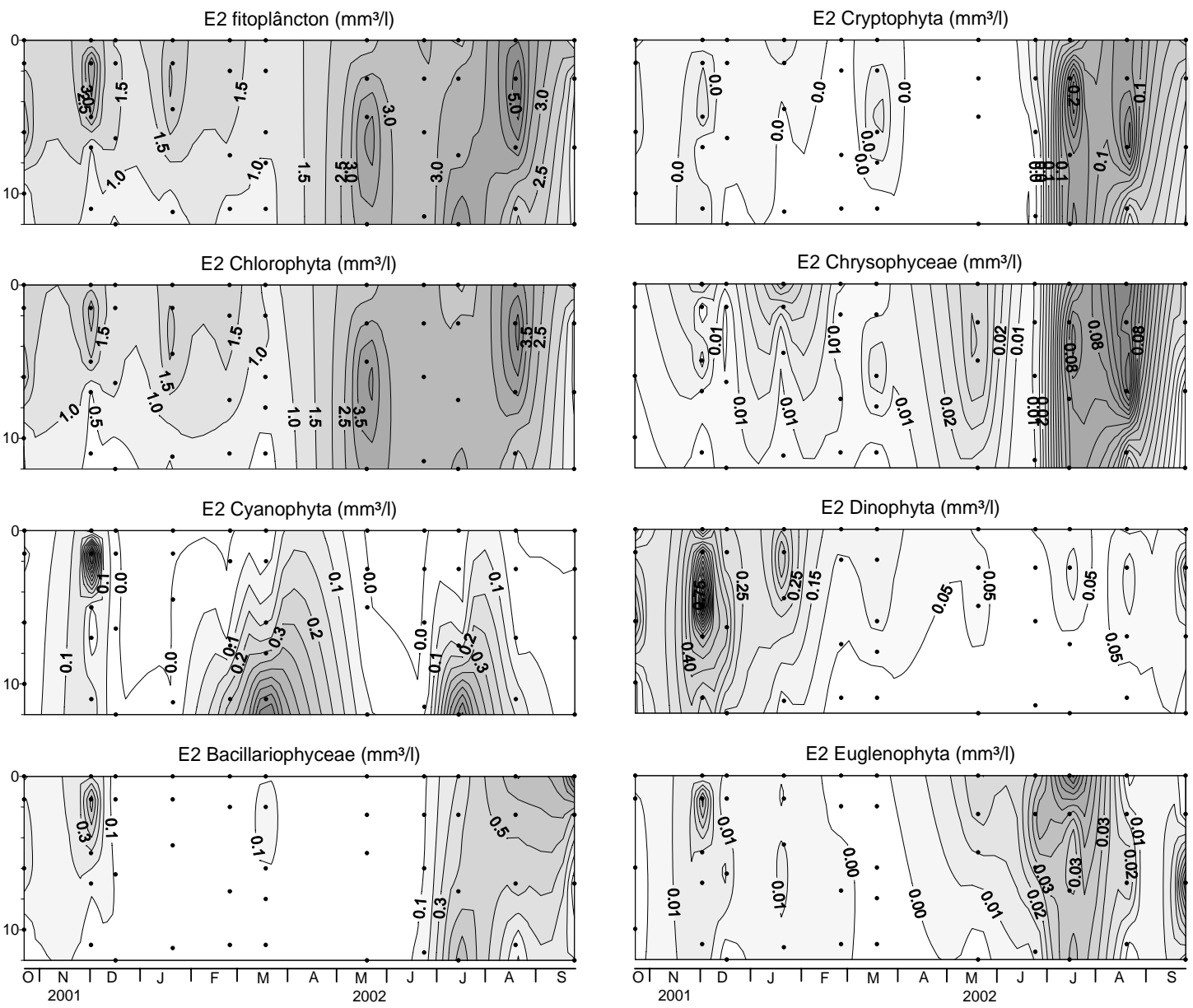


FIGURA 14 - GRÁFICOS DE DENSIDADE NA ESTAÇÃO E3: FITOPLÂNCTON, CHLOROPHYTA, CYANOPHYTA, BACILLARIOPHYCEAE, CRYPTOPHYTA, CHRYSOPHYCEAE, DINOPHYTA E EUGLENOPHYTA - OUT/01 A SET/02.

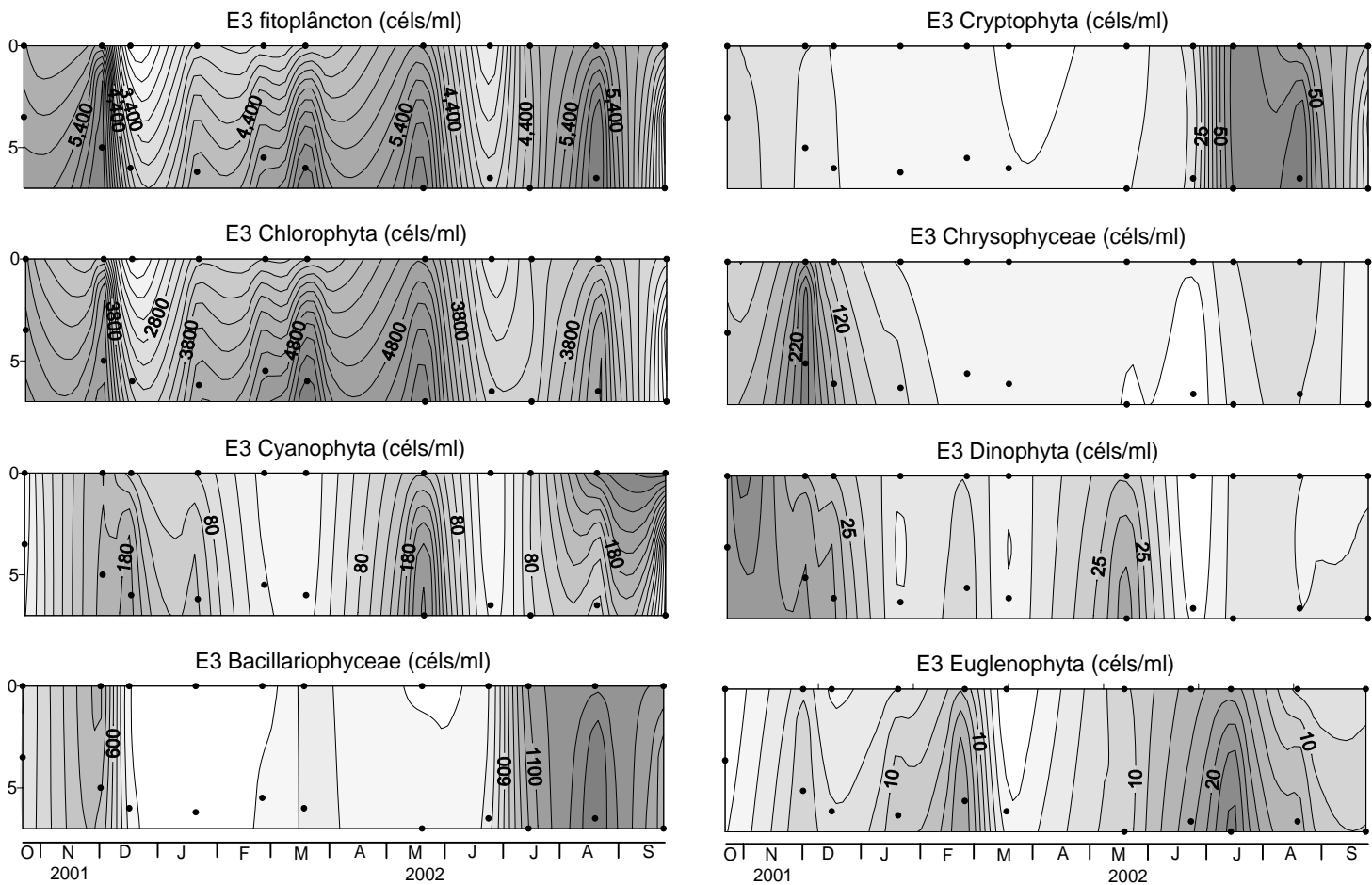


FIGURA 15 - GRÁFICOS DE BIOVOLUME NA ESTAÇÃO E3: FITOPLÂNCTON, CHLOROPHYTA, CYANOPHYTA, BACILLARIOPHYCEAE, CRYPTOPHYTA, CHRYSOPHYCEAE, DINOPHYTA E EUGLENOPHYTA - OUT/01 A SET/02.

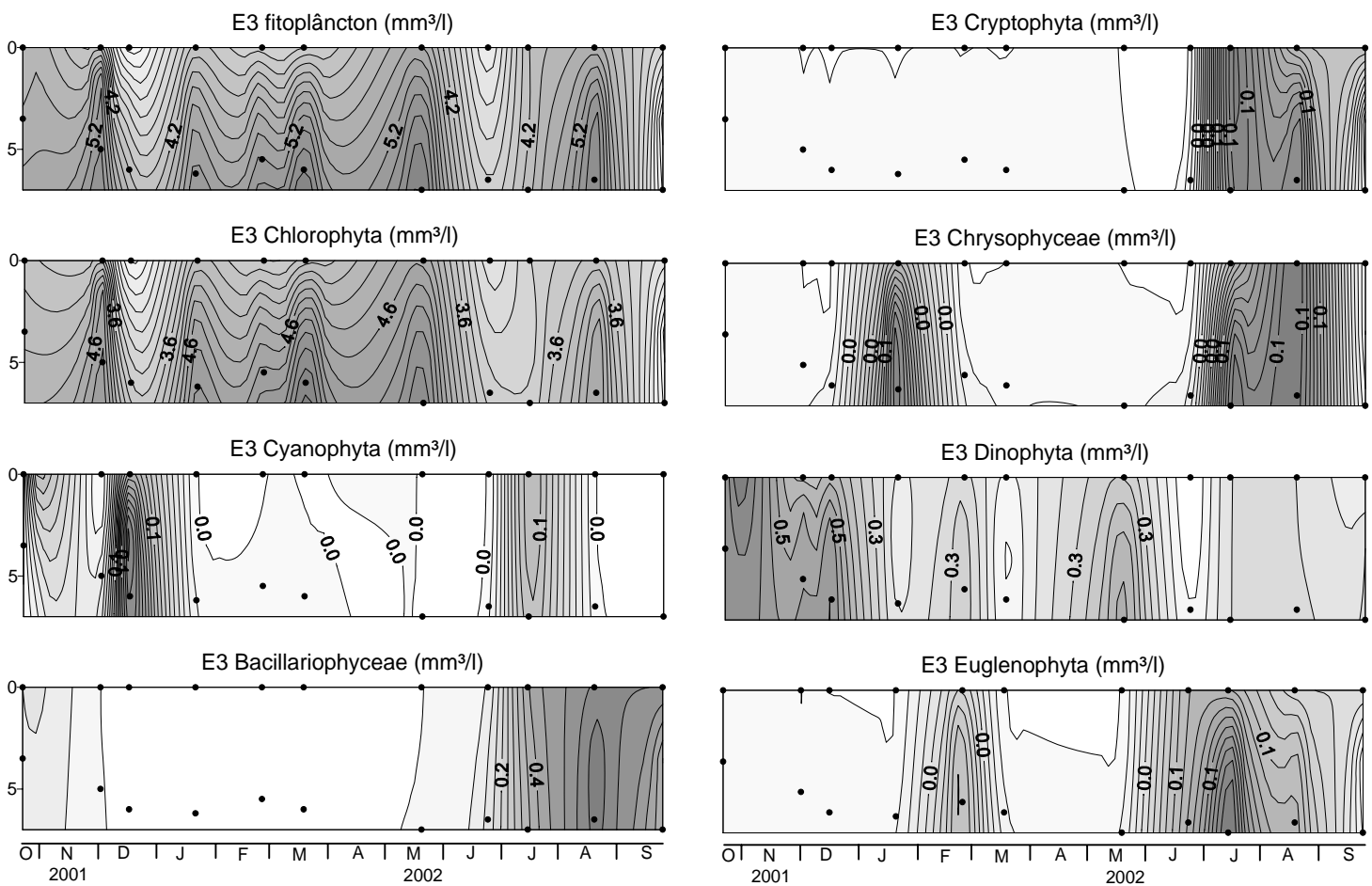


FIGURA 16 - GRÁFICOS DE DENSIDADE NA ESTAÇÃO E4: FITOPLÂNCTON, CHLOROPHYTA, CYANOPHYTA, BACILLARIOPHYCEAE, CRYPTOPHYTA, CHRYSOPHYCEAE, DINOPHYTA E EUGLENOPHYTA - OUT/01 A SET/02.

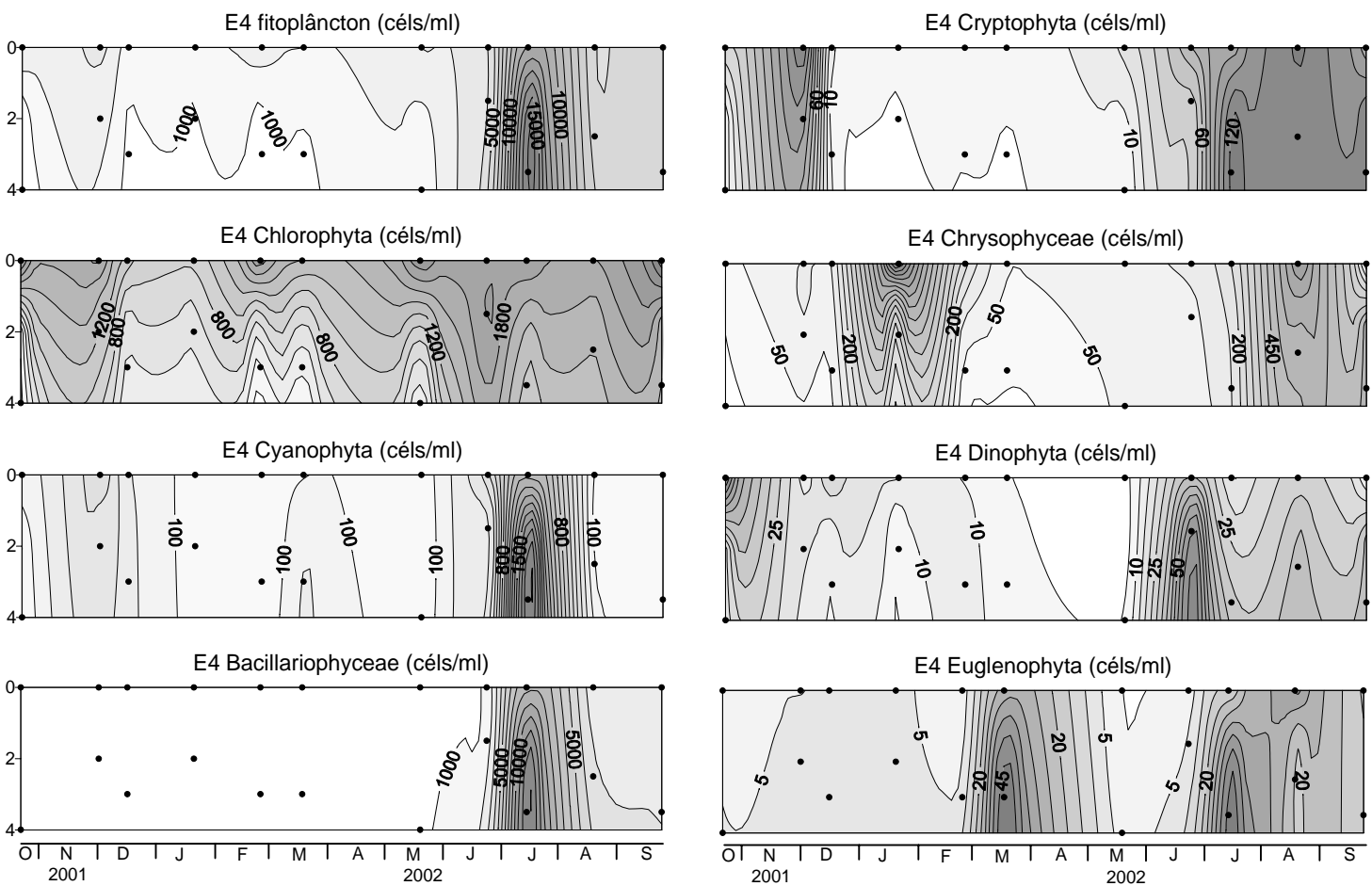


FIGURA 17 - GRÁFICOS DE BIOVOLUME NA ESTAÇÃO E4: FITOPLÂNCTON, CHLOROPHYTA, CYANOPHYTA, BACILLARIOPHYCEAE, CRYPTOPHYTA, CHRYSOPHYCEAE, DINOPHYTA E EUGLENOPHYTA - OUT/01 A SET/02.

