

KARIN FERRAZ BIESEMEYER

Variação nictemeral da estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica em função da temperatura da água nas épocas de seca e chuva em reservatório urbano raso mesotrófico (Lago das Ninféias), Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Área de concentração Plantas Avasculares e Fungos em Análises Ambientais.

**São Paulo, SP
2005**

KARIN FERRAZ BIESEMEYER

Variação nictemeral da estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica em função da temperatura da água nas épocas de seca e chuva em reservatório urbano raso mesotrófico (Lago das Ninféias), Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Área de concentração Plantas Avasculares e Fungos em Análises Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo de Mattos Bicudo

**São Paulo, SP
2005**

*Dedico este trabalho
aos meus queridos pais, Lucy e Clóvis,
por compreenderem meus passos, muitas vezes distantes
mas, sempre com muito amor, amizade e incentivo.*

"Se compreendemos e sentimos que já nesta vida estamos relacionados ao infinito, os desejos e atitudes se modificam. Finalmente, só valemos pelo fundamental e se não ascendemos a ele, a vida foi desperdiçada."
(Carl Gustav Jung)

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho reflete um processo muito rico e importante em minha vida, para o qual muitas pessoas contribuíram direta ou indiretamente. Quero agradecer-lhes com palavras, que reconheço não conseguirem expressar o sentimento que carrego dentro de mim, mas que são uma forma de comunicação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. **Carlos Eduardo de Mattos Bicudo**, Pesquisador Científico da Seção de Ecologia do Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, pela oportunidade concedida, pela confiança a mim depositada, pela orientação deste trabalho, mas principalmente pelo grande exemplo de sabedoria, convívio, paciência e compreensão. Realmente foi um grande aprendizado!

À Prof^a Dr^a **Denise de Campos Bicudo**, Pesquisadora Científico da Seção de Ecologia do Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, por ter confiado em mim e permitir participar de seus projetos, possibilitando-me ser útil e crescer profissional e pessoalmente através de exemplos de competência, garra e trabalho em equipe.

À equipe do Laboratório de Ecologia Aquática, **Alessandra, Amariles, Andréa, Ariane, Bárbara, Bia, Carla, Clóvis, Cro, Dorinha, Duda, Francis, Ilka, Marly, Sandra, Tati e Val**, pelo prestativo auxílio nas coletas e realização das análises, sempre com o maior cuidado e responsabilidade. Este trabalho nunca seria possível sem o auxílio dessa equipe. Reconheço o esforço e agradeço de coração a todos vocês.

Às colegas **Carla, Crossetti e Bárbara**, pelo enorme auxílio prestado desde o início, nas discussões e amadurecimento das idéias deste trabalho, pela força e paciência. Vocês foram maravilhosas comigo e espero, um dia, poder ajudar outros com o mesmo espírito de companheirismo.

Às colegas de sala dos estagiários, **Adriana, Andréa Maranhão, Lu Morandi, Patrícia, Sílvia Faustino e Silvia Sant'Anna**, pelos momentos especiais e por compartilharmos tantas experiências boas.

À **Lu Godinho**, amiga de coração desde o primeiro dia deste processo, pelo apoio, carinho, pelas boas conversas e pelo exemplo de amizade. Realmente, nada acontece por acaso e tenho certeza de que estamos juntas há muitas vidas. Amo muito você também!

Aos colegas de alojamento do IBt, **Diógina, Denilson, Patrícia, Lu e Adriano**, pelos primeiros momentos deste trabalho que passamos juntos, sempre com alegria e entusiasmo fundamentais, que proporcionaram uma carinhosa acolhida e um bem estar. Lembranças essas que nunca vou esquecer e desejo à todos um enorme sucesso!

Aos **pesquisadores, funcionárias de apoio e estagiários** da Seção de Ecologia. Aqui eu aprendi que, realmente, é o homem quem faz o meio e agradeço, de coração, por ter convivido em ambiente tão agradável, reflexo de pessoas boas que entenderam a importância da cooperação, da amizade e do respeito.

À **Coordenação do Programa de Pós-graduação do Instituto de Botânica**, pela grande oportunidade de aperfeiçoamento.

À **FAPESP**, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo apoio financeiro e concessão de bolsa de mestrado (Processo nº 02/10938-1), que foram essenciais para a realização deste trabalho e meu desenvolvimento profissional.

À **Direção do Instituto de Botânica** da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, atualmente exercida pelo Dr. Luiz Mauro Barbosa, por facultar o uso irrestrito de todas suas dependências e infra-estrutura durante esses anos de trabalho.

À Prof^a Dr^a **Jandira Líria Biscalquini Talamoni**, professora titular do Departamento de Biologia da Universidade Estadual Paulista, “campus” de Bauru, a quem tenho muita estima e admiração, por ter me mostrado o caminho e ser tão querida com todos.

Aos meus **familiares**, que estiveram sempre presentes neste processo, incentivando-me e apoiando. Aos meus tios **Helder e Lizete** e à minha querida avó **Norma**, que realmente vivenciaram meus passos de perto e me acolheram em São Paulo com inestimável carinho e auxílio. Amo muito vocês!

Ao meu grande amigo Dr. **Celso Charuri**, a quem devo meus eternos agradecimentos, por me permitir trabalhar na sua obra, por me mostrar a importância dos processos e objetivos e que a Vida pode ser muito mais feliz do que imaginamos.

Aos tantos **Amigos** de boa vontade, que trabalham por um mundo melhor, fortalecendo meu grande objetivo de vida e dando-me a oportunidade de reconhecer e exercer a verdadeira Amizade, princípio este tão nobre e absoluto.

Ao meu companheiro e amigo **Francisco**, merecedor de todo o meu afeto, por ter tornado minha vida muito mais bela, por me dar a oportunidade de amar e cuidar, por me ensinar a compartilhar, por ter me apresentado uma nova família, pelos sonhos e pela real amizade. Amo você!

Aos meus queridos irmãos, **Daniel** e **Vivian**, que, através da saudade, pude reconhecer o enorme amor que sinto por vocês.

Aos meus pais, **Lucy** e **Clóvis**. Hoje posso dizer que ser filha de vocês foi uma das melhores escolhas que fiz na vida, pois se estou aqui, com esta consciência, é porque faço parte de uma família maravilhosa que cuidou dos filhos com esforço, amor e responsabilidade. Aprendi que ser pai e mãe é se desprender da primeira manifestação de amor do ser humano, o egoísmo, para doar aos filhos. Por isso, meu desejo é poder retribuir esse lindo trabalho de vocês doando e exercendo utilidade. Meus eternos agradecimentos! Amo vocês e que Deus os abençoe sempre!

*“Não sei...
se a vida é curta ou longa demais pra nós,
Mas sei que nada do que vivemos tem sentido
se não tocamos o coração das pessoas.
Muitas vezes, basta ser:
Colo que acolhe,
braço que envolve,
palavra que conforta,
silêncio que respeita,
alegria que contagia,
lágrima que corre,
olhar que acaricia,
desejo que sacia,
amor que promove.
E isso não é coisa de outro mundo,
é o que dá sentido à vida.
É o que faz com que ela não seja nem curta,
nem longa demais, mas que seja intensa,
verdadeira, pura... Enquanto durar “.*
Cora Coralina

CONTEÚDO

INTRODUÇÃO GERAL	1
-------------------------	----------

CAPÍTULO 1: Variação nictemeral de características abióticas nas épocas de seca e chuva em reservatório urbano raso mesotrófico (Lago das Ninféias), Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo.	13
--	-----------

Introdução	14
Região estudada	15
Métodos de estudo	18
Resultados	21
Discussão	27
Conclusões	37
Referências citadas	38
Gráficos e tabelas	44

CAPÍTULO 2: Variação nictemeral da estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica nas épocas de seca e chuva em reservatório urbano raso mesotrófico (Lago das Ninféias), Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo.	75
---	-----------

Introdução	76
Região estudada	78
Métodos de estudo	81
Resultados	85
Discussão	94
Conclusões	108
Referências citadas	111
Gráficos e tabelas	116

DISCUSSÃO GERAL	141
------------------------	------------

RESUMO	147
---------------	------------

SUMMARY	148
----------------	------------

INTRODUÇÃO GERAL

Bacias hidrográficas são unidades naturais no estudo dos ecossistemas aquáticos continentais e terrestres. Suas características têm enorme influência nas condições químicas dos referidos sistemas. Especificando, o desenvolvimento da vegetação influencia, grandemente, junto com outros componentes bióticos e sob a ação do clima e do solo, a produção de matéria orgânica; e a interação destes fatores é fundamental para determinar a composição química dos sistemas aquáticos. Não são menos importantes, todavia, a ocupação e o uso do solo e as características morfológicas e morfométricas da bacia hidrográfica (RIOS & CALIJURI, 1995).