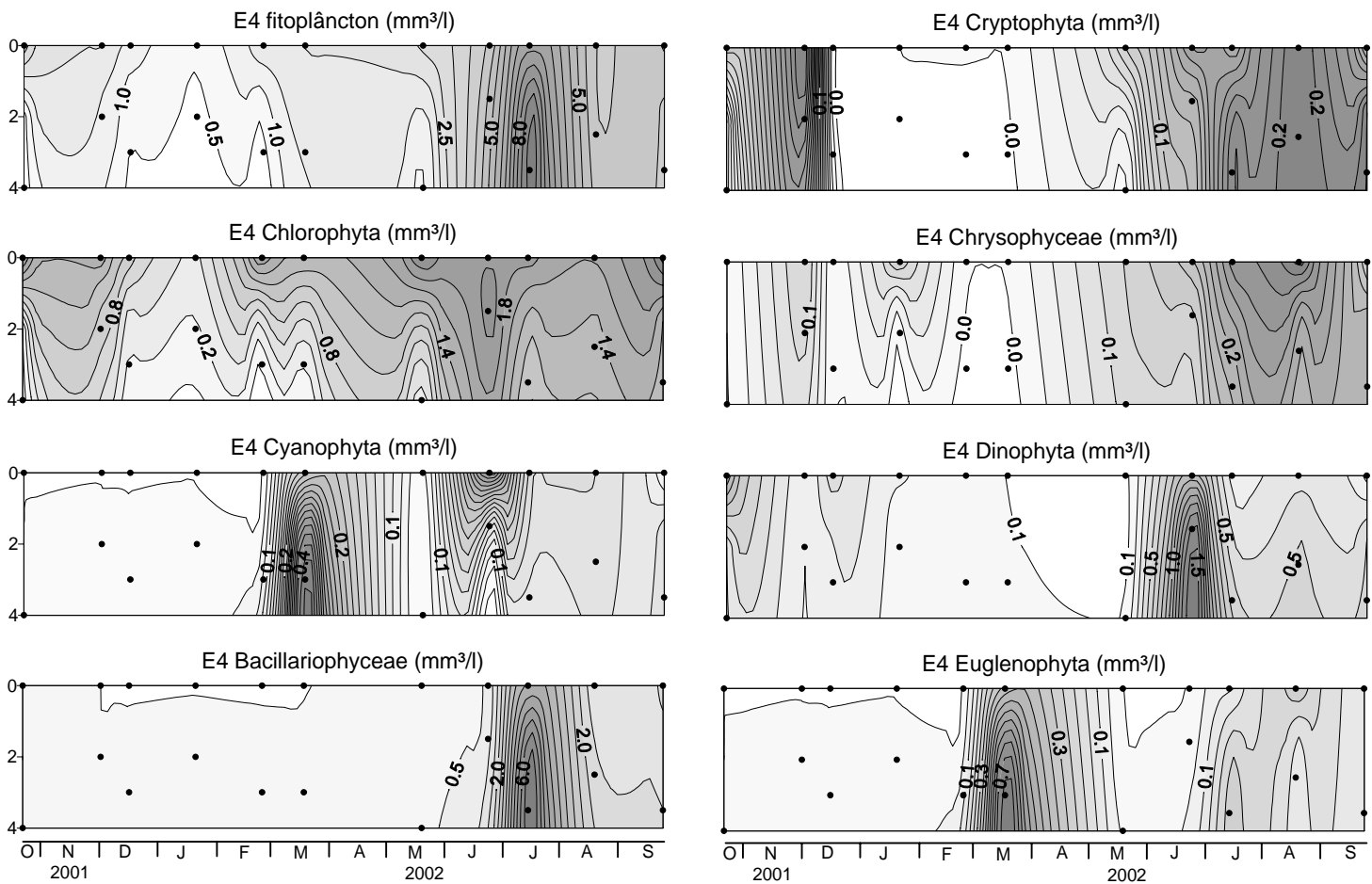


FIGURA 18 – GRÁFICOS DE *Pediastrum simplex*: DENSIDADE E BIOVOLUME NAS ESTAÇÕES E1, E2, E3 E E4 - OUT/01 A SET/02.

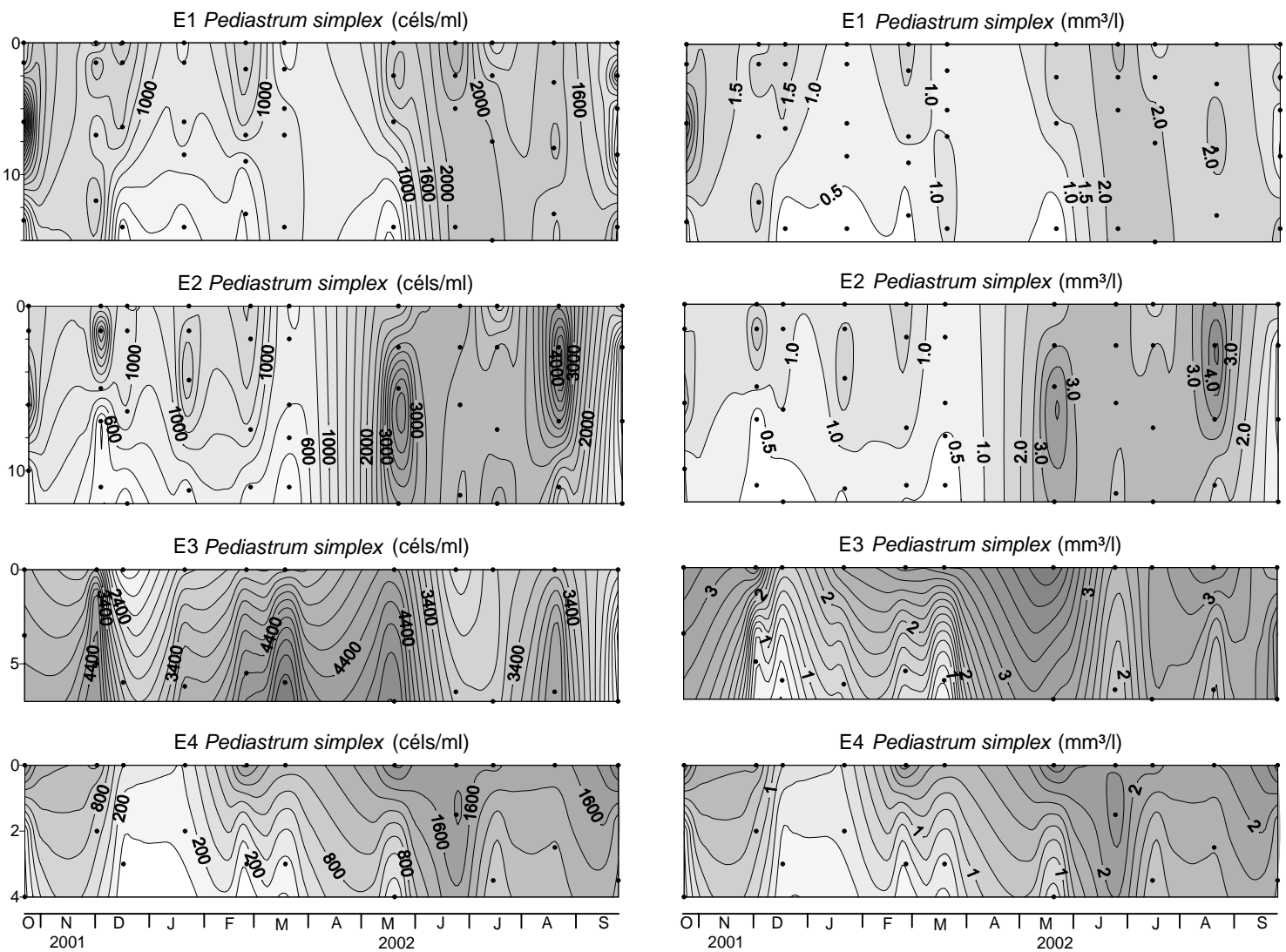


FIGURA 19 – GRÁFICOS DE *Asterionella formosa*: DENSIDADE E BIOVOLUME NAS ESTAÇÕES E1, E2, E3 E E4 - OUT/01 A SET/02.

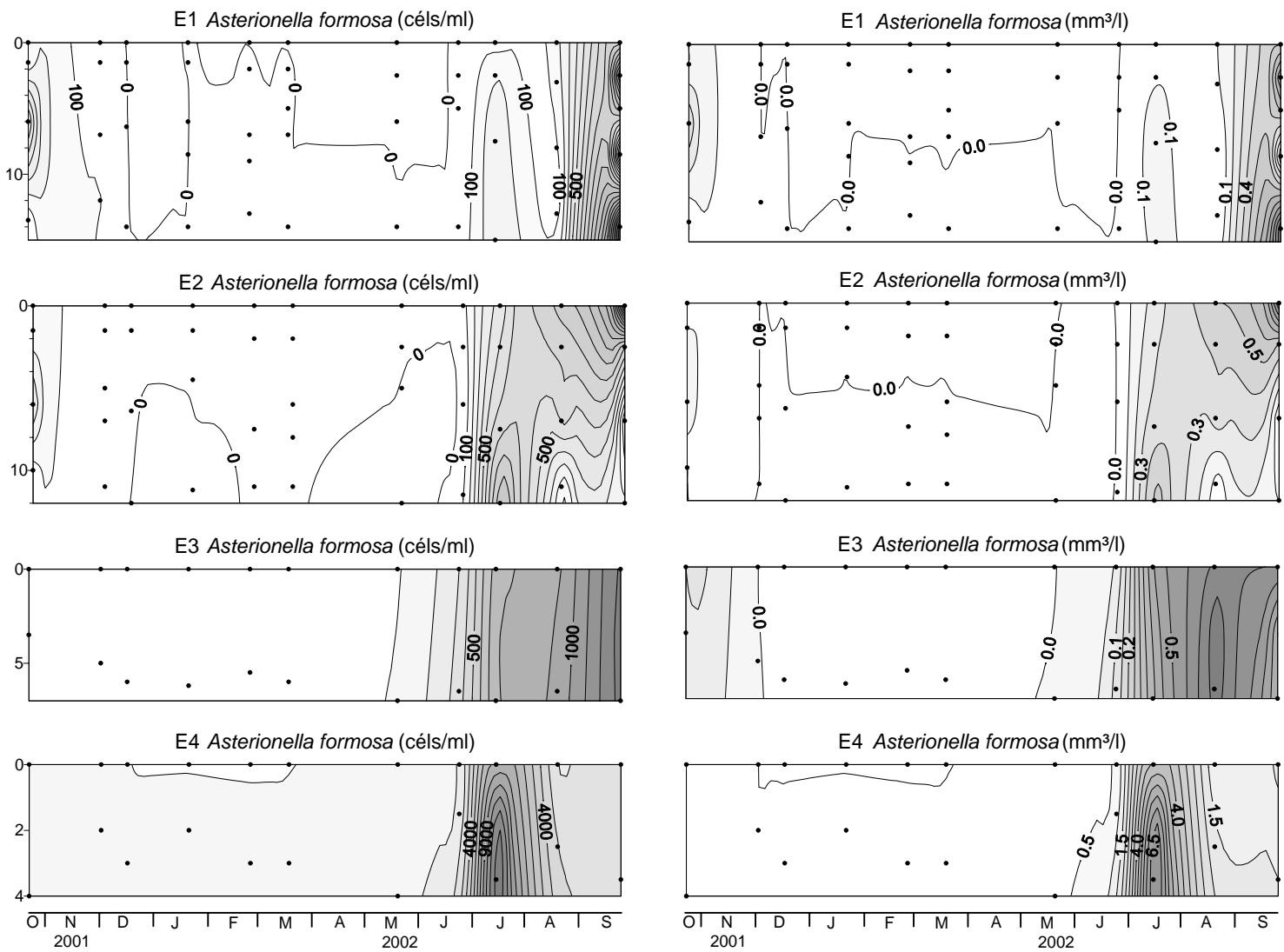


TABELA 6 – TÁXONS DESCRITORES, GRUPOS FUNCIONAIS E REPRESENTATIVIDADE (%) NA DENSIDADE E BIOVOLUME NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA – OUT/01 A SET/02.

Táxons	Grupo	Densidade	Biovolume
<i>Anabaena</i> spp	H2	1,2	>1
<i>Asterionella formosa</i>	C	13,7	8,5
<i>Aulacoseira</i> spp	C	1,3	1,1
Cianófitas filamentosas	S1	>1	1,9
Crisófitas biflagelada de 8 µm	X2	2,7	>1
<i>Cryptomonas</i> spp	Y	>1	1,6
<i>Cyclotella</i> spp	D	4,0	1,1
Diatomáceas penadas	D	>1	3,2
<i>Gomphosphaeria</i> sp	P	1,7	>1
<i>Gymnodinium</i> sp	Lo	>1	1,1
<i>Monoraphidium minutum</i>	X1	2,5	>1
<i>Pediastrum simplex</i>	J	56,3	65,0
<i>Peridinium cinctum</i>	Lo	>1	5,8
<i>Scenedesmus</i> spp	J	>1	1,2
<i>Staurastrum</i> spp	P	>1	2,7
<i>Thalassiosira</i> sp	D	1,6	>1

Legenda:

- C:** Algas de pequenos reservatórios, cuja água é homogênea e eutrófica. Resistem à alta luminosidade e à privação de carbono. Padecem pela falta de sílica e estratificação.
- D:** Algas de águas rasas, túrbidas, com influência lótica. Toleram correnteza e são sensíveis ao esgotamento dos nutrientes.
- H2:** Algas fixadoras de nitrogênio, que sobrevivem em baixas concentrações de nitrogênio, porém são afligidas quando há mistura e pouca luz.
- J:** Organismos de águas superficiais e eutróficas, que necessitam de muita luz.
- Lo:** Algas típicas de epilímnion mesotrófico. Suportam depleção de nutrientes, mas são sensíveis a prolongados períodos de mistura ou à camada de mistura muito profunda.
- P:** Microalgas de epilímnion rico em nutrientes. Toleram pouca luz e insuficiência de carbono. Sensíveis à estratificação e exaustão de sílica.
- S1:** Organismos de águas turvas e turbulentas. Suportam alta luminosidade e carência de nutrientes.
- X1:** Algas de águas rasas, ricas e homogêneas. Sofrem com a falta de nutrientes e herbivoria. Toleram estratificação.
- X2:** Algas de águas rasas, claras e mesotróficas. Sensíveis à mistura e à predação por organismos filtradores. Suportam estratificação.
- Y:** Organismos comuns e pequenos, presentes em águas ricas. Toleram baixa intensidade luminosa. Limitação por herbivoria.

Aulacoseira spp: *A. alpigena*; *A. ambigua* var. *ambigua*; *A. ambigua* var. *spiralis*; *A. granulata* var. *angustissima*; *A. granulata* var. *granulata*

Anabaena spp: *A. constricta*; *A. solitaria*; *A. spiroides*

Cryptomonas spp: *C. curvata*; *C. erosa*; *C. marssonii*; *C. pyrenoidifera*

Cyclotella spp: *C. pseudostelligera*; *C. stelligera*

Scenedesmus spp: *S. acuminatus* var. *acuminatus*; *S. acutiformis* var. *acutiformis*; *S. acutus* var. *acutus*; *S. cv aldavei*; *S. bellospinosusi*; *S. bicaudatus*; *S. ecornis*; *S. intermedius* var. *acaudatus*; *S. magnus*; *S. obtusus*; *S. opoliensis* var. *aculeatus*; *S. opoliensis* var. *bicaudatus*; *S. quadricauda*

Staurastrum spp: *S. chaetoceras*; *S. cristatum*; *S. curvimarginatum*; *S. gladiusum*; *S. johnsonii*; *S. leptocladum*; *S. longipes*; *S. octoverrucosum*; *S. rotula*

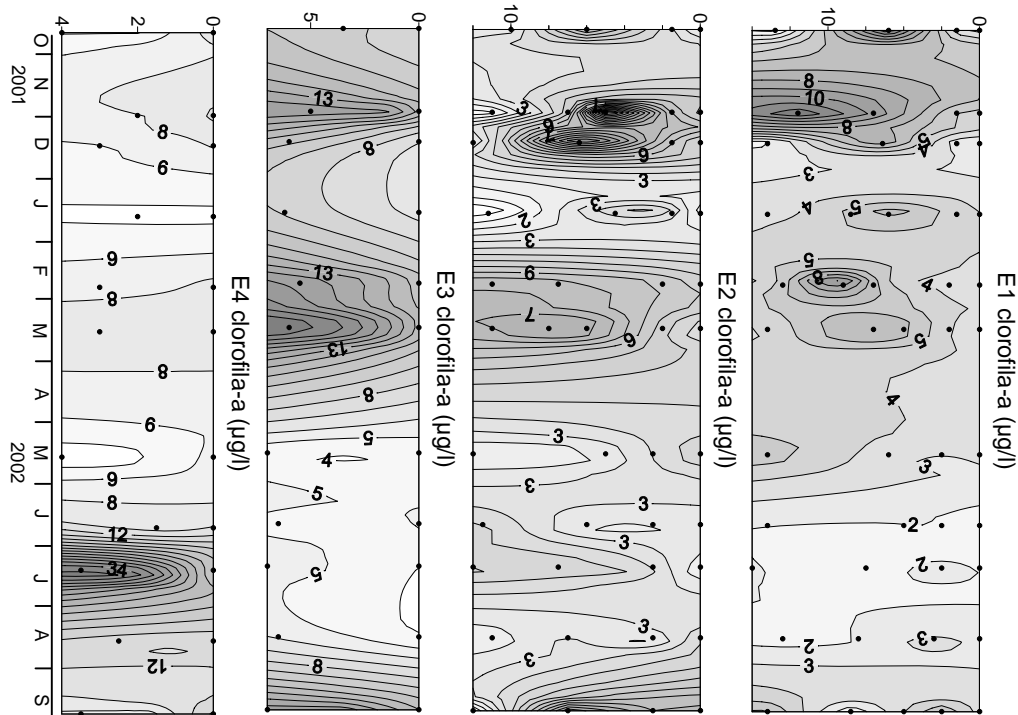


FIGURA 20 – GRÁFICOS DE CLOROFILA-A NAS ESTAÇÕES E1, E2, E3 E E4 – OUT/01 A SET/02.

4.5 CLOROFILA-A

A clorofila-a variou de 0,3 a 40,7 $\mu\text{g/l}$ (TABELA 5, FIGURA 20). Na primavera-verão, notou-se estratificação em E1 e E2, com maiores valores no epilímnion (1,8 a 5,0 $\mu\text{g/l}$) e base do metalímnion (7,4 a 16,7 $\mu\text{g/l}$), decrescendo no hipolímnion. No outono-inverno, a distribuição vertical foi homogênea e a concentração média foi 2,9 $\mu\text{g/l}$. Na E3, a clorofila-a oscilou de 2,3 a 19,0 $\mu\text{g/l}$, com máximos no fundo entre out/01 e mar/02. Na E4, o pico de 40,8 $\mu\text{g/l}$ em jul/02 coincidiu com o pico de *A. formosa*. Na E4, o mínimo foi 1,9 e máximo 15,8 $\mu\text{g/l}$, com pico de 40,8 $\mu\text{g/l}$.

4.6 DIVERSIDADE, RIQUEZA, ASSOCIAÇÕES E ESPÉCIES DESCRITORAS

A diversidade no reservatório variou de 0,5 a 5,0 bits/ mm^3 (TABELA 5). Na E1, a diversidade específica variou de 0,6 a 2,8 bits/ mm^3 , maior na primavera-verão e menor entre maio/02 e jun/02. Na E2, variou de 0,9 a 5,0 bits/ mm^3 , com máximos entre jul/02 e ago/02. Na E3, variou de 0,5 a 2,4 bits/ mm^3 , com mínimos em maio/02 e jun/02. Na E4, variou de 1,1 a 3,2 bits/ mm^3 , com máximos em dez/01 e jan/02.

A riqueza no reservatório foi de 8 a 34 táxons/amostra (TABELA 5). Na E1, a riqueza de espécies variou de 8 a 29 táxons/amostra, com valores mais elevados na primavera-verão. O máximo de 29 táxons/amostra ocorreu em dez/01. Na estação

E2, variou de 9 a 32 táxons/amostra, com máximos em jul/02. Na estação E3, variou de 19 a 33 táxons/amostra e na estação E4 de 10 a 34 táxons/amostra.

As dezesseis espécies descritoras do ecossistema foram aquelas que contribuíram com pelo menos 1% da densidade ou biomassa fitoplanctônica total (TABELA 6). As espécies foram enquadradas em dez associações: **C, D, H2, J, Lo, P, S1, X1, X2** e **Y**. Os organismos descritores foram: *P. simplex*, *M. minutum*, *Scenedesmus* spp, *A. formosa*, *Aulacoseira* spp, *Cyclotella* spp, *Thalassiosira* sp, diatomáceas penadas, *Anabaena* spp, *Gomphosphaeria* sp, cianófitas filamentosas, *P. cinctum*, *Gymnodinium* sp, crisofícea biflagelada de 8 μm e *Cryptomonas* spp.

4.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

PCA Zonação (TABELAS 7 e 8, GRÁFICOS 2 e 3): Trata-se do padrão de distribuição espacial dos parâmetros físico-químicos no reservatório Passaúna. As variáveis foram agrupadas em 4 tratamentos, que correspondem às quatro estações de coleta. Os dois primeiros eixos da ordenação foram significativos, com explicabilidade de 40% no eixo 1 e 23% no eixo 2. As amostras do hipolimnion das estações E1 e E2 foram agrupadas do lado negativo do eixo 1, associadas a elevados valores de alcalinidade, amônio, CO_2 e razão N:P. Do lado positivo do eixo 1 foram agrupadas as unidades do epilimnion das estações E1 e E2, associadas com maiores concentrações de oxigênio e altos valores de pH. O lado negativo do eixo 2 reuniu as unidades do epilimnion das estações E1 e E2, associadas às maiores profundidade da zona eufótica e temperaturas mais elevadas. O lado positivo do eixo 2 agregou as amostras da estação E4, associadas aos máximos de fosfato, silicato, nitrato e seston. As unidades da estação E3 ocorreram próximas ao ponto zero dos eixos, assim como as amostras de inverno das estações E1 e E2.

PCA E1 (TABELAS 7 e 8, GRÁFICO 4): Trata-se do padrão de distribuição espacial dos parâmetros físico-químicos na estação E1. As variáveis foram agrupadas em 11 tratamentos, que correspondem aos meses amostrados. Os dois primeiros eixos foram significativos, com 42% de explicabilidade no eixo 1 e 28% no eixo 2. As amostras de primavera-verão foram agrupadas do lado negativo do eixo 1, associadas a elevados valores de pH, oxigênio, temperatura e nitrato. Do lado positivo do eixo 1 foram agrupadas as unidades do outono-inverno, associadas com maiores concentrações de amônio e CO_2 . O lado negativo do eixo 2 reuniu unidades

associadas às maiores concentrações de silicato, nitrato e NID e o lado positivo agregou amostras associadas aos máximos de alcalinidade e transparência.

CCA E1 (TABELAS 7 e 8, GRÁFICO 5): Trata-se do padrão de distribuição espacial dos parâmetros físico-químicos e biológicos na estação E1. As correlações entre fatores abióticos e biovolume das espécies descritoras foram significativas, com 30% no eixo 1 e 14% no eixo 2. As unidades foram separadas sazonalmente: amostras de outono-inverno no lado positivo do eixo 1 estiveram associadas com amônio, CO₂ e NID. No lado negativo, concentraram-se unidades de primavera-verão, máximos de temperatura, pH, oxigênio e clorofila-a, além dos vetores de *Scenedesmus* spp, *Staurastrum* spp, *Cyclotella* spp e *P. cinctum*. No lado negativo do eixo 2, *P. simplex* e *A. formosa* estiveram associadas aos máximos de silicato e nitrato. No positivo, máximos de transparência e alcalinidade.

TABELA 7 - QUADRO DE ABREVIATURAS ADOTADAS PARA PCA E CCA.

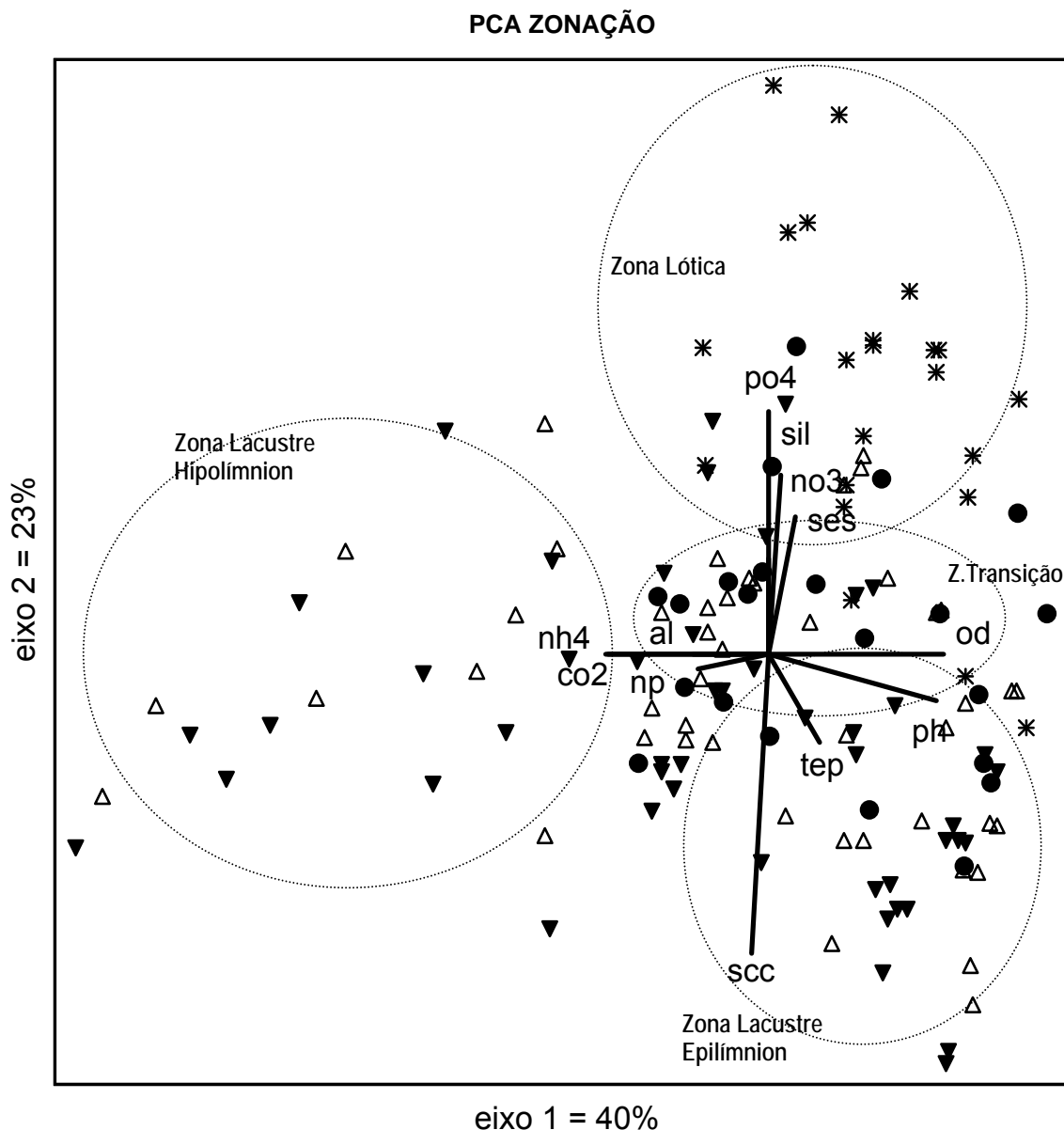
Meses	sigla	Táxons	sigla	Dados abióticos	sigla	Dados abióticos	sigla		
Outubro	ot	<i>P. simplex</i>	psim	Silicato	si	Saturação de CO ₂	co2		
Novembro	de	<i>Scenedesmus</i> spp	scen	Fosfato	po4	Seston	ses		
Dezembro	dz	<i>Staurastrum</i> spp	stau	Nitrato	no3	Estações			
Janeiro	ja	<i>Cyclotella</i> spp	cycl	Amônio	nh4				
Fevereiro	fv	<i>P. cinctum</i>	pcin	NID	nid			E1	1
Março	mr	<i>A. formosa</i>	afor	Relação N:P	np			E2	2
Abril	ab	Clorofila-a	clorf	Temperatura	tep	E3	3		
Maio	mi	Profundidades		Secchi	scc	E4	4		
Junho	jn	0,0 m	0	pH	ph				
Julho	jl	1,5 m	1	Alcalinidade	al				
Agosto	ag	6,0 m	6	Oxigênio dissolvido	od				
Setembro	st	13,5 m	13	Saturação de OD	od%				

TABELA 8 - RESULTADOS DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS – PCA ZONAÇÃO, PCA E1 e CCA E1. RESERVATÓRIO PASSAÚNA - OUT/01 A SET/02.

	RESULTADOS	EIXO 1	EIXO 2
Zonação	<i>Eigenvalue</i> (Autovalor)	28.397	16.376
	<i>Broken stick</i> (Linha de quebra)	18.332	12.425
	% Explicação	40.058	23.101
	% Explicação acumulada	40.058	63.159
PCA E1	<i>Eigenvalue</i> (Autovalor)	12.058	8.039
	<i>Broken stick</i> (Linha de quebra)	7.461	5.057
	% Explicação	41.795	27.863
	% Explicação acumulada	41.795	69.658
CCA E1	<i>Eigenvalue</i> (Autovalor)	0.372	0.169
	% Explicação	29.2	13.3
	% Explicação acumulada	29.2	42.5
	Correlação Pearson (espécie-ambiente)	0.824	0.881
	Teste de Monte Carlo (p)		
	<i>Eigenvalue</i> (Autovalor)	0.020	0.020
Correlações espécie-ambiente	0.020	0.010	

GRÁFICO 2 – PCA ZONAÇÃO. ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA – OUT/01 A SET/02.

Legenda: Os símbolos representam as estações, sendo (▼) E1; (△) E2, (●) E3 e (*) E4.
As abreviaturas das variáveis ambientais foram apresentadas na TABELA 7.



Esta PCA delimita claramente 3 zonas horizontais no reservatório, além de revelar uma distribuição vertical sazonal influenciada pela circulação e estratificação na zona lântica. Para determinar os fatores abióticos que afetaram a zonação, basta analisar os eixos que se orientam para as amostras. Por exemplo, as maiores concentrações de amônia, CO_2 e alcalinidade foram responsáveis pela separação da zona lacustre e de um típico hipolimnion. Os grandes círculos pontilhados destacam grosseiramente as amostras que determinaram a zonação. As amostras localizadas na região central constituem a Zona de Transição, basicamente formada pela estação E3. Além disso, nesta área do gráfico estão as amostras das estações na Zona Lântica durante o período de circulação e conseqüente homogeneização do reservatório.

GRÁFICO 3 – PCA ZONAÇÃO. ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS NO RESERVATÓRIO PASSAÚNA – OUT/01 A SET/02.

Legenda: O primeiro número das unidades (2st12; 4jn0) corresponde à estação de coleta E1, E2, E3 e E4. Os meses foram abreviados da seguinte forma: ja = janeiro, fv = fevereiro, mr = março, mi = maio, jn = junho, jl = julho, ag = agosto, st = setembro, ot = outubro, de e dz = dezembro. O segundo número (2st12; 4jn0) corresponde à profundidade (Exemplo: 1st0= estação E1, setembro, superfície). As abreviaturas das variáveis ambientais foram apresentadas na Tabela 7.

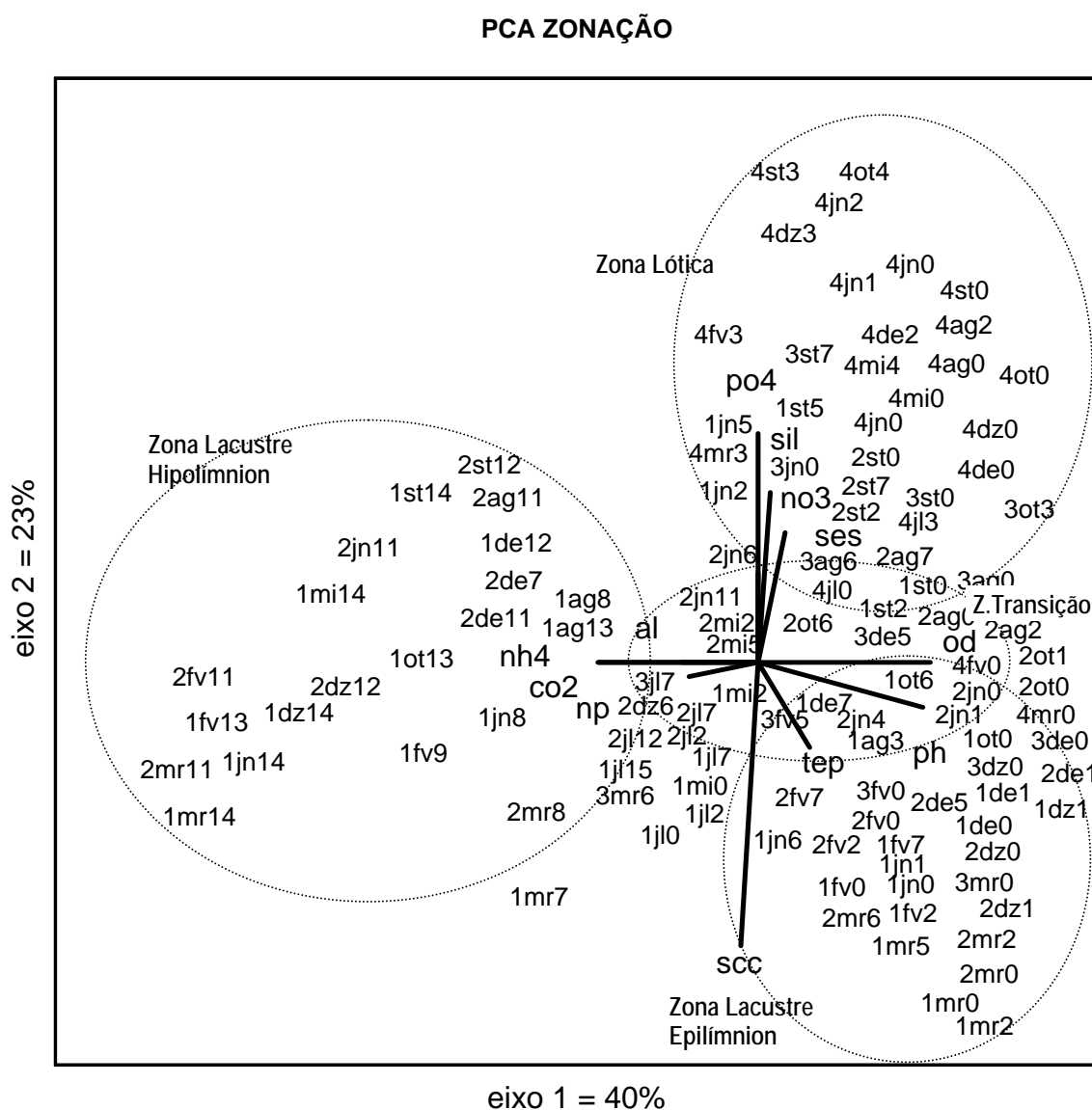


GRÁFICO 4 – PCA DA VARIAÇÃO ANUAL DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS NA ESTAÇÃO E1 - OUT/01 A SET/02.