O impacto atual do homem sobre as águas continentais é grande e vem crescendo de maneira assustadora, pois, tradicionalmente, os rios sempre foram utilizados para eliminar os efluentes resultantes das atividades humanas. Outras ações antrópicas, tais como o corte e a queima das matas, o uso inadequado do solo provocando erosão, a agricultura, a construção de cidades e rodovias também vêm contribuindo, de maneira significativa, para aumentar a concentração de materiais na água de escoamento (MARGALEF, 1991).

Os estudos descritivos de reservatórios fornecem subsídios para a melhor compreensão dos problemas limnológicos básicos e possibilitam a utilização racional desses recursos segundo conceitos ecológicos de conservação e manejo (BARBOSA, 1981).

Os processos fisiológicos que ocorrem no fitoplâncton são influenciados pelas características ambientais que mudam desde diurnamente até sazonalmente (ICHIMURA, 1960). Segundo BARBOSA (1981), essa grande amplitude de variação dos processos limnológicos depende da localização geográfica e das características específicas do ambiente.

A radiação solar é responsável pela distribuição de calor na massa d'água e pode apresentar efeitos na tolerância dos organismos, solubilidade dos gases e estabelecer gradientes de densidade (HENRY & CURI, 1981). Segundo WETZEL & LIKENS (1991), forma-se na coluna vertical durante os períodos quentes um gradiente de densidade com

elevada estabilidade devido ao aquecimento rápido das camadas superficiais, que se tornam menos densas e com elevada resistência à mistura. Esse gradiente térmico corresponde a barreiras físicas para a circulação de nutrientes e organismos. Distinguem-se na coluna d'água, geralmente, três estratos:

- **Epilímnio:** a camada de água superior menos densa, aquecida mais ou menos uniformemente, que circula e possui alguma turbulência.
- **Hipolímnio:** estrato inferior de águas mais densas, mais frias e relativamente calmas.
- **Metalímnio:** a camada intermediária, com alterações térmicas acentuadas, situada entre o epilímnio e o hipolímnio. Nesse estrato, localiza-se a termoclina caracterizada por ser uma região com descontinuidade térmica e que constitui uma barreira física entre os estratos subjacentes e adjacentes (BARBOSA & PADISÁK, 2002).

Com o resfriamento das camadas superficiais, que pode ser influenciado pela ação dos ventos, os gradientes de densidade deixam de existir ocasionando uma condição de instabilidade física e conseqüente circulação vertical da massa d'água. Um dos principais efeitos da alternância entre estratificação e mistura é o transporte de nutrientes acumulados no fundo durante o período de estratificação e sua distribuição na zona eufótica, com conseqüente aumento da biomassa fitoplanctônica (TALLING, 1966).

Segundo WETZEL (2001), considerando a estrutura térmica, pode-se considerar três tipos de reservatórios:

1. **reservatórios com estratificação permanente:** apresentam perfis heterogêneos de temperatura, oxigênio e condutividade. Com diferenças de temperatura de 5 a 6°C entre superfície e fundo e presença de hipolímnio anóxico. Geralmente, são reservatórios localizados em vales;
2. **reservatórios sem estratificação permanente:** apresentam circulação contínua e constante, e oxigenação da superfície ao fundo. Geralmente são pequenos e com elevada vazão; e ...
3. **reservatórios com estratificações térmicas e químicas ocasionais:** apresentam períodos alternados de estratificação térmica e química e mistura, são reservatórios regulados em parte por variáveis climatológicas como vento e precipitação.

Os processos limnológicos físicos e químicos atuam diretamente na comunidade fitoplanctônica determinando sua distribuição no espaço e no tempo. Dessa forma, as amostragens em uma única dimensão podem não cobrir adequadamente toda a

variabilidade da comunidade de interesse, enquanto que, amostragens feitas em duas dimensões (espacial e temporal) são mais adequadas (HUSZAR & GIANI, 2004).

Os estudos limnológicos básicos em regiões tropicais e subtropicais ainda são, de modo geral, bastante escassos em relação aos desenvolvidos na região temperada (REYNOLDS *et al.*, 2000; HUSZAR & SILVA, 1999). No Brasil, estudos sobre a distribuição vertical do fitoplâncton freqüentemente adotam escalas de amostragens, arbitrárias, na superfície, meio e fundo do lago. Raramente são levados em conta os principais reguladores da distribuição das algas como o padrão de mistura e comportamento térmico do reservatório (HUSZAR & GIANI, 2004).

De acordo com HUSZAR & GIANI (2004), as escalas temporais adotadas em estudos fitoplanctônicos no Brasil, são:

- coletas pontuais em fases específicas de um ciclo hidrológico (exemplo lagoas de inundação);
- coletas mensais para estudos de longo prazo; e...
- coletas nictemerais ou de curtos períodos de tempo, que visam detalhar processos em dinâmica sucessional da comunidade.

Em regiões tropicais, o regime térmico e a luz são variáveis que determinam um padrão sazonal constante, de maneira que fatores como mistura, turbulência, chuvas e padrões diários de aquecimento solar conduzem a estratificação térmica temporária, desenvolvendo um padrão diário importante que influi na distribuição vertical dos nutrientes e do fitoplâncton, exercendo forte seleção na distribuição das espécies (REYNOLDS, 1984). Numa escala nictemeral (24 horas), as flutuações diárias de temperatura do ar e da água estabelecem padrões de heterogeneidade espacial do fitoplâncton, decorrentes da produção de gradientes de densidade (WETZEL, 2001). Além disso, as algas estão constantemente submetidas à manutenção da posição mais adequada na coluna d'água para a realização dos processos vitais que garantam sua sobrevivência (CALIJURI, 1999). Em regiões tropicais, a abordagem em curtos períodos de tempo permite salientar fenômenos de grande importância, com duração relativamente curta e freqüências irregulares que, no conjunto das variações sazonais, passariam facilmente despercebidos (CALIJURI, 1999). Segundo POWEL *et al.* (1984) existem, com relação ao comportamento térmico, geralmente três fases para o ciclo diurno. A primeira ocorre no início do dia, quando a coluna d'água apresenta-se isotérmica. A segunda ocorre nas horas mais quentes do dia, quando as camadas superficiais são aquecidas, formando-se um gradiente de

densidade, uma termóclina evidente e a coluna está estratificada. Finalmente, a terceira fase ocorre quando a camada superficial resfria e a coluna d'água desestratifica formando um perfil isotérmico.

Estudos que abordam o comportamento térmico em ambientes tropicais demonstraram a existência de estratificação e mistura da coluna d'água que podem ser estáveis dentro de um padrão sazonal (como mistura no inverno e estratificação no verão) e até diário. Dentre estes trabalhos, contam, por exemplo, os desenvolvidos na África por BAXTER *et al.* (1965), VINER (1970), GANF (1974), GANF & HORNE (1975), TAILLING (1957, 1966, 1969) e VERESCHI (1982). Na América do Sul, existem os trabalhos de LEWIS (1973, 1983), RAMIREZ & DIAS (1995) e RICHERSON (1992). No Brasil, especificamente em reservatórios rasos (entre 3-5 m) pode-se destacar os trabalhos de HENRY & CURI (1981), na represa do rio Pardo, NOGUEIRA & MATSUMURA-TUNDISI (1994) na Represa do Monjolinho, MARINHO (1994) e MERCANTE & BICUDO (1996) no Açude do Jacaré, HENRY (1999) no Lago das Garças, LOPES & BICUDO (2001) no Lago do IAG, TUCCI (2002) no Lago das Garças e de D. BICUDO *et al* (2002) em três reservatórios situados no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

A partir do estudo de DOTY & OGURI (1957) sobre as variações diurnas na taxa fotossintética em ambiente marinho, houve maior interesse da comunidade científica em se conhecer as variações diurnas de características abióticas (BARBOSA, 1981). MELACK & FISHER (1983) descreveram o comportamento do oxigênio em lagos de planície de inundação do rio Amazonas. ESTEVES *et al.* (1988) verificaram, durante um período de 48 horas, que as variações de alguns fatores abióticos poderiam estar relacionadas com o grau de exposição aos ventos. BARBOSA (1981) foi o primeiro a realizar um estudo realizado no Brasil sobre as variações verticais e nictemerais da comunidade fitoplanctônica em reservatório continental. Este autor verificou que além das características abióticas, a clorofila *a* e a produtividade primária foram fortemente influenciadas pelo comportamento térmico durante o período estratificado. Os trabalhos de TEIXEIRA (1982, 1986), na Enseada do Flamengo, enfatizaram a importância das mudanças diárias da temperatura, nutrientes, radiação solar e da clorofila *a* sobre as curvas de luz-fotossíntese em ambiente marinho. BOZELLI *et al.* (1990) verificaram em estudo nictemeral que a distribuição vertical de nutrientes e clorofila *a* foram influenciados principalmente pela ação dos ventos. ALVES *et al* (1988) no lago Paranoá, observaram que valores de pH, concentração de oxigênio dissolvido e densidade fitoplanctônica responderam ao processo de estratificação térmica, mostrando um gradiente vertical definido com maiores valores na superfície. Além disso,

esses autores verificaram que as diferenças entre as épocas seca e chuvosa foram maiores do que num ciclo de 24 horas. GAVILÁN-DIAS (1990) verificou que, além dos fatores climatológicos, o funcionamento mecânico do sistema influi diretamente no ciclo vertical e nictemeral de represas com finalidade de geração elétrica. BOZELLI *et al.* (1992) verificaram que em reservatórios rasos, como a represa municipal de São José do Rio Preto, a reduzida profundidade favorece estratificações térmicas pouco duradouras em algumas épocas e persistentes, durante 24 horas, em outras. HUSZAR *et al.* (1994) não registraram variação importante na composição e na densidade das algas tanto no intervalo nictemeral quanto verticalmente na coluna d'água, o que pode ter sido consequência do curto período de estratificação. BARBOSA (2003) verificou, na lagoa Carioca, que as variações diurnas exerceram influência sobre a distribuição dos fatores limnológicos e nutrientes e que a atelomixia parcial contribuiu na manutenção de desmídias no epilímnio e das cianofíceas no metalímnio.

Especificamente sobre o Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, já foram realizados estudos sobre o clima da região, o tipo de solo, a fitossociologia do estrato arbóreo da floresta e o levantamento florístico fanerogâmico. Encontram-se ainda em andamento os levantamentos criptogâmico e polínico. Mais recentemente, desde 1962, através da interpretação de fotografias aéreas pancromáticas está-se avaliando a evolução do uso do solo no PEFI (C. BICUDO *et al.*, 2002).

Dentre os reservatórios localizados no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), o Lago das Garças tem recebido maior atenção em termos de pesquisas realizadas, uma vez que se encontra em elevado grau de eutrofização. Estudos sobre a comunidade fitoplanctônica e perifítica com abordagens ecológica foram realizados por RAMÍREZ (1996), MOURA (1996), REIS (1998), NOGUEIRA (1997), SANT'ANNA *et al.* (1989, 1997), NOGUEIRA & RAMIREZ (1998), LOPES (1999), C. BICUDO *et al.* (1999), D. BICUDO *et al.* (1999), CARMO (2000), GENTIL (2000), MERCANTE (2000), VERCELLINO (2001) e D. BICUDO *et al.* (2002). Trabalhos experimentais utilizando mesocosmos foram realizados por CROSSETTI (2002) e BARCELOS (2003). Com relação ao Lago das Ninféias existem os trabalhos ecológicos de BICUDO (1984), MOURA (1997) e D. BICUDO *et al.* (2002). RAMÍREZ (1996) e LOPES (1999) foram os únicos trabalhos dedicados ao estudo das variações vertical e nictemeral das características abióticas e estrutura da comunidade fitoplanctônica em ambientes do PEFI. O primeiro abordou o Lago das Garças trabalhando os dados oriundos de um dia de amostragem nictemeral realizada em cada uma das quatro estações climáticas de um ano. O segundo abordou o Lago do IAG trabalhando os dados

coletados em sete dias consecutivos de amostragem nictemeral realizada em dois períodos climáticos (seco e chuvoso). RAMÍREZ (1996) registrou que a altura da zona de mistura diminuiu progressivamente do verão para a primavera, quando o sistema se mostrou estratificado, o que determinou o sentido da sucessão da comunidade fitoplanctônica e a variabilidade das características físicas e químicas analisadas. LOPES (1999) verificou maior diversidade fitoplanctônica no período chuvoso e identificou a zona de mistura como o principal fator de perturbação no Lago do IAG, a qual não foi associada com o trabalho do vento, mas os ciclos diários de aquecimento e esfriamento sobre a coluna d'água.

Visto a importância de abordagens nictemerais em reservatórios de regiões tropicais, a influência do comportamento térmico de um reservatório sobre a comunidade fitoplanctônica e a escassez de estudos com esse tipo de abordagem pretendeu-se, com este trabalho, contribuir com informações sobre a variação nictemeral e vertical das características limnológicas físicas e químicas além da distribuição da comunidade fitoplanctônica em função destas características, bem como fornecer informação sobre o comportamento térmico em um reservatório tropical raso.

1.1.

Hi

póteses

- 1) A distribuição da comunidade fitoplanctônica e as variáveis químicas da coluna d'água são influenciadas pela estrutura térmica do reservatório. E...
- 2) Há diferenças no padrão de estratificação e mistura no Lago das Ninféias considerando as horas e os períodos seco e chuvoso.

1.2.

Objetivos

- 1) Identificar o perfil térmico do Lago das Ninféias ao longo de 24 horas em duas estações distintas (seca e chuvosa);
- 2) Identificar o perfil vertical das características químicas, físicas e biológicas (comunidade fitoplanctônica);
- 3) Relacionar o perfil térmico com o perfil de nutrientes e a estrutura da comunidade fitoplanctônica;
- 4) Verificar diferenças temporais (seca e chuva), nictemerais e verticais dessas relações.

REFERÊNCIAS CITADAS

- Alves, V.R.E., Cavalcanti, C.G.B. & Mattos, S.P.** 1988. Análise comparativa de parâmetros físicos, químicos e biológicos, em um período de 24 horas, no lago Paranoá, Brasília, DF., Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 2: 199-218.
- Barbosa, F.A.R.** 1981. Variações diurnas (24 horas) de parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária do fitoplâncton na lagoa Carioca, Parque Florestal do Rio Doce, MG, Brasil. Tese de Doutorado. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. 207 p.
- Barbosa, F.A.R. & Padisák, J.** 2002. The forgotten lake stratification pattern: atelomixis, and its ecological importance. *International Association of Theoretical and Applied Limnology*, 28: 1385-1395.
- Barbosa, L.G.** 2003. Variações diurnas na composição, estrutura e biomassa da comunidade fitoplanctônica da lagoa Carioca-Parque Estadual do Rio Doce, MG. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 144 p.
- Barcelos, E.M.** 2003. Avaliação do perifíton como sensor da oligotrofização experimental em reservatório urbano (Lago das Garças, São Paulo). Dissertação de Mestrado. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista. 75 p.
- Baxter, R.M., Prosser, M.V. Talling, J.F. & Wood, R.B.** 1965. Stratification in tropical African lakes at moderate altitudes (1500 to 2000 m). *Limnology and Oceanography*, 10: 510-520.
- Bicudo, C.E.M., Ramírez, R., J.J., Tucci, A. & Bicudo, D.C.** 1999. Dinâmica de populações fitoplanctônicas em ambiente eutrofizado. *In: Henry, R. (org.). Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais.* Botucatu: FAPESP/FUNDIBIO. p. 451-507.
- Bicudo, C.E.M., Carmo, C.F, Bicudo, D.C., Henry, R., Pião, A.C.S., Santos, C.M. & Lopes, M.R.M.** 2002. Morfologia e morfometria de três reservatórios no PEFI. *In: Bicudo, D.C., Forti, M.C. & Bicudo, C.E.M. (orgs.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo.* São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. p. 141-158.