Legenda: O número 1 (1mr2; 1jn8) refere-se à estação de coleta E1. Os meses foram abreviados da seguinte forma: ja = janeiro, fv = fevereiro, mr = março, mi = maio, jn = junho, jl = julho, ag = agosto, st = setembro, ot = outubro, de e dz = dezembro. O segundo número (1mr2; 1jn8) corresponde à profundidade coletada (Ex: 1st0= amostragem na E1, em setembro, na superfície). As abreviações das variáveis ambientais foram apresentadas na Tabela 7.

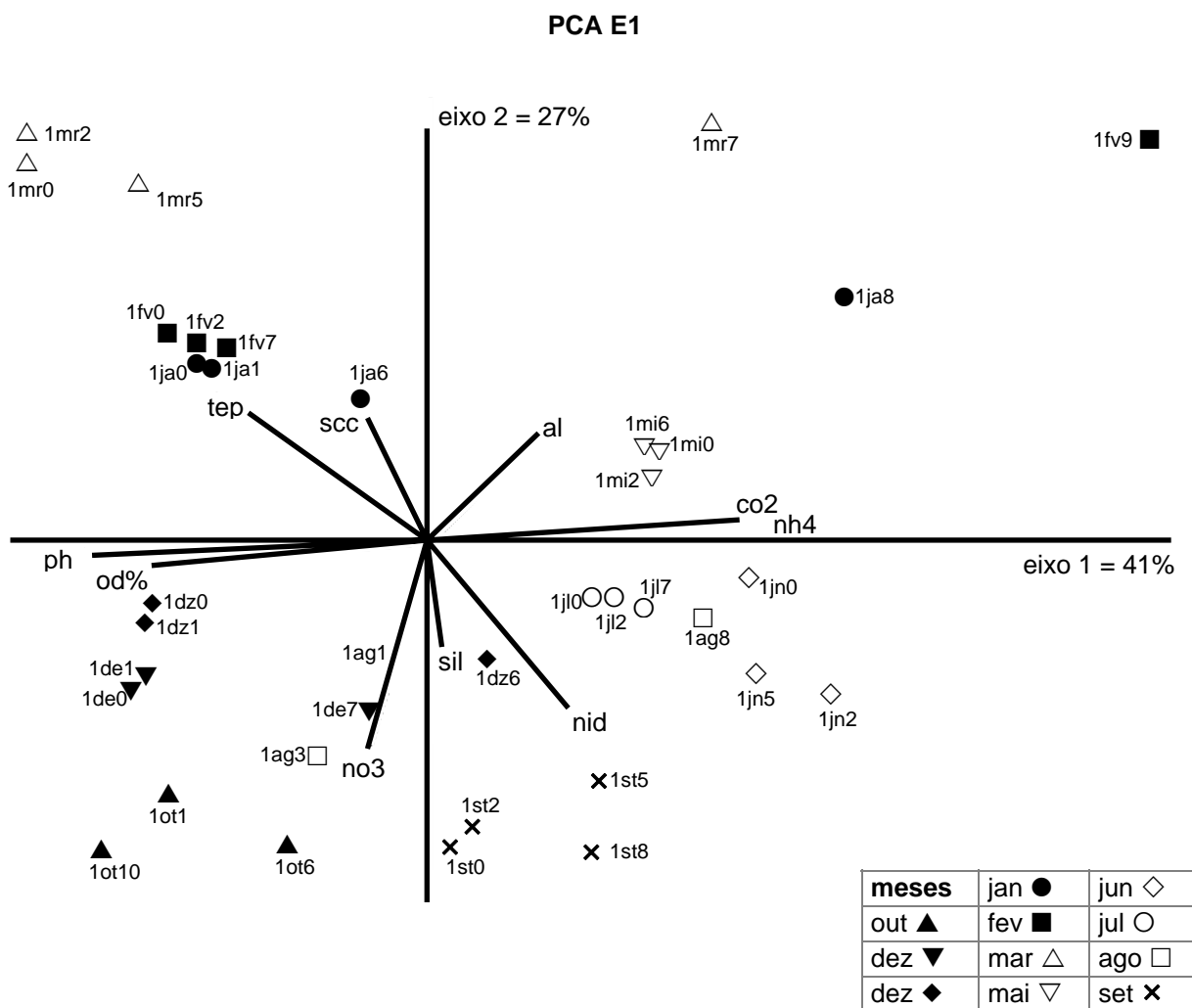
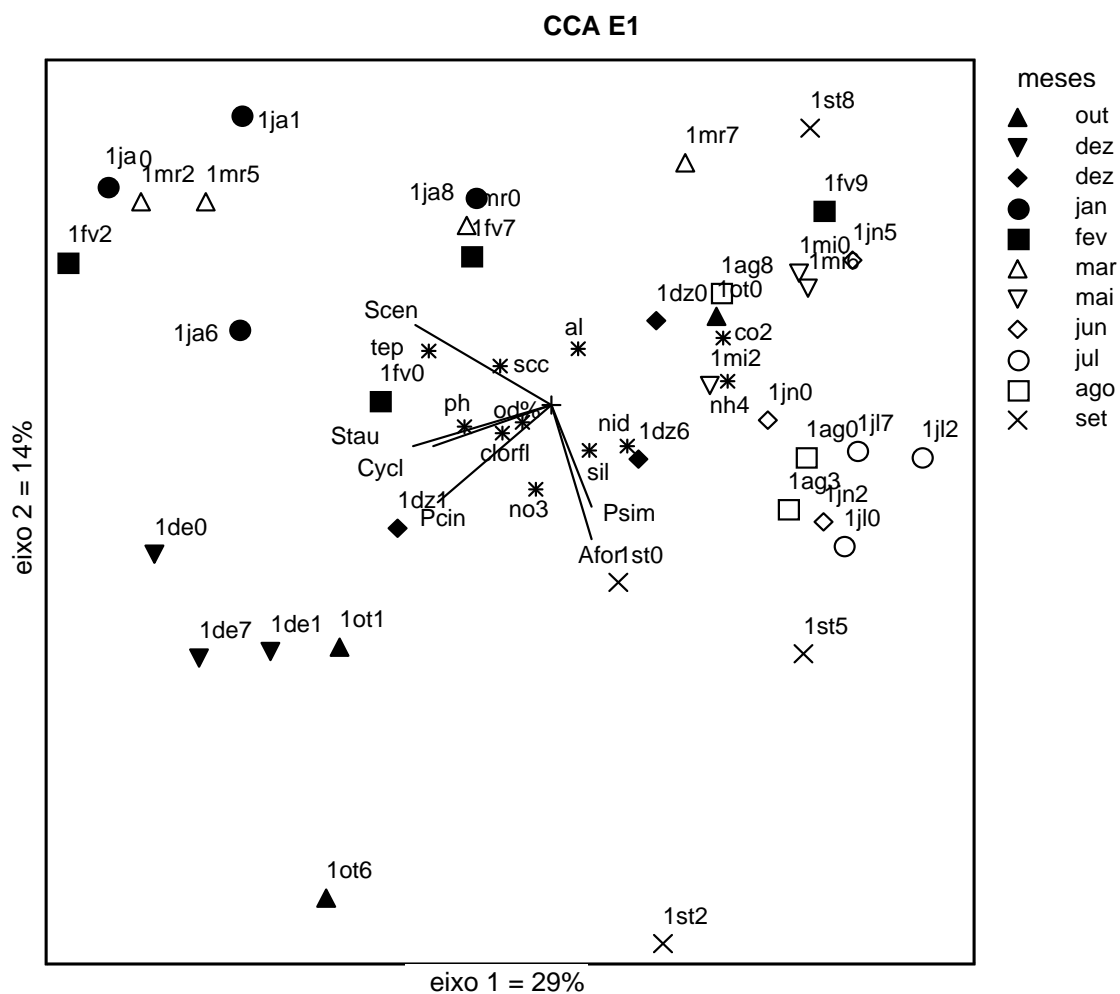


GRÁFICO 5 – CCA E1. ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA DA VARIAÇÃO ANUAL DAS ESPÉCIES DESCRITORAS E PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS NA ESTAÇÃO E1 - OUT/01 A SET/02.

Legenda: Os vetores correspondem às espécies descritoras significativas. As estrelas representam os parâmetros abióticos. O número 1 corresponde à estação de coleta E1. Os meses foram abreviados da seguinte forma: ja = janeiro, fv = fevereiro, mr = março, mi = maio, jn = junho, jl = julho, ag = agosto, st = setembro, ot = outubro, de e dz = dezembro. O segundo número corresponde à profundidade coletada (EX: 1st0= amostragem na E1, em setembro, na superfície). As abreviações das variáveis ambientais e biológicas foram apresentadas na Tabela 7.



5 DISCUSSÃO

5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS

O reservatório Passaúna classifica-se como monomítico quente, com verão marcado pela estratificação térmica e química e circulação total da coluna de água durante o inverno (LEWIS, 1983, ESTEVES, 1998; WETZEL, 1993). Tal classificação não se aplica a estação E4, próxima à cabeceira do reservatório, com constante homogeneidade e forte influência lótica. A estratificação e a circulação afetaram as condições físicas e químicas do reservatório, além da variação do fitoplâncton. A estratificação térmica ocorreu na primavera-verão, de out/01 a mar/02. Este processo físico se iniciou quando o calor da atmosfera foi conduzido para as águas do lago, formando termoclinas ou camadas horizontais com a mesma temperatura, que foram diminuindo em direção às maiores profundidades. Nestas condições, três regiões foram formadas: epilímnion, metalímnion e hipolímnion. A mistura da coluna de água se deu de abr/02 a set/02, período de outono-inverno, porque houve diminuição de temperatura, associada à maior intensidade dos ventos e à menor incidência de raios solares (GOLDMAN e HORNE, 1983; WETZEL, 1993). O padrão observado no reservatório Passaúna foi similar ao relatado para o reservatório Piraquara. Nos três reservatórios que fornecem água para a Grande Curitiba ocorre pelo menos uma estratificação durante o verão. O reservatório Piraquara I classifica-se como monomítico quente (COQUEMALA, 2003; ZEHNDER-ALVES, 2003) e o reservatório Iraí como polimítico quente (ANDREOLI e CARNEIRO, 2003).

A estrutura de temperatura observada na coluna de água das estações E1 e E2 resultou de complicadas e interdependentes forçantes (FORD, 1990). O gradiente térmico superfície-fundo durante o verão chegou a 10°C nas estações profundas, diferença suficiente para gerar forte gradiente e produzir estratificação (ESTEVES, 1998). Além da temperatura, os fatores que influenciaram a formação, força, extensão e duração da estratificação foram a densidade da água, intensidade da radiação solar, morfometria do reservatório e turbulência, gerada pelas correntes de advecção e ventos.

O acompanhamento dos parâmetros físicos e químicos foi importante para caracterizar a zonação do reservatório, enquadrando as estações de coleta de acordo com KIMMEL e GROEGER (1984). THORNTON, KIMMEL e PAYNE (1990)

comentaram que, apesar da dificuldade para estabelecer o limite entre essas zonas, é possível definir algumas características utilizando a dinâmica dos nutrientes. As correlações entre as variáveis físicas e químicas obtidas com as ordenações de PCA nos GRÁFICOS 2 e 3 ajudaram a propor a zonação no reservatório Passaúna entre out/01 e set/02. Os dados meteorológicos não foram utilizados, pois atingiram com a mesma intensidade toda a área do reservatório. Nos gráficos 2 e 3 foi possível determinar a zonação com a seguinte segregação: (i) estação E4; (ii) estações E1 e E2, (iii) estação E3, que corresponderam às zonas (i) lótica, (ii) lêntica e (iii) de transição. Além desta separação, os gráficos permitiram visualizar a separação entre epilímnion e hipolímnion nas estações E1 e E2.

A estação E4 foi associada às elevadas concentrações de silicato, fosfato, nitrato e seston e aos mínimos de transparência, indicando sua natureza lótica. As águas do rio Passaúna promovem um aporte constante de nutrientes e seston, reduzindo a transparência da água. O vetor temperatura, nestes gráficos indicando a estratificação, foi negativamente associado, corroborando a constante homogeneidade da água. Esta caracterização concordou com o descrito em literatura para regiões temperadas (THORNTON, KIMMEL e PAYNE, 1990).

As amostras das estações E1 e E2 foram agrupadas de acordo com a sua natureza lêntica, com separação entre epilímnion, hipolímnion e amostras de outono-inverno. O epilímnion se caracterizou pela maior temperatura, transparência e concentração de oxigênio, pH alcalino e progressiva redução na concentração de nutrientes (GRÁFICOS 2 e 3) causada, inclusive, pelo consumo do fitoplâncton. O hipolímnion apresentou temperaturas menores e, ao mesmo tempo, inferiores às sobrejacentes; elevadas concentrações de amônio, maior alcalinidade, alta saturação de gás carbônico, hipoxia ou anoxia e pH mais ácido. As amostras de outono-inverno das estações E1 e E2, assim como a maioria das amostras da estação E3, ficaram agrupadas próximas ao ponto zero dos eixos (GRÁFICOS 2 e 3) por causa da homogeneidade da coluna de água. Em comum, apresentaram moderadas concentrações de nutrientes, temperatura homogênea, concentrações médias de oxigênio, saturação de gás carbônico, alcalinidade e amônio.

Considerando que houve diferença entre as estações lênticas e as estações E3 e E4, organizou-se a discussão dos nutrientes e do fitoplâncton de acordo com a

variação espacial horizontal e vertical, além da distribuição temporal. Contudo, a caracterização do reservatório Passaúna como um todo foi comentada a seguir.

A variação anual dos nutrientes no reservatório Passaúna resultou da interação entre fatores externos, como chuvas, e internos, como consumo pelo fitoplâncton. Os dados de precipitação mostraram que as chuvas foram bem distribuídas ao longo do ano, com máximos no verão. As concentrações de fósforo e nitrogênio tenderam a elevar-se nos períodos de maior precipitação, que coincidiram com o verão. No período mais chuvoso, realmente houve aporte de material alóctone trazido pelas chuvas. Entretanto, a precipitação abundante também gerou um efeito diluidor, mais evidente no epilímnion da zona lântica.

As concentrações de nutrientes no reservatório Passaúna foram elevadas ao longo de todo o período de estudo, mesmo na estação seca. Estas observações indicaram que as entradas de esgoto não tratado, chorume, adubos e de outras fontes poluidoras foram importantes fornecedoras de nutrientes para o reservatório, principalmente nas épocas mais secas (inverno). A carga poluidora tendeu a ser contínua e constante ao longo do ano. Por outro lado, a circulação de inverno proporcionou o enriquecimento de toda a zona eufótica, quando os nutrientes tornam-se disponíveis (TUNDISI, 1984; TUNDISI & HENRY, 1986).

Nas estações E1 e E2, a distribuição vertical dos nutrientes foi fortemente influenciada pelos eventos de estratificação e circulação. A disponibilidade de nutrientes para o fitoplâncton foi gradualmente mais reduzida conforme a estratificação se acentuou, entre dez/01 e mar/02. A escassez de nutrientes no epilímnion foi associada ao consumo pelo fitoplâncton paralelamente à não-ressuspensão e retenção no fundo. Isso é comum em reservatórios monomíticos e dimíticos (TUNDISI, 1984; TUNDISI, 1990; BARBOSA et al, 1998; COQUEMALA, 2003; ZEHNDER-ALVES, 2003) e em lagos (TUNDISI e HENRY, 1986; HENRY, 1990; DÍAZ-PARDO, VAZQUEZ e LÓPEZ-LÓPEZ, 1998; SCHELSKE, ALDRIDGE e KENNEY, 1999). Apesar de contribuírem para a reposição de nutrientes no epilímnion, as chuvas de verão acabaram gerando um efeito diluidor, acentuando ainda mais o gradiente químico vertical. O efeito diluidor da chuva foi relatado por HENRY e TUNDISI (1982), em uma represa oligotrófica no Estado de São Paulo. Durante a estratificação, os máximos de nutrientes concentraram-se principalmente no sedimento de fundo do hipolímnion, concordando com o observado por CARACO, COLE e LIKENS (1993). A

situação mudou a partir de abr/02, quando houve desestratificação causada pela redução da temperatura atmosférica. No período frio, a camada de mistura atingiu as maiores profundidades do lago, implicando na circulação e disponibilização dos nutrientes até então retidos no hipolímion. Na zona lântica, a circulação de inverno foi considerada uma provedora importante de nutrientes para o crescimento do fitoplâncton (THORNTON, 1990). A mistura total da coluna de água destacou-se como a principal fonte de enriquecimento da zona eufótica nas estações E1 e E2. Na estação E1, a distribuição vertical dos nutrientes também pode ter sido afetada pela operação do reservatório (TUNDISI, 1984; THORNTON, KIMMEL e PAYNE, 1990), porém este impacto não foi observado.

Num reservatório como o Passaúna, cujo eixo longitudinal é maior que o transversal, a entrada prioritária de nutrientes ocorreu na zona lótica, pela influência do rio. Com águas ricas e bem oxigenadas, o rio Passaúna é um sistema de fluxo turbilhonado que evita a sedimentação dos nutrientes (STRASKRABA e TUNDISI, 1999). Este aporte gerou uma constante desestabilização na cabeceira do reservatório. Uma parte desses nutrientes ficou associada às partículas suspensas ou sólidos em suspensão que foram carreados pelo fluxo. Quando a intensidade do fluxo lótico diminuiu, as perdas por sedimentação ficaram mais evidentes. Nas estações E3 e E4 foram registradas concentrações elevadas de nutrientes (exceto amônio) ao longo do ano todo, provenientes principalmente do rio Passaúna.

Uma fonte adicional de nitrogênio no Passaúna provém de adubos e fertilizantes que foram utilizados ao redor do reservatório (SUREHMA, 1991; PMC, SMS e DAS, 1996; COMEC e SEPLA, 1997; SUDERHSA, 1997; SANEPAR, 2000). Os dados de nutrientes indicaram que não houve limitação de crescimento do fitoplâncton por nitrogênio, considerando a relação N:P (REYNOLDS, 1984). Por outro lado, a razão N:P maior que 30 indicou que o fitoplâncton sofreu limitação por fósforo (CARMOUZE, 1994; SCHELSKE, ALDRIDGE e KENNEY, 1999), principalmente nas estações E1 e E2. Durante a estratificação, a razão N:P no epilímion chegou a quase 500, mostrando explicitamente o desequilíbrio entre nitrogênio e fósforo. O hipolímion apresentou relação mais compensada devido às elevadas concentrações de amônio e maiores concentrações de fosfato. A relação N:P se tornou mais equilibrada no período de circulação, favorecendo o crescimento do fitoplâncton.

Nas estações E1 e E2, o acúmulo de nitrito em profundidades determinadas na zona fótica pode estar associada à atividade biológica de decomposição. A concentração no Passaúna foi baixa, com máximo de 36,8 µg/l. WETZEL (1993) comenta que apenas concentrações acima de 100 µg/l indicam poluição orgânica acentuada. Portanto o nitrito indicou que não houve poluição acentuada no epilímnion, o que pode ser evidenciado inclusive com o GRÁFICO 4. Entretanto, o acúmulo de nitrito na zona eufótica indicou haver decomposição ocorrendo de forma concentrada neste ponto e conseqüente maior disponibilidade de nutrientes. Nestas estações, os acúmulos detectados na base do metalímnion foram coincidentes com picos de abundância fitoplanctônica, com maior participação de cianófitas filamentosas, euglenófitas, criptófitas e dinoflagelados. Isto sugeriu que as espécies capazes de regular a sua posição na coluna de água foram favorecidas (SANDGREN, 1988).

O fósforo foi liberado através da decomposição e de reações no hipolímnion, especialmente durante a estratificação, em reações catalisadas pelo pH mais ácido (WETZEL, 1993; ESTEVES, 1998) típico desta camada de água (GRÁFICO 2 e 3). Desta forma, o maior estoque de fósforo no verão não foi disponível para o fitoplâncton. O fósforo que entrou no ecossistema pelas águas do rio também sofreu perdas até chegar às estações lânticas. O elemento pode se combinar com a argila e acabar sedimentando. A liberação do fosfato do sedimento para a água pode ser facilitada durante as condições de anoxia ou hipoxia durante períodos estratificados (LEWIS, 1996; ESTEVES, 1998; CHALAR & TUNDISI, 1999), situação que caracterizou o fundo do reservatório, explicando o acréscimo de fosfato relacionado a baixas concentrações de oxigênio.

Uma das razões para explicar a menor disponibilidade de fósforo nas estações E1 e E2 é o próprio consumo algal. A taxa de absorção está relacionada ao crescimento fitoplanctônico. Desta forma, organismos de rápido crescimento e metabolismo, como o *Pediastrum simplex*, consomem rapidamente o fósforo disponível, tornando-o um elemento limitante. Parte desse consumo também é atribuído ao consumo em excesso, realizado por algumas espécies presentes nas águas do Passaúna, como *Anabaena* spp. A constante de saturação de cada espécie também acaba se somando para explicar a ausência do nutriente. Neste caso, quanto maior a taxa de saturação (K), mais nutrientes o organismo retira das águas para se manter (SANDGREN, 1988; WETZEL, 1993).

Pouco fósforo nas estações E1 e E2 implicou na queda da concentração de clorofila-a e densidade fitoplanctônica, aumentando a transparência da água e conseqüente zona eufótica até o metalímnion. Os acúmulos de biomassa na base do metalímnion também foram favorecidos pelo aumento da zona fótica, permitindo a produção primária pela maior disponibilidade de nutrientes na presença de luz.

Nas estações E3 e E4, onde não houve limitação de fósforo, o aumento da concentração coincidiu com o período seco de inverno. A menor precipitação somada ao aporte incessante de poluentes acabou enriquecendo e concentrando nutrientes nas águas da estação E4, refletindo em máximos de densidade e biomassa. Neste período de breve estiagem ocorreu um pico de fósforo de 20 µg/l. A concentração média de fosfato foi 8,5 µg/l, o dobro da média registrada para as estações E1 e E2. Esta taxa elevada de fosfato propiciou o crescimento de flagelados maiores de 20 µm, como *Trachelomonas* spp, *Strombonomas* sp, *Peridinium cinctum*, *Peridinium umbonatum*, *Gymnodinium* sp e *Cryptomonas* spp.

O silicato tende a tornar-se limitante ao crescimento das diatomáceas quando as concentrações são menores do que 0,5 mg/l (LUND, 1965, AGBETI et al., 1997). Isto não aconteceu no Passaúna, cuja concentração mínima foi 1056,6 µg/l. Desta forma, o silicato não deve ter sido limitante em nenhum período do ano nas diferentes estações de coleta. Os máximos favoreceram o desenvolvimento mais intensivo das diatomáceas nos períodos de mistura. Na estação E4, o silicato entre 2200,0 e 3600,0 µg/l e a turbulência favoreceram o crescimento intensivo de *Asterionella formosa*. Os picos entre 4000,0 e 4500,0 µg/l de silicato suportaram quase 14 mil céls/ml de *A. formosa* em agosto de 2002. MABERLY et al. (1994) comentou que a disponibilidade de 1000,0 µg/l de silicato pode suportar um crescimento de 12 a 13 mil céls/ml de *A. formosa* (REYNOLDS, 1997).

Os valores de clorofila-a entre out/01 e set/02 foram menores do que os registrados em anos anteriores. Esta queda foi relacionada principalmente à ausência de florações de *Microcystis aeruginosa*. Os dados encontrados pelo IAP (1999, 2001) oscilaram de 1,48 à 15,8 µg/l na estação E1 e de 1,48 à 22,4 µg/l na E4.

A oscilação de clorofila-a no Passaúna foi fortemente influenciada por *P. simplex*, cuja taxa de fixação de carbono durante a fotossíntese é alta, refletindo em grande concentração de clorofila-a por volume celular (HAPPEY-WOOD, 1988). Na estação E4 o pico de clorofila-a coincidiu com o crescimento intensivo de *A. formosa*.

5.2 FITOPLÂNCTON

O padrão espacial e sazonal da comunidade fitoplanctônica no reservatório Passaúna dependeu de uma série de fatores que regularam o seu desenvolvimento e a sua sucessão, tais como suspensão na coluna de água, luz, temperatura, micronutrientes, competição e herbivoria (WETZEL, 1993). Os organismos apresentaram diferentes taxas de produção, concentração de pigmentos, enzimas e relação superfície/volume. Assim, as respostas das espécies representaram uma eficiência adaptativa a uma combinação de características (MARGALEF, 1983).

A variação espacial do fitoplâncton é tridimensional, abrangendo a distribuição vertical e horizontal (HAPPEY-WOOD, 1988). A migração vertical ativa foi bem documentada em algas flageladas, sendo mais acentuada em pequenas profundidades ou em condições de calmaria.

A distribuição das microalgas no reservatório ao longo do ano foi influenciada pelo comportamento da coluna de água (ESTEVES, 1998), que se encontrou estratificada ou homogênea. Para cada situação, a comunidade sofreu mudanças que afetam a sua abundância e a composição das espécies. Em um ambiente com limitação de nutrientes, por exemplo, a capacidade de sobreviver com níveis menores do que os exigidos por outros organismos pode significar o sucesso de uma determinada alga, pois a disponibilidade de certos recursos pode atuar como um fator limitante ao crescimento da comunidade.

As células do fitoplâncton têm densidade maior que a densidade da água. Com a estratificação no verão, os organismos tenderam a afundar rapidamente. ESTEVES (1998) afirmou que quando a temperatura da água está elevada, maior será a taxa e velocidade de sedimentação. Entretanto, a flutuabilidade pode ser beneficiada com algumas adaptações morfológicas.

A distribuição vertical da comunidade fitoplanctônica nas estações E1 e E2 foi homogênea na coluna de água ao longo do inverno, refletindo as condições térmicas típicas de lagos subtropicais monomíticos quentes (LEWIS, 2000; ESTEVES, 1998). Os efeitos combinados da turbulência gerada pelos ventos, mais intensos nesta época, e a redução da temperatura promoveram a circulação do reservatório.

A distribuição vertical heterogênea do fitoplâncton ocorreu especialmente quando a coluna de água é mais estável. A maior problemática das condições climatológicas do verão verificada nas estações E1 e E2 foi o fato de não

disponibilizar, ao mesmo tempo, nutrientes e luz. Os nutrientes, praticamente retidos no hipolímnion, se tornaram escassos para os grupos. Para algumas cianófitas, a concentração de fósforo total na água pode ser um fator limitante ao crescimento do grupo, assim como baixas concentrações de nitrato e desequilíbrio na relação N:P. As diatomáceas, espécies mais competitivas do reservatório quando em condições de turbulência, não foram abundantes em condições de calmaria. No verão, a densidade específica de uma diatomácea, maior que de outras algas com as mesmas dimensões devido à deposição de sílica na frústula, aumenta a sua taxa de sedimentação, retirando as células do epilímnion. Algumas dessas relações podem ser percebidas no GRÁFICO 5.

As estações E3 e E4, rasas, tenderam a ter maior desenvolvimento regular do fitoplâncton por causa de sua maior suscetibilidade a fatores externos como ventos, gerando mistura e homogeneidade. A constante turbulência favoreceu o desenvolvimento de diatomáceas, grupos flagelados e clorófitas do gênero *Scenedesmus*, que ocorreu em maior abundância nesta estação. Várias espécies de *Scenedesmus* são consideradas típicas de rios (HAPPEY-WOOD, 1988) ou de ambientes com influência lótica, com águas ricas em nutrientes (REYNOLDS, 1984).

Os resultados sugeriram que os grupos de menor participação na densidade e biomassa algal, como Euglenophyta, Chrysophyceae e Cryptophyta, coexistiram com os grupos dominantes nas camadas mais superficiais ou dominaram nas maiores profundidades iluminadas. As euglenófitas e crisofíceas conseguiram absorver pequenas concentrações de nutrientes no epilímnion. Por possuírem flagelo, se beneficiaram de acúmulos na zona eufótica. Conforme encontrado no reservatório Piraquara (COQUEMALA, 2003; ZEHNDER-ALVES, 2003), euglenófitas e criptófitas apresentaram certa limitação de crescimento no inverno devido à baixa temperatura da água associada à menor intensidade luminosa.

5.2.1 Cyanophyta

As espécies de Cyanophyta presentes no Passaúna apresentaram uma composição similar aquelas indicadoras de lagos eutrofizados, onde predominam gêneros como *Microcystis*, *Cylindrospermopsis* e *Anabaena* (BROOKES, GANF e BURCH, 1998; REYNOLDS, 1998; SANT'ANNA e AZEVEDO, 2000; CHEN et al, 2003; TSUJIMURA e OKUBO, 2003; FERNANDES e LAGOS, 2003; FERNANDES, LAGOS e

VENTURA, 2003; LATOUR et al., 2004). As cianófitas são bem representadas em ambientes lacustres e podem apresentar dominância, especialmente em lagos eutrofizados devido as suas estratégias de sobrevivência. Muitas cianófitas conseguem absorver fósforo e amônia, mesmo em baixas concentrações. Alguns gêneros fixam nitrogênio gasoso. As florações terminam pelo efeito do sol e esgotamento de nutrientes ou por doenças e infecções (GOLDMAN e HORNE, 1983).

Anabaena spp e *Microcystis* spp foram encontradas durante o verão nas estações E1 e E2, com altas temperaturas e forte radiação solar. *Microcystis* spp não foram detectadas nas estações E3 e E4, justamente nos locais com maior disponibilidade de nutrientes, que poderiam favorecer o seu desenvolvimento.

Vários autores já constataram que os gêneros *Microcystis* e *Anabaena* crescem melhor e dividem mais rápido quando as águas do lago estão quentes (acima de 20°C). Ambos os gêneros apresentam vacúolo de gás, estrutura que confere vantagem competitiva, seja para encontrar o ponto ótimo de saturação luminosa ou fugir de áreas com muita competição. A capacidade de flutuar quase na superfície da água é uma vantagem, em relação às outras algas. A intensidade solar na superfície da água pode destruir o aparato fotossintético ou danificar as algas em poucas horas. Essas espécies não sofrem esta injúria, pois conseguem regular sua posição na água ou ainda utilizar o vacúolo de gás como um escudo protetor. A herbivoria é menor que em outros grupos, devido as grandes dimensões e por serem impalatáveis (GOLDMAN e HORNE, 1983; SANDGREN, 1988).

A característica eutrófica do Passaúna poderia induzir a conclusão de que essas algas não sofreram limitação por nutrientes. Entretanto, não foram observadas florações de *Microcystis* spp simultaneamente à menor concentração de fósforo na água. As condições que poderiam favorecer a proliferação de *Anabaena* spp foram encontradas no epilímnion das estações E1 e E2, porém o fósforo em baixas concentrações acabou cessando o crescimento desta cianófitas. *Anabaena* spp pode acumular fósforo, nutriente limitante no epilímnion das estações E1 e E2, o que poderia conferir vantagem. Apesar das *Anabaena* spp terem a capacidade de acumular fósforo internamente, este nutriente poderia não estar disponível na época da reserva ou, mesmo que tenha ocorrido acúmulo, este poderia estar sendo utilizado para manter o metabolismo, e não para a reprodução. Na estação E4 as

condições ambientais não favoreceriam o crescimento deste gênero, especialmente por causa da turbulência, elevados teores de seston e baixa transparência.

Nas estações E1 e E2, alguns tricomas de *Anabaena* formaram heterócito no verão, coincidindo com mínimos de nitrogênio no epilimnion. Isto porque o nitrogênio não é limitante no lago, sobretudo o íon amônio, forma preferencial da absorção do nitrogênio desta cianófito. Baixo percentual de tricomas portadores de heterócito também foram documentados em ambientes similares ao Passaúna com relação às altas concentrações de nitrogênio (TUCCI e SANT'ANNA, 2003).

Historicamente, florações de *Microcystis aeruginosa* têm sido registradas no Passaúna. *Microcystis* spp tende a ocorrer em grandes densidades quando há estabilidade física do sistema, capacidade de flutuação das colônias, baixa relação N:P, altos valores de pH e baixos teores de gás carbônico. Algumas dessas condições que poderiam favorecer uma floração de *Microcystis* spp foram confirmadas nas estações E1 e E2 no período de estudo. Nos anos anteriores, segundo relatórios da SANEPAR e IAP, ocorriam sucessivas florações de *M. aeruginosa*. Entretanto, não ocorreu floração de *Microcystis* spp no reservatório Passaúna entre out/01 e set/02. O gênero foi registrado em baixas densidades ao longo do ano. Apenas durante uma coleta, em mar/02, verificou-se manchas esverdeadas, com aproximadamente 5 metros de diâmetro, na superfície da água. As análises quantitativas não detectaram a presença de *M. aeruginosa* no período, justificando este esclarecimento. Contudo, este evento não caracterizou uma floração, apenas confirmou a presença do gênero nas águas durante um período que poderia favorecer o seu crescimento.