- Bicudo, D.C.** 1984. Algas epífitas (exceto diatomáceas) do Lago das Ninféias, São Paulo: levantamento e aspectos ecológicos. Tese de Doutorado. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista. 479 p.
- Bicudo, D.C., Tucci, A., Ramírez R., J.J., Carmo, C.F., Nogueira, N.M.C. & Bicudo, C.E.M.** 1999. Escala de amostragem e variabilidade de fatores limnológicos em reservatório eutrofizado (Lago das Garças, São Paulo). *In: Henry, R.* (ed.). Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: FUNDIBIO/FAPESP. p. 409-448.
- Bicudo, D.C., Forti, M.C., Carmo, C.F., Bourotte, C., Bicudo, C.E.M., Melfi, A.J., Lucas, Y.** 2002. A atmosfera, as águas superficiais e os reservatórios do PEFI: caracterização química. *In: Bicudo, D.C., Forti, M.C. & Bicudo, C.E.M.* (orgs.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. p. 161-200.
- Bozelli, R.L., Esteves, F.A., Camargo, A.F.M., Roland, F. & Thomas, S.M.** 1990. Dinâmica nictemeral dos principais nutrientes inorgânicos e clorofila *a* em duas lagoas costeiras fluminenses. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 3(1): 319-346.
- Bozelli, R.L., Thomaz, S.M., Roland, F. & Esteves, F.A.** 1992. Variações nictemerais e sazonais de alguns fatores limnológicos na represa municipal de São José do Rio Preto, São Paulo. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 4: 53-66.
- Calijuri, M.C.** 1999. A comunidade fitoplanctônica em um reservatório tropical (Barra Bonita, SP). Tese de Livre Docência. São Carlos: Universidade de São Paulo. 211 p.
- Carmo, C.F.** 2000. Aporte de nutrientes, nitrogênio e fósforo e sua relação com os impactos antropogênicos em um lago urbano (Lago das Garças), São Paulo, SP, Brasil. Dissertação de Mestrado. São Carlos: Universidade de São Paulo. 138 p.
- Crossetti, L.O.** 2002. Efeitos do empobrecimento experimental de nutrientes sobre a comunidade fitoplanctônica em reservatório eutrófico raso, Lago das Garças, São Paulo. Dissertação de Mestrado. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo. 119 p.
- Doty, M.S. & Oguri, M.** 1957. Evidence for a photosynthetic daily periodicity. *Limnology and Oceanography*, 2: 37-40.
- Esteves, F. A., Bozelli, R. L., Camargo, A. F. M., Roland, F. & Thomas, S. M.** 1988. Variação diária (24 horas) de temperatura, O₂ dissolvido, pH e alcalinidade em duas lagoas costeiras do eEstado do Rio de Janeiro e sua implicações no metabolismo destes ecossistemas. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 2: 129-151.

- Ganf, G.G.** 1974. Incident solar irradiance and underwater light penetration as factors controlling the chlorophyll *a* content of shallow equatorial lake (lake George, Uganda). *Journal of Ecology*, 62: 593-609.
- Ganf, G.G. & Horne, A.J.** 1975. Diurnal stratification, photosynthesis and nitrogen fixation in a shallow, equatorial lake (lake George, Uganda). *Freshwater Biology*, 5: 13-39.
- Gavilán-Dias, R.A.** 1990. Flutuações nictemerais dos fatores ecológicos na Represa de Barra Bonita, médio Tietê, SP. Dissertação de Mestrado. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. 175 p.
- Gentil, R.C.** 2000. Variação sazonal do fitoplâncton de um lago subtropical eutrófico (Lago das Garças) e aspectos sanitários, São Paulo, SP. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Universidade de São Paulo. 134 p.
- Henry, R.** 1999. Heat budgets, thermal structure and dissolved oxygen in Brazilian reservoirs. *In: Tundisi, J.G. & Straškraba, M.* (eds.). *Theoretical reservoir ecology and its application*. Leiden: Blackhuys Publishers. p. 125-152.
- Henry, R. & Curi, P.R.** 1981. Influências de parâmetros climatológicos sobre alguns fatores físico-químicos da represa do rio Pardo (Botucatu, SP). *Revista Brasileira de Biologia*, 41(2): 299-306.
- Huszar, V.L.M. & Giani, A.** 2004. Amostragem da comunidade fitoplanctônica em águas continentais: reconhecimento de padrões espaciais e temporais. *In: Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C.* (orgs.). *Amostragem em limnologia*. São Carlos: RiMa Editora. p. 133-145.
- Huszar, V.L.M. & Silva, L.H.S.** 1999. A estrutura da comunidade fitoplanctônicas no Brasil: cinco décadas de estudos. *Limnotemas, SBL*, 2: 21.
- Huszar, V.L.M., Werneck, A.M. & Esteves, F.A.** 1994. Dinâmica nictemeral (48 h) da comunidade fitoplanctônica em relação aos principais fatores abióticos na Lagoa Juparanã, Linhares, Espírito Santo, Brasil: Fevereiro de 1987. *Revista Brasileira de Biologia*, 54(1): 111-134.
- Ichimura, S.** 1960. Diurnal fluctuation of chlorophyll content in lake water. *Botanical Magazine of Tokyo*, 73: 217-224.
- Lewis Jr., W.M.** 1973. The thermal regime of lake Lanao (Philippines) and theoretical implications for tropical lakes. *Limnology and Oceanography*, 18: 200-217.
- Lewis Jr., W.M.** 1983. Temperature, heat and mixing in Lake Valencia, Venezuela. *Limnology and Oceanography*, 28: 273-286.

- Lopes, M.R.M.** 1999. Eventos perturbatórios que afetam a biomassa, a composição e a diversidade de espécies do fitoplâncton em um lago tropical oligotrófico raso (Lago do Instituto Astronômico Geofísico, São Paulo, SP). Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo. 213 p.
- Lopes, M.R.M. & Bicudo, C.E.M.** 2001. Short-term variation of physical characteristics of a shallow subtropical oligotrophic reservoir southeast Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 12(2): 87-98.
- Margalef, R.** 1991. Teoria de los sistemas ecológicos. Barcelona: Ed. Universitat de Barcelona. 290 p.
- Marinho, M.M.** 1994. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica de um pequeno reservatório raso densamente colonizado por macrófitas aquáticas submersas (Açude do Jacaré, Mogi-Guaçu, SP., Brasil). Dissertação de Mestrado. São Paulo: Universidade de São Paulo. 150 p.
- Melack, J.M. & Fischer, T.R.** 1983. Diel oxygen variations and their ecological implications in Amazon flood-plain lakes. *Archiv für Hydrobiologie*, 98: 422-442.
- Mercante, C.T.J.** 2000. Dinâmica da assimilação de amônio e nitrato no reservatório do IAG, São Paulo. Tese de Doutorado. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. 143 p.
- Mercante, C.T. & Bicudo, C.E.M.** 1996. Variação espacial e temporal de características físicas e químicas no Açude do Jacaré, Moji Guaçu, estado de São Paulo. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 8: 75-101.
- Moura, A.N.** 1997. Estrutura e produção primária da comunidade perifítica durante o processo de colonização em substrato artificial no lago das Ninféias, SP, Brasil. Dissertação de Mestrado. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista. 263 p.
- Moura, A.T.N.** 1996. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica numa lagoa eutrófica, São Paulo, SP, Brasil, a curtos intervalos de tempo: comparação entre épocas de chuva e seca. Dissertação de Mestrado. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista. 172 p.
- Nogueira, M.G. & Matsumura-Tundisi, T.** 1994. Limnologia de um sistema artificial raso (Represa do Monjolinho, São Carlos, SP.): dinâmica das variáveis físicas e químicas. *Revista Brasileira de Biologia*, 54(1): 147-159.
- Nogueira, N.M.C.** 1997. Dinâmica populacional de *Microcystis aeruginosa* Kützing (Cyanophyceae/Cyanobacteria) ao longo de um ano no Lago das Garças, SP, Brasil. Dissertação de mestrado. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista. 150 p.

- Nogueira, N.M.C., Ramírez R., J.J.** 1998. Variação mensal da condição trófica do lago das Graças (São Paulo, SP, Brasil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 10(2): 21-34.
- Powell, T., Kirkish, M.H., Neale, P.J. & Richerson, P.J.** 1984. The diurnal cycle of stratification in Lake Titicaca: Eddy diffusion. *Internationale Vereinigung für Theoretische Angewandte Limnologie*, 22: 1237-1243.
- Ramírez R., J.J.** 1996. Variações espacial vertical e nictemeral da estrutura da comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais em quatro dias de amostragem de diferentes épocas do ano no Lago das Garças, São Paulo. Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo. 283 p.
- Ramírez, R. J.J. & Díaz, C.A.** 1995. Câmbios diurnos de temperatura y variables físicas y químicas en dos épocas del año en la laguna del Parque Norte, Colombia. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 7: 87-104.
- Reis, L.A.M.** 1998. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga: utilização e degradação. Monografia de Graduação. São Paulo: Universidade de São Paulo. 77 p.
- Reynolds, C.S.** 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press. 365 p.
- Reynolds, C.S, Reynolds, S.N. & Munawar, I.F.** 2000. The regulation of phytoplankton population dynamics in the world's largest lakes. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3: 1-21.
- Richerson, P.J.** 1992. The thermal stratification regime in lake Titicaca. *In: Dejoux, C. & Iltis, A.* (eds). Lake Titicaca. Amsterdam: Kluwer Academic Publications. p. 120-130
- Rios, L. & Calijuri, M.C.** 1995. A bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão: uma proposta de ordenação das sub-bacias através de variáveis limnológicas. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 7: 151-161.
- Sant'Anna, C.L., Azevedo, M.T.P. & Sormus, L.** 1989. Fitoplâncton do Lago das Garças, São Paulo, SP. *Hoehnea*, 24(1): 67-86.
- Sant'Anna, C.L., Sormus, L., Tucci, A. & Azevedo, M.T.P.** 1997. Variação sazonal do fitoplâncton do Lago das Garças, São Paulo, SP, Brasil. *Hoehnea*, 24(1): 67-86.
- Talling, J.F.** 1957. Diurnal changes of stratification and photosynthesis in some tropical Africa waters. *Proceedings of the Royal Society of London: sér. B*, 147: 57-83.
- Talling, J.F.** 1966. The annual cycle of stratification and phytoplankton growth in lake Victoria (East Africa). *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 51(4): 545-621.