A interrupção das florações de *M. aeruginosa* pode estar associada ao menor aporte de fósforo ou a fatores não acompanhados, como concentração de micronutrientes. A carga de fertilizante com fósforo, por exemplo, vem diminuindo com os anos, pois seu uso está mais controlado do que há alguns anos (MPPR, 1999; ANDREOLI, 2003). Provavelmente as florações de *M. aeruginosa* deixaram de acontecer devido à alteração nas cargas de nutrientes. A redução de fósforo na água ao longo dos anos pode ser um fator crucial. Os micronutrientes, como manganês e enxofre, também podem estar limitando o crescimento desta espécie. A presença da macrófita *Salvinia* sp não foi responsável por esta limitação, pois seu impacto foi localizado na estação E4, onde não ocorrem *Microcystis* spp.

5.2.2 Chlorophyta

As clorófitas constituíram o grupo com maior contribuição para a densidade e biomassa no Passaúna. HAPPEY-WOOD (1988) afirmou que as clorófitas podem ser encontradas em qualquer corpo de água doce, mesmo que em densidades reduzidas. REYNOLDS (1984) comentou que as clorófitas ocorrem em diversas temperaturas, preferencialmente em lagos eutróficos. Os fatores que afetam as clorófitas são: estratificação, circulação e concentração de nutrientes; o formato e a fisiologia da célula e os outros organismos do plâncton, seja pela predação, sombreamento ou competição. Em conjunto, os três fatores acabaram selecionando as espécies aptas no reservatório Passaúna conforme a estratégia de sobrevivência.

As clorófitas têm a capacidade de crescer em qualquer momento durante o ano e isso foi verificado no reservatório Passaúna. Todavia, o maior crescimento tende a ser no verão. Crescimentos rápidos foram observados quando em alta luminosidade. Entretanto, o efeito da maior incidência solar no crescimento deve ser considerado em conjunto com outros fatores que influenciam a penetração de luz, como a profundidade da camada de mistura e a relativa profundidade da zona eufótica, a turbidez da água, as algas da água em si, além das características inerentes a água (HAPPEY-WOOD, 1988).

O ótimo de crescimento de cada espécie está intimamente ligado às concentrações de nutrientes. O crescimento de clorófitas coloniais, como *Pediastrum simplex*, pode ocorrer inclusive em baixas concentrações de fósforo, conforme observado neste trabalho. HAPPEY-WOOD (1988) comenta que as clorófitas coloniais não flageladas podem ocorrer e crescer em condições com poucos nutrientes.

As desmídias, representadas por gêneros como *Staurastrum*, *Staurodesmus*, *Closterium* e *Cosmarium* foram persistentes ao longo do ano, geralmente em número pequeno, com aumento de densidade no verão. Estas clorófitas foram bem adaptadas a um período marcado pela estratificação lacustre. As espécies do Passaúna apresentaram maior vantagem competitiva, pois retardam a sedimentação impregnando suas paredes celulares com mucilagem (SANDGREN, 1988), evitando assim ficarem fora da zona fótica. As taxas de crescimento foram baixas e os máximos de abundância ocorreram no final do verão, com dias longos e temperatura menor. As perdas foram minimizadas pelo tamanho grande, que evitou a herbivoria, assim como a presença de mucilagem e formato celular.

Os gêneros *Tetraëdron*, *Monoraphidium*, *Oöcystis* e *Eutetramorus* são típicos de ambientes estratificados e bem iluminados, foram encontrados na zona fótica das estações E1 e E2. O formato celular e a mucilagem reduziram a sedimentação, refletindo numa importante vantagem durante a calmaria.

As clorófitas apresentaram o maior número de diferentes espécies, portanto, a maior riqueza do fitoplâncton. *Pediastrum simplex* foi a espécie mais abundante, com contribuição majoritária para o biovolume. O crescimento excessivo de algumas clorófitas, como coloniais flageladas, pode inibir o crescimento e desenvolvimento de outras algas. Isto não se aplicou ao *P. simplex*: a sua alta densidade e biomassa em todo o lago não representou queda na riqueza e diversidade.

O tamanho celular é um dos critérios de seleção na herbivoria. As colônias de *P. simplex* tendem a sofrer menor predação devido às suas grandes dimensões. No Passaúna, o tamanho das colônias variou conforme a variedade específica do *P. simplex*, sendo máxima no *P. simplex* var. *sturnii*. Cabe ressaltar aqui que a freqüência de *P. simplex* var. *sturnii* e *P. simplex* var. *biwaense* foram equilibradas, sendo *P. simplex* var. *simplex* mais rara. *Staurastrum rotula*, por exemplo, tem grandes dimensões e acaba sendo rejeitado pela maioria dos filtradores do zooplâncton. A taxa de crescimento detectada para microalgas menores de 20 µm pode ser sub-estimada, pois não considera a herbivoria (SANDGREN, 1988). Por outro lado, as taxas de crescimento observadas para as grandes colônias estão próximas do real, pois existem poucas perdas com a predação. Desta forma, as grandes densidades de *P. simplex* refletiram a sua taxa de crescimento, mais dependente de fatores físicos e químicos. Conclui-se que a herbivoria pode realmente limitar o crescimento de muitas clorófitas, exceto para *P. simplex*. A predação menos acentuada em *P. simplex* pode ter sido um fator adicional para explicar as causas da sua densidade elevada.

Cada célula da colônia de *Pediastrum* é capaz de produzir uma nova colônia (LUND, 1965). Este fato pode ser considerado como um dos fatores responsáveis pela elevada biomassa ao longo do ano, associado à baixa predação e ausência da espécie competidora *Microcystis aeruginosa*.

Analisando os dados de primavera-verão das estações E1 e E2, notou-se que a espécie foi tolerante a baixas concentrações de fósforo no epilímnion. *P. simplex* sedimenta lentamente devido ao seu formato plano, mantendo-se suspensa e retida

na camada iluminada durante a estratificação. Entretanto, seu crescimento foi otimizado durante a circulação, coincidindo com os dias de menor radiação solar e maiores concentrações de nutrientes na zona fótica.

As concentrações de nitrogênio foram relativamente mais elevadas que as de fósforo ao longo do ano todo e em todas as estações de coleta. A constante de saturação de fósforo para *P. simplex* é baixa, ou seja, baixas concentrações satisfazem as exigências da espécie. A enzima fosfatase alcalina também contribui para explicar a dominância desta alga no Passaúna, porém a sua presença ainda precisa ser confirmada para esta espécie em novos estudos de ecologia. Esta extrapolação está embasada numa situação similar que já foi descrita para *P. duplex* por BERMAN, HADAS e KAPLAN (1988). Esta alga consegue retirar nutrientes de substratos extracelulares orgânicos em condições de pouca luz. A utilização de produtos extracelulares pode garantir a sobrevivência da população de *P. duplex*. A energia celular gasta para esta tarefa heterotrófica é menor quando comparada à energia necessária para o crescimento autotrófico (HAPPEY-WOOD, 1988).

O sucesso de *P. simplex* também pode ser explicado pelo fato de não ter ocorrido floração de *Microcystis* spp no reservatório. A floração de *M. aeruginosa* afeta negativamente o crescimento e desenvolvimento de outras espécies, implicando em queda acentuada de diversidade e riqueza fitoplanctônica. Ao contrário do descrito para esta cianófito, a presença de *P. simplex* no Passaúna não implicou em queda acentuada na diversidade e riqueza. Os táxons coexistiram com *P. simplex*. Quando a floração é de espécies de *Microcystis*, suas colônias com ampla mucilagem proporcionam grande sombreamento para as demais espécies do fitoplâncton. Como consequência, a diversidade e riqueza diminuem.

5.2.3 Heterokontophyta – classe Bacillariophyceae

As diatomáceas, organismos dependentes de turbulência (REYNOLDS, 1997), foram mais abundantes durante o inverno. Muitas delas usam espinhos ou setas para flutuar, reduzindo a taxa de sedimentação e até mesmo para causar rotação. A mucilagem também é um aparato para evitar a sedimentação (SOMMER, 1988).

Os pulsos de biomassa de diatomáceas coincidiram com a circulação e consequente ressuspensão de células e nutrientes. A espécie *Asterionella formosa* respondeu rapidamente ao aporte de nutrientes no sistema, mesmo sob baixa

temperatura, além de apresentarem saturação de fotossíntese sob intensidade luminosa reduzida (REYNOLDS, 1984 e 1999; SANDGREN, 1988). Na estação E4, boa parte da comunidade fitoplanctônica estava constituída por células de *A. formosa*, mostrando sua expressiva contribuição para o biovolume e abundância. A intensidade da floração implicou em elevada biomassa, com máximo de clorofila-a (40 µg/l) observado durante o pico de *A. formosa* (14 mil céls/ml).

O crescimento das diatomáceas tende a cessar quando se estabelece a estratificação. *Asterionella formosa* esgota rapidamente os nutrientes do epilímnion, especialmente a sílica e o fósforo, seus nutrientes limitantes (WILLEN, 1991). Os máximos de *A. formosa* ocorreram no final do inverno, em setembro. Este crescimento após o período de circulação é bem documentado para regiões temperadas, onde os picos de abundância ocorrem durante a primavera (DAVIS, 1964; TALLING, 1965; SOMMER, 1984 e 1988).

Uma característica interessante de *Asterionella formosa* está relacionada com a sua morfologia. A diatomácea pode apresentar diferença morfológica na colônia dependendo da concentração de nutrientes na água (WILLEN, 1991) e temperatura (HAYAKAWA et al., 1994). Em condições ótimas, as colônias se arranjaram com 8 células. Quando há limitação de fosfato, o número de células por colônia cai para apenas 2 e sob limitação de sílica, sobe para 20. Com limitação de fósforo e sílica, há queda na taxa de crescimento (TILMAN et al., 1976; LEE, 1989). A concentração de células nas colônias de *A. formosa* não foi estável, refletindo a oscilação dos nutrientes no reservatório Passaúna. A alteração morfológica observada coincidiu com as depleções de silicato, indicando limitação, coincidindo com o período final do crescimento intensivo (set/02).

Asterionella formosa é típica de lagos eutróficos e cresce mais rapidamente que outras diatomáceas em temperaturas que podem variar de 0,5 a 25°C. Acumula fósforo (MACKERETH, 1970; GOLDMAN e HORNE, 1983; SOMMER, 1988) numa forma não tóxica num processo conhecido como consumo em excesso, chegando a estocar até 100 vezes mais fósforo na forma de grânulos de polifosfato do que o necessário para as suas atividades metabólicas. Desta forma, a *A. formosa* pode sobreviver em meios com baixas concentrações de fósforo. A população se sustenta com o acúmulo interno quando as concentrações do meio se tornam limitantes. A sílica é o principal nutriente responsável pelo declínio da população, especialmente

em concentrações abaixo de 500 µg/l (LEE, 1989). Abaixo deste limite, o seu sistema de enzimas captadoras não consegue extrair a sílica da água. Quando ocorre limitação de sílica na água, a *A. formosa* ainda consegue se dividir, porém suas células-filhas terão paredes finas e irão morrer (GOLDMAN e HORNE, 1983).

As espécies de *Aulacoseira* foram importantes durante o outono no reservatório, indicando a circulação na zona lântica. Poucas células foram detectadas durante o ano, provavelmente devido ao seu depósito no sedimento (MARGALEF, 1983; NOGUEIRA, 2000; REYNOLDS, 1994). Quando ocorreu circulação, as células foram ressuspensas para a coluna de água. *Aulacoseria* spp cresceu mais rapidamente no outono, enquanto *A. formosa* apresentou máximos em julho e agosto de 2002. As células de *Aulacoseira* spp podem sobreviver nas condições de anoxia do hipolímion, enquanto *A. formosa* morre (GOLDMAN e HORNE, 1983). Estudos confirmaram que a espécie é capaz de se manter viável em anoxia por até dois anos. Conclui-se que as células viáveis de *Aulacoseira* spp no hipolímion foram importantes inóculos permitindo a rápida dominância dessas espécies, antes do crescimento de *A. formosa*, que implicou na competição por recursos.

5.2.4 Grupos funcionais

De acordo com a proposta de REYNOLDS et al. (2002), *P. simplex* (J) e *Scenedesmus* spp (J) são espécies típicas de águas ricas ou eutróficas, assim como *A. formosa* (C) e *Aulacoseira* spp (C). O grupo C é composto por espécies presentes em ambientes sujeitos à turbulência. Realmente, os máximos de densidade e biomassa de diatomáceas foram registrados no inverno. As diatomáceas descritoras *Cyclotella* spp, diatomáceas penadas e *Thalassiosira* sp foram enquadradas no grupo D. Este grupo foi mais importante na estação E4, concordando com o proposto por REYNOLDS et al. (2002), associando o grupo D à habitat turbulento, rico em nutrientes, raso e com influencia lótica. *Cryptomonas* spp, associada ao grupo Y, também ocorreu nesta estação. *Peridinium cinctum* (Lo) e *Gymnodinium* spp (Lo) foram relacionados com epilímion estratificado de verão, com concentrações médias de nutrientes, concordando com o observado nas estações E1 e E2. Os acúmulos de nutrientes na base do metalímion favoreceram grupos flagelados, dotados de certa mobilidade na coluna de água. Apesar das condições gerais do reservatório serem eutróficas, no epilímion, a gradual redução de nutrientes acabou

caracterizando um ambiente temporariamente mais mesotrófico, concordando com a descrição do grupo **Lo**. Entretanto, esses dinoflagelados também foram importantes na estação E4, divergindo do proposto por REYNOLDS et al. (2002). O mesmo aconteceu com *Anabaena* spp (**H2**), identificadas pelos autores como espécies de águas mesotróficas, concordando com a presença destas cianófitas no epilímnion das estações E1 e E2. Contudo, a maioria dos grupos funcionais encontrados neste estudo reforçou o estado de trofia do ambiente.

5.3 ESTADO TRÓFICO E QUALIDADE DA ÁGUA

O estado trófico é um indicador da qualidade da água utilizado em gerenciamento de reservatórios. Segundo dados do IAP e SUDERHSA, o Passaúna se enquadra como um reservatório eutrófico. Esta classificação concordou com os resultados encontrados neste trabalho. O reservatório apresentou elevada concentração de matéria orgânica, fósforo (E4) e nitrogênio totais, pico de clorofila de 40 µg/l (E4) e médias entre 15 e 20 µg/l. Estas são algumas das possíveis variáveis utilizadas para a classificação trófica do ecossistema. Outra observação que ajuda a corroborar esta afirmação é a presença da pteridófito *Salvinia* sp em algumas regiões do reservatório Passaúna, especialmente nas cabeceiras, boa indicadora de ambiente eutrófico. A importância da *Salvinia* sp reside em seu papel no estoque e ciclagem dos nutrientes, na interferência que gera redução da penetração de luz na água e na competição com a comunidade fitoplanctônica por nutrientes. A presença de *Salvinia* sp foi observada próxima da estação E4, corroborando o estado mais eutrófico desta estação de coleta, conforme esperado de acordo com a proposta de KIMMEL e GROEGER (1984). As concentrações de nitrogênio e fósforo existentes foram altas nesta estação, coincidindo com o encontrado pela SANEPAR (2000, relatórios não publicados), SUREHMA (1991, 1992 e 1992a) e SUDERHSA (1997). A carga de nutrientes pode ser considerada como responsável pelo crescimento intensivo de *M. aeruginosa* nos anos anteriores (SANEPAR, 2000) e de *P. simplex* (presente trabalho). Os lagos eutróficos são considerados instáveis, podendo sofrer aporte brusco de nutrientes, inclusive com uma fase de água limpa (SOMMER, 1988). Esta instabilidade acaba afetando a variação temporal do fitoplâncton. A composição e densidade fitoplanctônica corroborou o estado trófico do reservatório, pois vários gêneros indicadores de

águas eutróficas foram abundantes no Passaúna, como *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Aulacoseira* e *Microcystis*. Estes gêneros são comuns nos lagos eutróficos de regiões subtropicais e temperados do mundo (REYNOLDS, 1994; REYNOLDS, 1997; REYNOLDS, 1998; REYNOLDS et al., 2000).

No século 20, as atividades humanas que introduziram nutrientes em excesso nos lagos causaram mudanças significativas na comunidade fitoplanctônica e acabaram por comprometer a qualidade da água utilizada ou aproveitada pelo ser humano (ANNEVILLE, 2004). Atualmente, apenas 1% da água do planeta Terra está disponível para consumo humano. Ainda que esta pequena parcela seja suficiente para suprir as necessidades de mais de seis bilhões de habitantes, cerca de 40% da população mundial não tem acesso a água potável de qualidade. No Brasil, o quadro não é muito diferente. O país sofre com o problema da escassez e com a poluição. Mesmo possuindo 20% da água de todo o mundo, nele, 31 milhões de pessoas carecem de água própria para consumo. A produção hídrica dos rios brasileiros representa 12% do total de água doce do planeta, dos quais 2/3 estão seriamente comprometidos. A partir da década de 90, florações de cianobactérias tóxicas foram registradas, coincidindo com o aumento da eutrofização dos sistemas aquáticos nas mais diversas regiões do país (TUCCI e SANT'ANNA, 2003). Com base nesta grave situação, inúmeros eventos foram realizados para tratar e discutir o tema água. Diversos autores contemporâneos vêm alertando e atentando para a problemática da poluição nos corpos de água.