- Talling, J.F.** 1969. The incidence of vertical mixing and some biological and chemical consequences in tropical African lakes. *Internationale Vereinigung für Theoretische Angewandte Limnologie*, 17: 998-1012.
- Teixeira, C.** 1982. A influência das variações nictemeral e sazonal sobre as curvas de luz-fotossíntese. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 31(1): 55-67.
- Teixeira, C.** 1986. Daily variation of marine primary production in the Flamengo inlet, Ubatuba region, southern Brazil. *Anais do Simpósio Internacional de Algas*. p. 97-108.
- Tucci, A.** 2002. Sucessão da comunidade fitoplanctônica de um reservatório urbano eutrófico, São Paulo, SP. Brasil. Tese de Doutorado. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista. 272 p.
- Vercellino, I.S.** 2001. Sucessão da comunidade de algas perifíticas em dois reservatórios do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo: influência do estado trófico e período climatológico. Dissertação de Mestrado. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista. 176 p.
- Vereschi, E.** 1982. The ecology of lake Nakuru (Kenya), 3: abiotic factors and primary production. *Oecology*, 55: 81-101.
- Viner, A.B.** 1970. Hydrology of lake Volta, Ghana, 2: some observations on biological features associate with morphology and water stratifications. *Hydrobiologia*, 35: 230-248.
- Wetzel, R.G.** 2001. *Limnology: lake and river ecosystems*. San Diego: Academic Press. 1006 p. (3^a ed.)
- Wetzel, R.G. & Likens, G.E.** 1991. *Limnological analyses*. New York: Springer-Verlag. 391 p. (2^a ed.).

Variação nictemeral de características abióticas nas épocas de seca e chuva em reservatório urbano raso mesotrófico (Lago das Ninféias), Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo

Abstract: Ninféias Pond is located in the Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, south of municipality of São Paulo. It is a small ($7,170 \text{ m}^3$) and shallow ($Z_{\text{máx.}} = 3 \text{ m}$) reservoir. In the tropics, factors as mixing, precipitation, and daily patterns of solar heating lead to temporary thermal stratification developing a daily pattern that reflects in the vertical distribution of nutrients and phytoplankton. Consequently, short time interval approaches allows emphasizing phenomena of great importance that have relatively short duration and irregular frequency. Present research aimed at understanding interactions between the water column thermal profile and its physical and chemical features. Samples were collected during the summer (rainy season) and winter (dry season) at 3 hr interval, starting at 07:00 hr of one day and finishing up at 07:00 hr of the next day. Before each sampling, the water column thermal profile was identified in order to determine sampling depths, which were the upper layer (epilimnion), intermediate layer (metalimnion), and lower layer (hypolimnion). The following water features were studied: optical profile, thermal profile, electric conductivity, pH, CO_2 , bicarbonates, nitrogen and phosphorus forms, and orthosilicate. Thermal stratification occurred during both seasons of the year (dry and rainy). There was never a complete mixing of the water column. Mixing zone reached up to 1 m deep. Despite of existence of a thermal gradient, chemical stratification was not detected during the winter for none of the environment characteristics studied. During the summer, however, chemical stratification was present. During both seasons a temporary thermocline with superficial atelomixis was present during the night period.

Key words: nictemeral variation, temperature, tropical urban reservoir, chemical stratification, thermal stratification.

Resumo: O Lago das Ninféias está situado no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, sul do município de São Paulo. É um reservatório pequeno (7.170 m^3) e raso ($Z_{\text{máx.}} = 3 \text{ m}$). Em regiões tropicais, fatores como mistura, chuvas e padrões diários de aquecimento solar conduzem a estratificação térmica temporária desenvolvendo um padrão diário que influi na distribuição vertical de nutrientes e do fitoplâncton. Por isso, abordagens em curtos períodos de tempo permitem salientar fenômenos de grande importância, que possuem duração relativamente curta e frequências irregulares. O trabalho pretendeu entender as interações do perfil térmico com a coluna d'água e suas características físicas e químicas. As amostras foram coletadas no verão (estação de chuva) e no inverno (estação seca) a cada três horas, começando às 07:00 h de um dia e terminando às 07:00 h do dia seguinte. Antes de cada coleta, foi identificado o perfil térmico da coluna d'água para determinar as profundidades de amostragem que foram: camada superior (epilímnio), camada média (metalímnio) e camada inferior (hipolímnio). As seguintes características foram analisadas: perfil óptico, perfil térmico, condutividade, pH, gás carbônico, bicarbonato, formas de nitrogênio e fósforo, além de ortossilicato. As estratificações térmicas ocorreram nas duas estações do ano e, portanto, não houve mistura completa da coluna

d'água. A zona de mistura atingiu até 1 m de profundidade. Apesar da existência de um gradiente de temperatura, para nenhuma característica analisada observou-se estratificação química durante o período seco. No período, a estratificação química foi evidente. Em ambas estações ocorreram formações de uma termóclina temporária com atelomixia superficial durante a noite.

Palavras-chave: variação nictemeral, temperatura, reservatório urbano tropical, estratificação química, estratificação térmica.

1 1. INTRODUÇÃO

Durante os períodos quentes forma-se na coluna d'água um gradiente vertical de densidade com elevada estabilidade devido ao aquecimento rápido das camadas superficiais, que se tornam menos densas e com elevada resistência à mistura. Esse gradiente térmico corresponde à barreira física para a circulação de nutrientes e organismos. Distinguem-se na coluna d'água, geralmente, três estratos: epilímnio, metalímnio e hipolímnio. Com o resfriamento das camadas superficiais, que pode ser influenciado pela ação dos ventos, os gradientes de densidade deixam de existir ocasionando uma condição de instabilidade física e conseqüente circulação vertical da massa d'água (WETZEL, 2001).

Em regiões tropicais, fatores como mistura, turbulência, chuvas e padrões diários de aquecimento solar conduzem a estratificação térmica temporária, desenvolvendo um padrão diário importante que influi na distribuição vertical dos nutrientes e do fitoplâncton e exercendo forte seleção na distribuição das espécies (REYNOLDS, 1984). BARBOSA (1981) sugeriu a possibilidade das variações diurnas exercerem um papel mais significativo do que as variações sazonais no metabolismo da Lagoa Carioca.

No Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, RAMÍREZ (1996) e LOPES (1999) foram os únicos trabalhos dedicados ao estudo das variações vertical e nictemeral das características abióticas e estrutura da comunidade fitoplanctônica. O primeiro abordou o Lago das Garças trabalhando os dados de um dia de amostragem nictemeral realizada em cada uma das quatro estações climáticas de um ano. O segundo abordou o Lago do IAG, um ambiente oligotrófico, trabalhando os dados coletados em sete dias consecutivos de amostragem nictemeral realizada durante os períodos seco e chuvoso. RAMÍREZ (1996) verificou que a altura da zona de mistura diminuiu progressivamente do verão para a primavera, quando o sistema se mostrou estratificado, o que determinou o sentido da

sucessão da comunidade fitoplanctônica e a variabilidade das características físicas e químicas do ambiente. LOPES (1999) observou a maior diversidade fitoplanctônica no período chuvoso e identificou a zona de mistura como o principal fator de perturbação no reservatório do IAG, a qual não foi, entretanto, associada com o trabalho do vento, mas aos ciclos diários de aquecimento e esfriamento sobre a coluna d'água.