Felizmente, esses esforços parecem que tem dado resultado. O caso do reservatório Passaúna, que já foi classificado como fortemente comprometido pelos elevados valores de fósforo, parece ser um exemplo de que a educação ambiental está sendo incorporada pela sociedade e isto vem se refletindo positivamente naquele ecossistema. A redução do uso de fertilizantes ou pela busca por soluções de saneamento básico podem ser os fatores que explicam a redução de fósforo nas águas do Passaúna. A menor disponibilidade de fósforo acabou por limitar as recorrentes florações de *M. aeruginosa*, contribuindo para a melhoria da qualidade da água. Apesar dos avanços, o reservatório ainda não se encontra numa situação satisfatória, e continua sendo classificado como eutrófico.

O reservatório Passaúna pode ser caracterizado como um ambiente eutrófico afetado por impacto antrópico. As concentrações de nutrientes foram elevadas,

exceto fósforo no epilímnion das estações E1 e E2. Nas estações E3 e E4 as concentrações de nutriente foram elevadas, inclusive fósforo. As florações de cianófitas observadas até 2000 foram substituídas pela dominância de *P. simplex* observada entre outubro de 2001 e setembro de 2002.

6 CONCLUSÕES

O reservatório Passaúna apresentou zonação, sendo estação E4 na zona lótica; estações E1 e E2 na zona lêntica e estação E3 de transição.

A zona lêntica reservatório Passaúna classifica-se como monomítica quente, apresentando dois períodos distintos: primavera/verão, marcado pela estratificação térmica e química devido às temperaturas elevadas e maior radiação solar; e outono-inverno com circulação total da coluna de água, período de menor precipitação, baixa temperatura da água e menor radiação solar.

Houve diferença significativa entre epilímnion e hipolímnion nas estações lênticas.

A comunidade fitoplanctônica apresentou-se limitada principalmente por fósforo, considerando suas baixas concentrações e a razão nitrogênio/fósforo, especialmente no epilímnion das estações E1 e E2.

A estação E4, na zona lótica, apresentou constante homogeneidade e forte influência lótica.

A abundância e a biomassa do fitoplâncton variaram ao longo do ano, enquanto que a composição florística se manteve praticamente estável.

As clorófitas apresentaram o maior número de diferentes espécies, portanto, a maior riqueza da comunidade fitoplanctônica. *Pediastrum simplex* foi a alga mais abundante do fitoplâncton, com contribuição majoritária para o biovolume ao longo do ano todo, exceto em julho e agosto quando *Asterionella formosa* dominou.

A composição, densidade e biomassa do fitoplâncton, assim como a concentração de nutrientes, clorofila-a e parâmetros físicos e químicos acompanhados corroboraram a classificação do reservatório como eutrófico.

REFERÊNCIAS

- AGBETI, M. D.; KINGSTON, J. C.; SMOL, J. P.; WATTERS, C. Comparison of phytoplankton succession in two lakes of different mixing regimes. **Arch. Hydrobiol.**, n.140, p. 37-69, 1997.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Editora UEM, 387p., 1997.
- ANDREOLI, C. L. **Mananciais de Abastecimento: Planejamento e gestão**. Estudo de caso do Altíssimo Iguaçú, SANEPAR, Curitiba, 494p., 2003.
- ANDREOLI, C. V.; DALARMI, O.; LARA, A.I.; ANDREOLI, F.N.; Os Mananciais de Abastecimento do Sistema Integrado da Região Metropolitana de Curitiba – RMC. **SANARE – Revista Técnica da SANEPAR**. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Curitiba, 11p. 2003.
- ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. IV **Seminário do Projeto Interdisciplinar de pesquisa em Eutrofização de águas de abastecimento público – Tema: Eutrofização**, Curitiba, 143p.; 2003.
- ANNEVILLE, O.; SOUISSI, S.; GAMMETER, S.; STRAILE, D.; Seasonal and inter-annual scales of variability in phytoplankton assemblages: comparison dynamics in three peri-alpine lakes over a period of 28 years. **Freshwater Biology**. n. 49 p. 98-115. 2004.
- APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). **Standard methods for the examination of water and wastewater**, APHA, Washington DC, 1995.
- ARCIFA, M. S.; CARVALHO, M. A. J.; FROEHLICH, C. G. SCHIMIZU, G. Y.; GIANESELLA-GALVÃO, S. M. F. e CASTRO, R. M. C. Limnology of ten reservoirs in Southern Brazil, **Verh. Internat. Verein. Limnol.** n.21, p.1048-1053, 1981.
- BAGATIN, E. M. **Ação poluente do aterro municipal Lamenha Pequena sobre o Rio Passaúna - futuro manancial abastecedor de Curitiba-PR**. Monografia de Especialização em Limnologia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 103p., 1988.
- BARBOSA, F.; GARCIA, F. C.; MARQUES, M. M. G. M.; NASCIMENTO, F. Nitrogen and phosphorus balance in a eutrophic reservoir in Minas Gerais: a first approach. **Rev. Brasil. Biol.**, n. 58, v. 2, p. 233-239, 1998.
- BARBOSA, F.A.R.; BICUDO, C.E.M. e HUSZAR, V.L.M. Phytoplankton studies in Brazil: community structure variation and diversity, In: TUNDISI, J. G.; BICUDO, C. E. M. e MATSUMURA-TUNDISI, T. 1995. **Limnology in Brazil**. Brazilian Academy of Sciences/Brazilian Limnological Society, São Paulo, p.19-36, 1995.
- BERMAN, B.; HADAS, O.; KAPLAN, B. Uptake and respiration of organic compounds and heterotrophic growth in *Pediastrum duplex*. In: SANDGREN, C. D. **Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton**, Cambridge University Press, Cambridge, 1988.
- BICUDO, C. E. M. **Revisão do gênero *Arthodesmus*, das desmidiáceas (Chlorophyceae)**. Tese de Doutorado em Botânica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 686p., 1972.

BICUDO, C. E. M.; BICUDO, R. M. T. **Algas de águas continentais brasileiras**. Ed Universidade de São Paulo, São Paulo, 228p., 1970.

BICUDO, C. E. M.; CASTRO, A. A. J. Desmidióflórula paulista IV – gêneros *Closterium* e *Spinoclosterium*. **Bibliotheca Phycologica** – band 95. J. Cramer in der Gebriider Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin, 191p., 1994.

BICUDO, C.E.M. O estudo de algas no estado de São Paulo. In: JOLY, C. A. & BICUDO, C E M. **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil. 2-Fungos macroscópicos e plantas**. Fapesp, 79p., 1998.

BINI, L. M. Análises multivariadas e Limnologia. In: BICUDO, C. E. M; C-BICUDO, D. **Amostragens em Limnologia**, Ed. Rima, 2004.

BOURRELLY, P. **Les Algues d'eau douce: algues bleues et rouges**. 6. ed., Société Nouvelle des Éditions Boubée, Paris, 512p., 1985.

BOURRELLY, P. **Les Algues d'eau douce: algues jaunes et brunes**. 6. ed., Société Nouvelle des Éditions Boubée, Paris, 438p., 1981.

BOURRELLY, P. **Les Algues d'eau douce: algues vertes**. Société Nouvelle des Éditions Boubée, Paris, 572p., 1972.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à Engenharia Sanitária**, 2. ed., CETESB, São Paulo, 620p., 1978.

BRANCO, S. M. **Limnologia sanitaria, estudio de la polución de águas continentales**, Secr. General de OEA, série Biologia, n. 28, 128p., 1984.

BRASSAC, N. M. **Diatomoflórula dos rios da área de influência da Usina Hidrelétrica de Salto Caxias – Bacia do rio Iguçu – Paraná**. Dissertação de Mestrado em Botânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 400p., 1999.

BROOKES, J. D.; GANF, G. G.; BURCH, M. D. Buoyancy regulation of *Microcystis aeruginosa*. E. **Schweizerbart's Verlagsbuchhandlung**, p. 1670-3, 1998.

C.R.ALMEIDA. **Barragem de Passaúna, Curitiba, Paraná**. Disponível em: <http://www.cralmeida.com.br/construcao_pesada/principais_obras.html> Acesso em: 22 abr. 2003.

CALIJURI, M. C.; SANTOS, A. C. A. Short term changes in the Barra Bonita reservoir (São Paulo, Brazil): emphasis on the phytoplankton communities. **Hydrobiol.** n.330 , v. 3, p.163-175, 1996.

CAMPOS, I. F. P. **Estudo qualitativo das Nostocophyceae (Cyanophyceae) da Lagoa Bonita, Brasília, Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado em Botânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 155p., 1986.

CARACO, N.F.; COLE, J. J.; LIKENS, G. E. **Sulfate control oh phosphorus availability in lakes**, Proceedings of the Third Internation Workshop oh Phosphorus in Sediments, p. 275-280, 1993.

CARMOUZE, J. P. **O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. Edgard Blücher, FAPESP, 253p., 1994.

CECY, I. I. T. Fitoplâncton da Represa do Rio Passaúna, Município de Araucária, estado do Paraná, Brasil. **Anais do 3 Congresso Brasileiro de Limnologia**, Porto Alegre, 1990.

CECY, I. I. T. Fitoplâncton da Represa do Rio Passaúna, Município de Araucária, estado do Paraná, Brasil. **Anais da V Reunião Brasileira de Ficologia**, Teresópolis, 1991.

CECY, I. I. T.; SILVA, S. R. F.; BOCCON, R. Fitoplâncton da Represa do Rio Passaúna, Município de Araucária, estado do Paraná. I-Divisão Chlorophyta – Família Desmidiaceae. **Est. Biol.**, n.41, p. 5-32, 1997.

CHALAR, G.; TUNDISI, J. G. Main processes in the water column determined by wind and rainfall at Lobo (Broa) reservoir. Implications for phosphorus cycling. **Theoretical reservoir ecology and its applications**. Backhuiss Pub/ Brazilian Academy of Sciences, São Paulo, p. 53-65, 1999.

CHEN, Y.; QIN, B.; TEUBNER, K.; DOKULL, M. Long-term dynamics of phytoplankton assemblages: *Microcystis* - domination in Lake Taihu, a large shallow lake in China. **Journal of Plankton Research**, n. 1, v. 25, p. 445-453, 2003.

COMEC (COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA), SEPLA (SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL). **Relatório Ambiental da Região Metropolitana de Curitiba**, Curitiba, 1997, 100p. Relatório técnico.

COMEC (COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA); IAP (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ); PIAB (PROGRAMA IMPACTOS AMBIENTAIS DE BARRAGENS BRASIL); GTZ (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT). **APA Estadual do Passaúna: Zoneamento ecológico-econômico**, Curitiba, 1995, 192p. Relatório técnico.

COQUEMALA, V. **Variação sazonal (inverno e verão) da densidade e biomassa do fitoplâncton no reservatório Piraquara I, Paraná**. Monografia de Bacharelado em Botânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 39p., 2003.

CRUZ, P. T. da. **100 Barragens brasileiras – casos históricos, materiais de construção e projeto**. Fapesp. São Paulo: Oficina de Textos, 690p.; 1996.

DAVIS, C. Evidence for the eutrophication of lake Erie from phytoplankton records. **Limnology and Oceanography**, n. 3, 1964.

DE LAMONICA-FREIRE, E. M. **Desmidióflora da estação ecológica da ilha de Tiamã, município de Cáceres, Mato Grosso**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 538p., 1985.

DIAS, L. N. A limnological study of the Passauna River Basin (Araucária, Paraná State, Brazil): macroscale and mesoscale patterns. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, n. 26, p. 865-868, 1997.

DÍAZ-PARDO, E.; VAZQUEZ, G.; LÓPEZ-LÓPEZ, E. The phytoplankton community as a bioindicator of health conditions of Atezca lake, Mexico. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, v. 1, p. 257-266, 1998.

EDLER, L. **Recommendation for marine biological studies in the baltic sea: phytoplankton and chlorophyll**. UNESCO, Working Group 11, Baltic Marine Biologist, 1979.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência, Rio de Janeiro, 1988.

FERNANDES, L. F., LAGOS, P. E.; VENTURA, C. Florações de cianobactérias e eutrofização no reservatório do Iraí, Curitiba, PR. II: Distribuição horizontal de algumas espécies. In: ANDREOLI, C. V. e CARNEIRO, C. (eds) **Anais do IV Seminário do projeto interdisciplinar de pesquisa em eutrofização de águas de abastecimento público – tema: eutrofização de águas**, 143p., 2003.

FERNANDES, L. F.; LAGOS, P. E. Florações de cianobactérias e eutrofização no reservatório do Iraí, Curitiba, PR. I: Sucessão sazonal do fitoplâncton. In: ANDREOLI, C. V. e CARNEIRO, C. (eds) **Anais do IV Seminário do projeto interdisciplinar de pesquisa em eutrofização de águas de abastecimento público – tema: eutrofização de águas**, 143p., 2003.

FORD, D. E. Reservoir Transport Processes. In: THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. **Reservoir limnology: ecological perspectives**, Wiley, New York, 1990.

FRANCESCHINI, I. M. Algues d'eau douce de Porto Alegre, Brésil (lês diatomophycées exclues). **Bibliotheca Phycologica** – band 92. J. Cramer in der Gebriider Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin, 127p., 1992.

FRANCESCHINI, I. M. **Levantamento das Nostocophyceae do Rio Seco, Torres, Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação de Mestrado em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 156p., 1983.

GOLDMAN, C. R.; HORNE, A. J. **Lymnology**. McGraw-Hill Book Company, 1983.

GONZÁLES, A. C. Las Chlorococcales dulciacuícolas de Cuba. **Bibliotheca Phycologica** – band 99. J. Cramer in der Gebriider Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin, 1996.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Mapa do reservatório Passaúna**. Disponível em: <<http://www3.pr.gov.br/e-parana>> Acesso em 29 jun. 2004.

GRAHAM, L. E.; WILCOX, L. W. **Algae**, 640p., 2000.

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M. ; KREMLING, K. **Methods of Seawater Analysis**, 2. ed., Verlag Chemie: Weinheim, 1983.

HAPPEY-WOOD, C. M. Ecology of freshwater planktonic green algae. In: SANDGREN, C. D. **Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton**, Cambridge University Press, Cambridge, 1988.

HASLE, G. R. Identification problems. In: SOURNIA, A. (ed) **Phytoplankton manual**, Unesco, Paris, p. 125-128, 1978b.

HASLE, G. R. The inverted-microscope method. In: SOURNIA, A. (ed) **Phytoplankton manual**, Unesco, Paris, p. 88-96, 1978a.

HAYAKAWA, T.; KUDOH, S.; SUZUKI, Y.; TADAHASHI, M. Temperature-dependent changes in colony size of the freshwater pennate diatom *Asterionella formosa* (Bacillariophyceae) and their possible ecological implications. **J. Phycol.**, n. 30, p. 955-964, 1994.

HENRY, R. Amônia ou fosfato como agente estimulador do crescimento do fitoplâncton na represa Jurumirim (Paranapanema, SP)? **Rev Brasil. Biol.**, n. 50, v. 4, p. 883-892, 1990.

HENRY, R. **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**, FUNDIBIO, FAPESP, Botucatu, 800p., 1999.

HENRY, R.; TUNDISI, J. G. Efeitos do enriquecimento artificial por nitrato de fosfato no crescimento da comunidade fitoplanctônica da represa do Lobo (Broa, Brotas, Itirapina, SP). **Ciência e Cultura**, n. 34, v. 4, p. 518-524, 1982.

HILLEBRAND, H.; DÜRSELEN, C. D.; KIRSCHTEL, D.; POLLINGER, U.; ZOHARY, T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. **J. Phycol.** n. 35, p. 403-424, 1999.

HINO, K.; TUNDISI, J. **Atlas de algas da represa do Broa**, série Atlas, v. II, Ed Universidade Federal de São Carlos, 143p., 1977.

HOEK, C. V.; MANN, D. G.; JAHNS, H. M. **Algae – an introduction to phycology**. Cambridge University Press, 623p., 1995.

HOLMES, R.W. **Limnol. Oceanogr**, n.15, p. 688-694, 1970.

HUBER-PESTALOZZI, G. **Das Phytophankton des Süßwassers: Systematik und Biologie – Band XVI Teil 2, 1. Hälfte**. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 365p., 1941.

HUBER-PESTALOZZI, G. **Das Phytophankton des Süßwassers: Systematik und Biologie –Band XVI Teil 3**. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 310p., 1950.

HUBER-PESTALOZZI, G. **Das Phytophankton des Süßwassers: Systematik und Biologie – 4 Teil Euglenophyceen**. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 310p., 1955.

HUSZAR, V. L. M.; SILVA, L. H. S. e ESTEVES, F. A. Estrutura das comunidades fitoplanctônicas de 18 lagoas da região do baixo Rio Doce, Linhares, Espírito Santo, Brasil, **Rev. Brasil. Biol.** n.50(3), p.585-598, 1990.

IAP (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ). **Diretrizes para elaboração de planos de uso e ocupação das águas e entorno de reservatórios de manancial para abastecimento público**. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/iap/diretrizes.html>> Acesso em: 06 jan. 2003.