Considerando a importância das abordagens nictemerais em reservatórios de regiões tropicais, a influência do comportamento térmico de um reservatório sobre a comunidade fitoplanctônica e a escassez de estudos com esse tipo de abordagem, pretendeu-se, com este trabalho, contribuir para o entendimento da variação nictemeral e vertical das características limnológicas físicas e químicas e fornecer informações sobre comportamento térmico em reservatório tropical raso.

2. REGIÃO ESTUDADA

O Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) situa-se na região sudeste do município de São Paulo entre os paralelos 23° 38' 08"S e 23° 40' 18"S e os meridianos 46° 36' 48"W e 46° 38' 00"W e tem a área total de 526,38 ha (BARBOSA *et al.*, 2002) (Fig. 1- 2).

As áreas preservadas, de vegetação natural, constituem um dos últimos remanescentes de Mata Atlântica no meio de uma região densamente urbanizada da cidade de São Paulo. Constitui a terceira maior mancha verde situada em área metropolitana de toda a América Latina. Nas porções sob jurisdição do Instituto de Botânica, da Fundação Parque Zoológico e do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade de São Paulo estão situadas as 24 nascentes do histórico riacho Ipiranga.

O clima da área é do tipo **B₃ B'₃ r s₂ a**, isto é, um clima úmido, mesotérmico, sem deficiência de água, com grande excesso de água no verão e evapotranspiração potencial no verão correspondente e 34,3% em relação ao ano todo (SANTOS & FUNARI, 2002).

O relevo apresenta altitudes entre 770 e 825 m e faz parte das colinas dos rebordos do espigão central da cidade de São Paulo (AB'SABER, 1957). Quanto a geomorfologia, a área pertence à Província do Planalto Atlântico, Zona do Planalto Paulistano, na Bacia

Sedimentar de São Paulo, de origem flúvio-lacustre e, provavelmente, pleiocênica (AB'SABER, 1956; ALMEIDA, 1974).

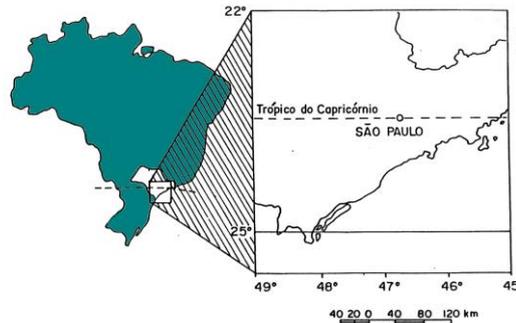


Figura 1. Mapa do estado e a cidade de São Paulo (modificado de STRUFFALDI-DE-VUONO, 1985). Elaborado pela Seção de Urbanização e Paisagismo do Instituto de Botânica, em 1970.

Brasil salientando o São Paulo



Figura 2. Imagem de satélite do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) circunscrito pela malha urbana da Grande São Paulo (fonte: www.iag.usp.br).

O Lago das Ninféias (Tab. 1, Fig. 3) é um reservatório raso, mesotrófico e densamente povoado por macrófitas enraizadas. A estação de coleta está localizada no local mais profundo do reservatório ($Z_{\text{máx.}} = 3,5$ m), destituída de macrófitas. É a mesma estação utilizada para as amostragens do projeto maior intitulado “Tipologia, monitoramento e recuperação de corpos d’água da Reserva Biológica do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo”, descrito em D. Bicudo *et al.* (2002) (fig. 3 A-B).

Tabela 1. Características morfométricas primárias e secundárias do Lago das Ninféias. Fonte: C. BICUDO *et al.* (2002).

Característica	Valor
Comprimento máximo	187 m
Largura máxima	52,6 m
Perímetro	512,1 m
Área	5.433 m ²
Volume	7.170 m ³
Profundidade máxima ($Z_{\text{máx.}}$)	3,6 m
Profundidade média (Z)	1,32 m
Profundidade relativa	4,3%
Desenvolvimento do perímetro (DL)	1,96
Desenvolvimento do volume (DV)	1,10
Declividade média	8,65%
Tempo médio de residência	7,2 dias

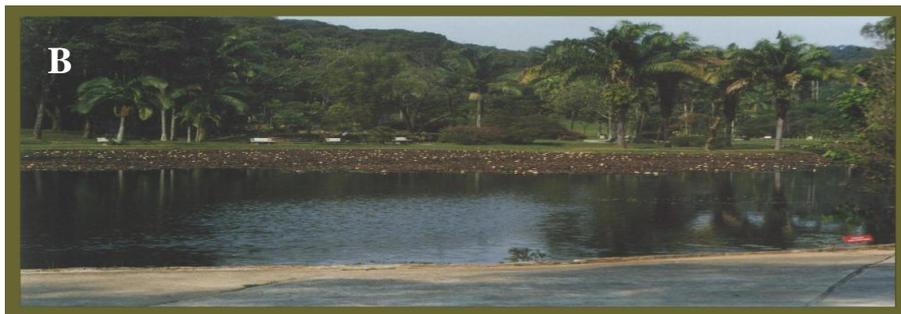
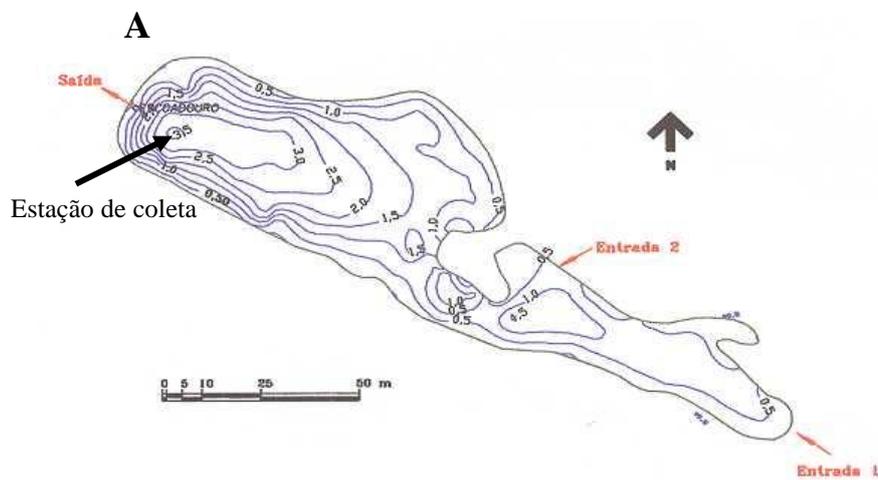


Figura 3. Localização do Lago das Ninféias no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. (A) mapa batimétrico do Lago das Ninféias; (B) vista parcial do Lago das Ninféias (fotografia Karin F. Biesemeyer).

3. MÉTODOS DE ESTUDO

4.1

4.1 3.1. Amostragem

As amostras de água foram coletadas, a cada três horas em duas ocasiões (período seco = 9-10 de julho de 2003 e período chuvoso = 19-20 de janeiro de 2004) começando às 07:00 h de um dia e terminando às 07:00 h do dia seguinte. Antes de cada coleta foi elaborado o gráfico do perfil térmico do lago, com medições a cada 10 cm de profundidade, para determinação dos 3 estratos a serem amostrados como segue: (1) no estrato acima do maior gradiente de temperatura (superior), (2) no estrato abaixo do maior gradiente de temperatura (inferior) e (3) no estrato com o maior gradiente de temperatura (médio). Foram coletadas 27 amostras para cada estação (chuva e seca) totalizando 54 amostras. O primeiro horário amostrado foi denominado 07:00 h (A) e o último 07:00 h (B).

As amostragens foram realizadas com o auxílio da garrafa de van Dorn utilizando-se réplicas verdadeiras, de onde foram retiradas alíquotas, as quais foram acondicionadas em frascos de polietileno para as análises de nutrientes, pH, turbidez e condutividade. Para a análise de oxigênio dissolvido, as alíquotas foram acondicionadas em frascos âmbar com volume conhecido, fixadas em campo e mantidas em caixas térmicas, com gelo, até a titulação em laboratório.

4.1 3.2. Clima

Os dados climáticos (insolação, intensidade e sentido de propagação do vento, temperaturas diárias e horárias máxima, média e mínima do ar e precipitação pluvial) foram fornecidos pelo Observatório Alexandre Postoiiev (antigo Observatório de São Paulo) do Centro de Pesquisas e Tecnologia da Universidade de São Paulo, o qual está situado à distância de aproximadamente 800 m do local de amostragem.

4.1 3.3. Características limnológicas abióticas

Foi feito o perfil térmico (°C) a cada 10 cm de profundidade utilizando uma multisonda YSI modelo 610-D. A partir dos dados de temperatura foram calculadas a profundidade da zona de mistura (Z_{mix}) e a resistência térmica relativa à circulação (RTR).

Para delimitação da **zona de mistura** e, conseqüentemente, do limite superior da termóclina foram usados os critérios de REYNOLDS (1984) e LEWIS (1983). Segundo o primeiro autor, a camada que se estende desde a superfície até onde o gradiente de densidade é maior ou igual a $0,02 \text{ kg.m}^{-1}$ corresponde à zona de mistura. Em ambientes tropicais com temperatura atmosférica entre 15 e 25°C, tal gradiente de densidade corresponde a uma diferença de temperatura na coluna d'água de aproximadamente 0,2°C por metro (LEWIS, 1983). Desta forma, o limite inferior da termóclina ou **início do hipolímnio** foi presentemente definido a partir da profundidade onde a diferença de temperatura entre a parte superior e a inferior de um determinado estrato (10 cm) foi menor do que $0,2^\circ\text{C.m}^{-1}$ ($0,02^\circ\text{C.10 cm}^{-1}$).

Para determinar a **extensão da termóclina** (metalímnio) utilizou-se o critério adotado em HENRY & BARBOSA (1989) que consiste no seguinte: ao determinar a diferença de 0,3°C por metro (0,03°C por 10 cm), a termóclina existirá enquanto houver uma diferença maior ou igual a 0,3°C por metro (0,03°C por 10 cm) entre as profundidades consideradas.

A **RTR** foi calculada segundo SHÄFER (1985) e DADON (1995) utilizando a razão entre a diferença de densidade da água dos estratos inferior e superior de uma dada camada da água (ora definida como sendo de 10 cm) e a diferença de densidade da água à temperatura de 4°C e 5°C. Para o cálculo da densidade da água foi utilizada a tabela de densidades em DADON (1995).

$$\text{RTR} = (d_2 - d_1) / 8 \times 10^{-6}$$

onde:

d_1 = densidade da água na temperatura do estrato superior;

d_2 = densidade da água na temperatura do estrato inferior;

8×10^{-6} = diferença de densidade da água entre 4°C e 5°C.

As variáveis físicas e químicas analisadas e os respectivos métodos foram os seguintes:

- **transparência da água:** disco de Secchi branco e preto, de 20 cm de diâmetro.
- **Zona eufótica:** valor da transparência multiplicado por 3.
- **coeficiente de atenuação vertical da luz:** conforme WETZEL & LIKENS (1991).
- **condutividade elétrica:** condutivímetro digital marca Digimed, modelo CD-21, leitura direta em $\mu\text{S. cm}^{-1}$.
- **turbidez:** turbidímetro marca Micronal, modelo B250, leitura em FTU.
- **oxigênio dissolvido:** método clássico de Winkler (modificado pela azida) descrito em GOLTERMAN *et al.* (1978). Os valores de oxigênio dissolvido foram expressos em mg.L^{-1} .
- **pH, alcalinidade:** pH foi medido através de potenciômetro digital marca Micronal, modelo B-378 e os valores de alcalinidade calculados segundo GOLTERMAN & CLYMO (1969) e expressos em mEq.L^{-1} .
- **carbono inorgânico, CO_2 livre e HCO_3 :** as formas de carbono determinadas utilizando os valores de alcalinidade conforme técnica em MACKERETH *et al.* (1978) e expressas em mg.L^{-1} .
- **NH_4^+ :** método espectrofotométrico segundo SOLORZANO (1969) e valores expressos em $\mu\text{g.L}^{-1}$.
- **NO_3^+ :** método espectrofotométrico segundo MACKERETH *et al.* (1978) e valores expressos em $\mu\text{g.L}^{-1}$.
- **NO_2 :** método espectrofotométrico segundo MACKERETH *et al.* (1978) e valores expressos em $\mu\text{g.L}^{-1}$.
- **Nitrogênio total (NT):** método espectrofotométrico segundo VALDERRAMA (1981) e valores expressos em $\mu\text{g.L}^{-1}$.
- **Si(OH)_4 :** método espectrofotométrico segundo GOLTERMAN *et al.* (1978) e valores expressos em mg.L^{-1} .
- **Fósforo total (PT):** método espectrofotométrico segundo VALDERRAMA (1981) e valores expressos em $\mu\text{g.L}^{-1}$.
- **fósforo dissolvido total (PDT):** método espectrofotométrico segundo STRICKLAND & PARSONS (1960) e valores expressos em $\mu\text{g.L}^{-1}$.
- **Ortofosfato (PO_4):** método espectrofotométrico segundo STRICKLAND & PARSONS (1960) e valores expressos em $\mu\text{g.L}^{-1}$.

4.1 3.4. Análise estatística

Foram realizadas análises descritivas calculando-se a média aritmética como medida de tendência central, desvio padrão para obtenção do grau de dispersão absoluta dos dados e coeficiente de variação de Pearson (CV) para obtenção da dispersão relativa.

Foi feita análise de ordenação (**ACP, Análise de Componentes Principais**) em relação às variáveis abióticas com as unidades amostrais dos dois períodos ($n = 54$). Os dados originais foram transformados pela sua amplitude de variação por logaritmo ($\log x + 1$) utilizando-se o programa FITOPAC (SHEPHERD, 1996). Para realizar a ACP, utilizou-se o programa PC-ORD, versão 4.0, para Windows (MCCUNE & MEFFORD, 1997).

3 4. RESULTADOS

4.1 4.1. Clima

Os valores mensais de temperatura do ar e precipitação (Tab. 2-3, pág. 43) indicaram que o mês de janeiro de 2004 apresentou clima úmido e quente, com a temperatura máxima registrada de 31,9°C. Em julho, o clima foi seco, com precipitação 14 vezes menor do que a de janeiro e a temperatura média do ar somente 1,2 vez menos elevada. Especificamente nos dias de coleta, a temperatura do ar variou no período seco entre 27,9°C e 12, 5°C e no chuvoso entre 25,7°C e 15,7°C. Ocorreu aumento da temperatura em ambos os períodos entre 10:00 h e 15:00 h e, em seguida, diminuição que se estabilizou nos horários noturnos (Fig. 4, pág. 58).

Com relação à irradiação solar (Tab. 4, pág. 43), observou-se que nos dias de amostragem do período chuvoso os valores foram mais elevados, com três horas a mais de irradiação se comparado com o período de seca. Na tabela 5 (pág. 43), estão os valores

médios do vento nos dias amostrados. No período chuvoso foi obtido o maior valor para a velocidade do vento, de aproximadamente $2,3 \text{ m.s}^{-1}$.

4.1 4.2. Características abióticas no lago das Ninféias

4.1 4.2.1. Perfil térmico e oxigênio dissolvido

A média da temperatura da água durante o período chuvoso ($21,1^{\circ}\text{C}$) foi 1,3 vez mais elevada que no seco ($16,6^{\circ}\text{C}$). Durante os dois períodos o perfil térmico da coluna d'água acompanhou o comportamento da temperatura do ar, ou seja, no início do dia e meio da noite ocorreu um perfil menos heterogêneo (Fig. 5-6, pág.59-60; Tab. 6, pág. 44). Nos horários da tarde, o perfil térmico foi mais heterogêneo, com maiores diferenças de temperatura entre a superfície e o fundo se comparada com os horários da manhã e da noite.

No período seco, a temperatura da superfície, às 16:00 h, apresentou diferença em relação à temperatura às 07:00 h (A) de $2,1^{\circ}\text{C}$. Os menores valores de temperatura da água corresponderam ao fundo do lago em todos os horários amostrados (média de $15,7^{\circ}\text{C}$). O maior valor, de $18,4^{\circ}\text{C}$, foi medido na superfície às 16:00 h e 19:00 h. Entre aproximadamente 1 e 2 m de profundidade observou-se uma termóclina que permaneceu por 24 horas. Entre 2 e 3 m esteve o estrato que correspondeu ao hipolímnio que também persistiu por 24 horas. Nos horários mais quentes do dia ocorreu a formação de uma termóclina superficial temporária que persistiu até à 01:00 h.