IAP (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ). **Resultados do sistema de avaliação, classificação e monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios do estado do Paraná**, SEMA/IAP, 19p., 1999. Relatório técnico.

IAP (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ). **Resultados do sistema de avaliação, classificação e monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios do estado do Paraná**. SEMA/IAP, 16pp, 2001. Relatório técnico.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Estimativa populacional e dados históricos de Curitiba 2004**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 16 dez. 2004. (a)

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Estimativa populacional de Araucária 2002**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 16 dez. 2004. (b)

KENNEDY, R. H. Reservoir design and operation: Limnological implications and management opportunities. In: TUNDISI, J. G. e STRASKRABA, M. (eds). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. Backhuiss Pub/ Brazilian Academy of Sciences, São Paulo, p. 1-28, 1999.

KIMMEL, B. L.; LIND, O. T.; PAULSON, L. J. Reservoir Primary Production. In: THORNTON, K.W.; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. (eds) **Reservoir limnology: ecological perspectives**, Wiley, New York, 1990.

KIMMEL, B.L; GROEGER, G. **Reservoir limnology: ecological perspectives**, Wiley, New York, 1984.

KOMÁREK, T. J. e FOTT, P. B. Das Phytophankton des Süßwassers: Systematik und Biologie – Chlorophyceae - Chlorococcales. E. **Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung**, 1044p., 1983.

LATOUR, D.; SABIDO, O.; SALENÇON, M.; GIRAUDET, H. Dynamics and metabolic activity of benthic cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* in the Grangent reservoir (France). **Journal of Plankton research**, n. 7, v. 26, p. 719-726, 2004.

LAWTON, L.; MARSALEK, B.; PADISÁK, J e CHORUS, I. Determination of Cyanobacteria in the laboratory. In: CHORUS, I. e BARTRAM, J (eds). **Toxic Cyanobacteria in water- a guide to their public health consequences, monitoring and management**. London e New York, p. 347-367, 1999.

LEE, R. E. **Phycology**, second edition, Cambridge University Press, 645p., 1989.

LEWIS, W. M. Tropical lakes: how latitude makes a difference. In: SCHIEMER, F.; BOLAND, K. T. (Eds.). **Perspectives in tropical limnology**. Amsterdam, SPB Academic Publ. p. 43-64, 1996.

LEWIS, W. M. Basis for the protection and management of tropical lakes. **Lakes & Reservoirs: research and management**, n. 5, p.35-48, 2000.

LEWIS, W. M. A revised classification of lakes based on mixing. **Canadian Journal of Fisheries and aquatic Science**, n. 40, p.1779-1787, 1983.

LOZOVEI, A.L. e SHIRATA, M.T. Diatomáceas (Chrysophyta, Bacillariophyceae) no rio Passaúna, Curitiba, Paraná, Brasil – Levantamento qualitativo da diatomoflórula em um Segmento do Manancial. **Est. Biol.**, Curitiba, v.27, p. 5-56, ago. 1990.

- LUND, J. W. The ecology of freshwater phytoplankton. **Biol. Rev.**, n. 40, p. 231-293, 1965.
- LUND, J. W.; KILPLING, C.; LE CREN, E. D. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. **Hydrobiologia**, n. 11, p. 143-170, 1958.
- MACKERETH, F. J. H. Phosphorus utilization by *Asterionella formosa* Hass. apud LUND, J. W. G. An artificial alteration of the seasonal cycle of the plankton diatom *Melosira italica* subsp. *subartica* in a English lake, **Freshwater Biological Association**, p. 521-533, 1970.
- MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Omega, 1983.
- MENEZES, M. **Fitoflagelados pigmentados de quatro corpos d'água da região sul do município do Rio de Janeiro, Brasil**. Tese de Doutorado em Ciências – Botânica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 707p., 1994.
- MORRIS, I. **The physiological ecology of phytoplankton**. Studies in ecology, volume 7, 623p., 1980.
- MPPR (MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO PARANÁ). Meio Ambiente. **Revista do Cento de Apoio operacional às Promotorias de Justiça de Proteção ao meio ambiente do estado do Paraná**. n.2; v. 2, 2^a. ed., Curitiba, 160p., 1999.
- NOGUEIRA, M. G.; Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. **Hidrobiologia**, v. 431, p. 115-128, 2000.
- NUPELIA. **Informações sobre as pesquisas desenvolvidas pelo laboratório**. Disponível em: <http://www.uem.pr.br/nupelia_01> Acesso em 13 abr. 2004.
- PAERL, H. W. Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine, and inland waters, **Limnol. Oceanogr.** n.33(4), p.823-847, 1988.
- PARRA, O. O.; GONZALES, M.; DELLAROSA, V.; RIVERA, P.; ORELLANA, M. **Manual taxonomico del fitoplancton de aguas continentales – con especial referencia al fitoplancton de Chile – I Cyanophyceae**. 70p., Concepcion, 1982a.
- PARRA, O. O.; GONZALES, M.; DELLAROSA, V.; RIVERA, P.; ORELLANA, M. **Manual taxonomico del fitoplancton de aguas continentales – con especial referencia al fitoplancton de Chile – II Chrysophyceae - Xanthophyceae**. 82p., Concepcion, 1982b.
- PARRA, O. O.; GONZALES, M.; DELLAROSA, V.; RIVERA, P.; ORELLANA, M. **Manual taxonomico del fitoplancton de aguas continentales – con especial referencia al fitoplancton de Chile – III Cryptophyceae - Dinophyceae - Euglenophyceae**. 99p., Concepcion, 1982c.
- PICELLI-VICENTIM, M. M. **Desmídias (Zygnemaphyceae) planctônicas do Parque Regional do Iguçu, Curitiba, estado do Paraná, Brasil : Contribuição ao levantamento**. Dissertação de Mestrado em Botânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 287p., 1984.
- PICELLI-VICENTIM, M. M.; TREUERSCH, M.; DOMINGUES, L. L. Fitoplâncton da represa do Passaúna, estado do Paraná, Brasil. **Hoehnea**, v. 28, p. 53-76, 2001.

PMC (PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA); SMS (SECRETARIA MUNICIPAL DA SAÚDE); DAS (DEPARTAMENTO DE SAÚDE AMBIENTAL). **Diagnóstico ambiental da Bacia do Passaúna**, Curitiba, 1996, 12p. Relatório técnico.

REBOUÇAS, A. da; BRAGA, B. e TUNDISI, J. G. **Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**, Ed. Escrituras, São Paulo, 717p., 1999.

REYNOLDS, C. S. Vegetation process in the pelagic: a model for ecosystem theory. In: KINNE, O. **Excellence in ecology**. Germany: Ecology Institute, 371p., 1997.

REYNOLDS, C. S. What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status? **Hydrobiologia**, n. 370, p.11-26, 1998.

REYNOLDS, C. S. Phytoplankton assemblages in reservoirs, In: TUNDISI, J. G. e STRASKRABA, M. (eds). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. Backhuiss Pub/ Brazilian Academy of Sciences, São Paulo, p.439-456, 1999.

REYNOLDS, C. S. **The ecology of freshwater phytoplankton**, Cambridge University Press, Oxford, 384p., 1984.

REYNOLDS, C. S. The long, the short and the stalled: on the attributes of phytoplankton selected by physical mixing in lakes and rivers. **Hydrobiologia**, n. 289, p. 9-21, 1994.

REYNOLDS, C. S., REYNOLDS, S. N., MUNAWAR, I. F.; MUNAWAR, M. The regulation of phytoplankton population dynamics in the world's largest lakes. **Aquatic Ecosystem Health and management**, n. 3, p.1-21, 2000.

REYNOLDS, C. S.; HUSZAR, V.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L.; MELO, S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, n. 5, v. 24, p. 417-428, 2002.

ROSA-FILHO, E. F.; LISBOA, A. A.; SCHOENAU, O. **ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE CURITIBA - Situação atual e proposta de solução**. Disponível em : <<http://www.unesco.org.uy/phi/libros/estrategias/art01.html>> Acesso em 17 mar. 2004.

ROTHHAUPT, K. O. Plankton population dynamics: food web interactions and abiotic constraints. **Freshwater Biology**, n. 45, p. 105-109, 2000.

ROUND, F. E. **The ecology of algae**, Cambridge University Press, Oxford, 653p., 1981.

ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M.; MANN, D. G. **The Diatoms – Biology e Morphology of the genera**. Cambridge University Press, 747p., 1990.

SAMPAIO, J. **Cianófitas de S. Tomé e Príncipe**. Estudos, Ensaios e Documentos, 3^a. série, n. 108, Lisboa, 51p., 1963.

SANDGREN, C. D. **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton**, Cambridge Univ. Press, Oxford, 442p., 1988.

SANEPAR. **Parque ambiental e controle de cheias do Iguaçu**. Estudo de impacto ambiental (EIA). PROSAM. GEOTECNICA/PROENSI/OSM/ SERENCO/ CONSULT, Curitiba, s/pág, 1992b.

SANEPAR. **Parque ambiental e controle de cheias do Iguaçu**. Relatórios de impacto sobre o meio ambiente (RIMA). PROSAM. GEOTECNICA/PROENSI/OSM/SERENCO/CONSULT, Curitiba, s/pág, 1992a.

SANEPAR. **Relatório parcial da atualização do zoneamento ecológico-econômico da APA do Passaúna**. Aditivo Contratual. PROSAM/SOGREAH/COBRAPE, Curitiba, p. 290, 2000.

SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P. Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil. **Nova Hedwigia**, n. 71, p. 359-385, 2000.

SBL Sociedade Brasileira de Limnologia. **Histórico da Limnologia no Brasil**. Disponível em: <<http://www.iph.ufrgs.br/sbl/textos/oqueehlimno.asp>> acesso em 25 jun. 2003.

SCHELSKE, C. L.; ALDRIDGE, F. J.; KENNEY, W. F. **Assessing nutrient limitation and trophic state in Florida lakes**. Phosphorus Biogeochemistry of Subtropical Ecosystems. p. 321-336, 1999.

SEMINA, H. J. Using the microscope – treatment of an aliquot sample. In: : SOURNIA, A. (ed) **Phytoplankton manual**, Unesco, Paris, 1978.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Univ. Illinois Press, 173p., 1963.

SILVA, S. R. V. F. **Inventário taxonômico das desmídias (Zygnemaphyceae) dos rios na área de abrangência da Usina Hidrelétrica de Salto Caxias**. Dissertação de Mestrado em Botânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 177p., 2000.

SMAYDA, T. J. What to count? In: SOURNIA, A. (ed) **Phytoplankton manual**, Unesco, Paris, 1978.

SOMMER, U. Growth and survival strategies of planktonic diatoms. In: SANDGREN, G. D. **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton**. New York: Cambridge: Cambridge University Press. p. 227-260, 1988.

SOMMER, U. Sedimentation of principal phytoplankton species in Lake Constance. **Journal of Plankton Research**, v.6, n.1, p. 1-14, 1984.

STEVENSON, R. J. An Introduction to Algal Ecology in Freshwater Benthic Habitats. In: STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. **Algal ecology – Freshwater Benthic Ecosystems**. Academic Press, San Diego, 753p., 1996.

STRASKRABA, M. Retention time as a key variable of reservoir limnology, In: TUNDISI, J. G. e STRASKRABA, M. (eds). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. Backhuiss Pub/ Brazilian Academy of Sciences, São Paulo, p.385-410,1999.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. Reservoir ecosystem functioning: theory and application, In: TUNDISI, J. G. e STRASKRABA, M. (eds). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. Backhuiss Pub/ Brazilian Academy os Sciences, São Paulo, p. 565-597, 1999.

STRICKLAND, J. L. H.; PARSONS, T. R. A practical handbook of seawater analysis. **Bull. Fish. Res.**, 167p., 1972.

SUDERHSA. **Qualidade das águas interiores do Estado do Paraná 1987 – 1995**. SUDERHSA, Curitiba, 257p., 1997. Relatório técnico.

SUREHMA, 1992a. Relatório da qualidade das águas de Rios do Altíssimo Iguaçu com destaque para a região metropolitana de Curitiba. SUREHMA/GTZ, Convênio de Cooperação Técnica Brasil Alemanha, Curitiba, 11pp. + tabelas.

SUREHMA. **Diagnóstico da situação atual da qualidade das águas do reservatório Passaúna**. SUREHMA/GTZ, Convênio de Cooperação Técnica Brasil Alemanha, Curitiba, 18p., 1991. Relatório técnico.

SUREHMA. **Monitoramento da qualidade das águas do Rio Passaúna, reservatório e principais afluentes, no período de Março/90 a Abril/92**. SUREHMA/GTZ, Convênio de Cooperação Técnica Brasil Alemanha, Curitiba, 58p., 1992. Relatório técnico.

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

TALLING, J. F. **Photosynthetic behaviour in Stratified and unstratified lake populations of planktonic diatom**. Freshwater Biological Association, p.99-125, 1965.

TAYLOR, F. J. R. Dinoflagellates. In: SOURNIA, A. (ed) **Phytoplankton manual**, Unesco, Paris, p. 136-142, 1978.

TELL, G.; CONFORTI, V. Euglenophyta pigmentadas de la Argentina. **Bibliotheca Phycologica** – band 75. J. Cramer in der Gebriider Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin, 301p., 1986.

THORNTON, K. W. ;KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. **Reservoir limnology: ecological perspectives**, Wiley, New York, 1990.

THORNTON, K. W. Sedimentary Processes. In: THORNTON, K. W. ;KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. **Reservoir limnology: ecological perspectives**, Wiley, New York, 1990.

THRONDSSEN, J. Preservation and storage. In: SOURNIA, A. (ed) **Phytoplankton manual**, Unesco, Paris, p. 69-74, 1978.

TILMAN, D.; KIESLING, R.; STERNER, R.; LILHAM, S. S.; JOHNSON, F. A. Green, Blue-green and diatom algae: taxonomic difference in competitiv hability for phosphoro, silicon and nitrogen. **Arch. Hydrobiol.**, n.106, p. 473-485, 1976.

TSUJIMURA, S.; OKUBO, T. Development of *Anabaena* blooms in a small reservoir with dense sediment akinete population, with special reference to the temperature and irradiance. **Journal of Plankton Research**, n. 9, v. 25, p. 1059-1067, 2003.

TUCCI, A.; SANT'ANNA, C.L.; *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Secnayya & Subba Raju (Cyanobacteria): variação semanal e relações com fatores ambientais em um reservatório eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. **Revista Brasil. Bot.** v.26, n.1, p.97-112, 2003.

TUNDISI, J. G. Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores, **Rev. Brasil. Biol.**, Rio de Janeiro, n. 50 (4), p. 937-955, 1990.

TUNDISI, J. G. Estratificação hidráulica em reservatórios e suas conseqüências ecológicas. **Ciência e Cultura**, n. 36 (9), p. 1489-1496, 1984.

TUNDISI, J. G. **Represas artificiais: perspectivas para o controle e manejo da qualidade da água para usos múltiplos**, São Paulo, 56p., 1985. Relatório não publicado.

TUNDISI, J. G. VIII Man-Made Lakes: Theoretical basis for reservoir management, **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, Stuttgart, n. 25, p. 1153-1156, 1993.

TUNDISI, J. G. VIII Typology of reservoir in Southern Brazil, **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, Stuttgart, n. 21, p. 1031-1039, 1981.

TUNDISI, J. G.; HENRY, R. Effects of enrichment on the summer surface phytoplanktonic community in a stratified tropical lake. **Rev. Brasil. Biol.**, n. 46, v. 1, p. 231-237, 1986.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. Theoretical basis for reservoir management, In: TUNDISI, J. G. e STRASKRABA, M. (eds). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. Backhuiss Pub/ Brazilian Academy of Sciences, São Paulo, p. 505-528, 1999.

TUNDISI, J. G; BICUDO, C. E. M., MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnology in Brazil**. Brazilian Academy of Science, São Paulo, 376p., 1995.

UTERMÖHL, H. Zur vervollkommnung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. **Mitteil. Internat. Verein. Limnol.** n. 9, p. 837-855, 1958.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica – Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**, editora Interciência, Rio de Janeiro, 117p., 2000.

VENRICK, E. L.; How many cells to count? In: SOURNIA, A. (ed) **Phytoplankton manual**, Unesco, Paris, p. 167-180, 1978.

WETZEL, R. **Limnologia**, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 919p., 1993.

WETZEL, R; LIKENS, G. **Limnological analyses**, 2nd ed., Saunders, New York, 470p., 1996.

WETZEL, R; LIKENS, G. **Limnological analyses**, 3rd ed., Saunders, New York, 2000.

WILLÉN, E. Planktonic diatoms – an ecological review. **Algological studies**, n. 62, p. 69-106, 1991.

XAVIER, M. B. **Estudo comparativo da flora de Euglenaceae pigmentadas (Euglenophyceae) de lagos do Parque Estadual Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP**. Dissertação de Mestrado em Botânica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 378p., 1985.

ZENHDER_ALVES, L. **Fitoplâncton do reservatório Piraquara I, Piraquara, Paraná: fatores reguladores das dinâmicas temporal e vertical**. Dissertação de Mestrado em Botânica, Curitiba, 70p., 2003.