Durante o período chuvoso, no início do dia observou-se perfil estratificado, com diferença de $3,2^{\circ}\text{C}$ entre a superfície e o fundo do lago (Tab. 6, pág. 44). Pode-se observar na figura 6 (pág. 60) que, assim como na estação de seca, a partir das 13:00 h a temperatura da superfície aumentou atingindo seu valor máximo às 19:00 h, com $4,3^{\circ}\text{C}$ de diferença em relação à temperatura da superfície às 07:00 h (A). Às 22:00 h, a temperatura da superfície diminuiu e às 04:00 h observou-se perfil térmico semelhante ao da primeira amostragem. Assim como no período seco, observou-se, uma termóclina permanente e a formação de uma outra termóclina temporária superficial a partir das 13:00 h. Além disso, neste período não foi observado hipolímnio. Os menores valores de temperatura da água corresponderam ao fundo do lago em todos os horários amostrados (média de $18,4^{\circ}\text{C}$). O maior valor obtido, de $25,9^{\circ}\text{C}$, foi medido na superfície do sistema às 19:00 h. A figura 6

(pág. 60) permite ainda observar que abaixo de 1 m de profundidade não ocorreu variação térmica ao longo do dia, a variação ocorre somente no estrato superior do lago.

Os gráficos de isolinhas de profundidade e tempo permitem visualização da variação diária da temperatura da água (Fig. 7-8, pág. 61). Conforme estes gráficos ficaram evidentes dois perfis térmicos de temperatura ao longo das 24 horas nos dois períodos, sendo um deles mais heterogêneo, com as maiores temperaturas encontradas na superfície do lago e o outro, menos heterogêneo, nas primeiras horas do dia e durante a madrugada, com as menores temperaturas medidas na superfície do sistema. Além disso observa-se, através desses gráficos, que nos dois períodos ao longo das 24 horas analisadas não ocorreram variações térmicas abaixo de 1 m de profundidade.

Durante o período seco, entre aproximadamente 1 e 2 m de profundidade observou-se resistência térmica relativa à mistura, que permaneceu por 24 horas indicando a presença de uma termóclina persistente nessa profundidade (Fig. 5, pág. 59). Entre 2 e 3 m não existiu resistência térmica relativa à mistura e correspondeu ao hipolímnio. No primeiro metro de profundidade, às 07:00 h (A), 04:00 e 07:00 h (B) não foi observada resistência térmica relativa e correspondeu ao epilímnio. Os valores obtidos para a RTR acompanharam o perfil térmico do sistema (Fig. 5, pág. 59). Entre 10:00 h e 01:00 h observou-se um aumento gradativo da RTR na superfície indicando a formação de uma segunda termóclina temporária. Os valores obtidos para a RTR no período chuvoso também acompanharam o perfil térmico do sistema (Fig. 6, pág. 60). Os maiores valores obtidos ocorreram na camada superficial do lago entre 13:00 h e 22:00 h, sendo que o maior valor medido (59) foi registrado na superfície do lago às 19:00 h. Diferente do período seco, observaram-se no período chuvoso valores de resistência térmica à mistura até o fundo do lago.

Com relação à profundidade da zona de mistura, nos dois períodos os valores mais baixos da zona de mistura foram coerentes com os elevados valores da RTR e temperatura da superfície com a formação da termóclina superficial. Nos dois períodos, os valores obtidos variaram entre 0,1 e 1,2 m ao longo das 24 horas (Fig. 9, pág. 62; Tab. 7, pág. 44).

A concentração média de oxigênio no período seco ($5,5 \text{ mg.L}^{-1}$) foi 4,8 vezes mais elevada que no chuvoso ($1,2 \text{ mg.L}^{-1}$). Houve variação entre os estratos e entre os horários (Fig. 5-6, pág. 59-60; Tab. 8, pág. 45) nos dois períodos, porém, os valores calculados para o coeficiente de variação foram mais elevados no período chuvoso. Em média, nos dois períodos, ocorreu maior concentração no estrato superior ($8,5 \text{ mg.L}^{-1}$ no seco e $4,2 \text{ mg.L}^{-1}$ no chuvoso) e o maior valor obtido foi às 19:00 h. No período seco a menor

concentração ($2,3 \text{ mg.L}^{-1}$) foi registrada às 07:00 h (B) no estrato inferior. No período chuvoso foi registrada às 07:00 (A), 13:00 h, 16:00 h e 07:00 h (B) anoxia (0 mg.L^{-1}) no estrato inferior.

4.1 4.2.2. Perfil óptico

O maior valor de intensidade luminosa na água ($676 \mu\text{Mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) foi obtido no período seco (Fig. 10, pág. 62; Tab. 9, pág. 46). Nos dois períodos estudados, o coeficiente de variação foi maior entre as profundidades do que entre os horários de amostragem. O valor médio encontrado em janeiro foi $94,9 \mu\text{Mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e em julho $35,3 \mu\text{Mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Comparado com o período chuvoso, o seco apresentou a maior transparência, a qual atingiu a profundidade máxima de 1,2 m às 10:00 horas. Com relação à profundidade da zona eufótica (Fig. 11, pág. 63), observou-se o maior valor durante o período seco (média = 3 m) até o fundo do lago, enquanto que no período chuvoso a média foi de 1,98 m. Somente durante o período chuvoso ocorreu variação na profundidade da zona eufótica entre os horários, sendo que às 13:00 h e 16:00 h foram obtidos os menores valores (2,7 m).

O maior valor do coeficiente de atenuação vertical da luz (k) foi obtido às 07:00 h (B) no período chuvoso (Fig. 12, pág. 63). O valor médio de k neste período foi 1,5 vez maior do que no seco.

O valor médio de turbidez durante o período chuvoso foi 46,3 FTU e no seco 45,7 FTU (Fig. 13, pág. 64; Tab. 10, pág. 47). A maior diferença entre estratos ocorreu no período chuvoso, quando também ocorreu a maior variação nictemeral, principalmente, nos estratos médio e inferior.

4.1 4.2.3. Condutividade, pH, alcalinidade, CO_2 livre e HCO_3

O valor médio de condutividade elétrica (Fig. 14, pág. 65; Tab. 11, pág. 48) no período chuvoso ($110,3 \mu\text{S.cm}^{-1}$) foi 2,5 vezes mais elevados que no seco ($44,2 \mu\text{S.cm}^{-1}$). Neste período, os estratos superior, médio e inferior apresentaram valores de condutividade diferentes ao longo das horas, sendo que os maiores valores foram encontrados no estrato inferior do reservatório. Em média, o pH foi mais ácido (6,3) na

estação chuvosa do que na seca (6,8) (Fig. 15, pág. 66; Tab. 12, pág. 49). Os valores de coeficiente de variação entre os horários e os estratos nos dois períodos estiveram entre 2% e 6%.

Com relação à alcalinidade (Fig. 15, pág. 66), não foram observadas diferenças entre os estratos do reservatório nem variação ao longo dos horários durante o período seco. Na estação chuvosa, observou-se nítida diferença entre os estratos, com maiores valores medidos no estrato inferior.

Os valores medidos para gás carbônico livre (Fig. 16, pág. 67; Tab. 13, pág. 50) e bicarbonato (Fig. 16, pág. 67; Tab. 14, pág. 51) foram 6,6 vezes maiores durante a estação chuvosa. Neste período, observou-se diferença entre os estratos e pouca variação ao longo das horas. Na estação seca, não houve diferença entre estratos nem entre horários. No período chuvoso, tanto para o gás carbônico livre quanto para o bicarbonato, as maiores concentrações foram medidas no estrato inferior do reservatório.

4.1 4.2.4. Nutrientes

A concentração média de fósforo total (PT) no período chuvoso foi 1,7 vez maior do que no seco. (Fig. 17, pág. 68; Tab. 15, pág. 52). No chuvoso, verificou-se maior variação tanto entre as profundidades quanto ao longo das 24 horas. Houve pouca diferença entre os estratos da coluna d'água durante os dois períodos analisados, desde que no seco o estrato inferior registrou a maior concentração de PT, enquanto que no chuvoso, nos estratos médio e inferior, foram registradas as maiores concentrações.

A concentração de fósforo total dissolvido (PDT) (Fig. 18, pág. 69; Tab. 16, pág. 53) foi maior no período chuvoso. No seco, grande parte dos valores registrados esteve abaixo do limite de detecção do método ($4 \mu\text{g.L}^{-1}$). No período chuvoso, ocorreu variação entre as profundidades e entre os horários. As maiores diferenças de concentração de PDT foram registradas na estação chuvosa, com as maiores concentrações no estrato inferior, e na estação seca, com as concentrações mais elevadas registradas no estrato médio do reservatório.

Com relação ao ortofosfato (PO_4), foram registrados valores abaixo do limite de detecção do método ($10 \mu\text{g.L}^{-1}$) nas duas estações climáticas.

A concentração de nitrogênio total (NT) na estação chuvosa foi, em média, 1,2 vez maior do que na seca (Fig. 19, pág. 70; Tab. 17, pág. 54). No período chuvoso, entre o

estrato superior e o inferior do reservatório ocorreu pouca diferença na concentração de NT. Ainda neste período, as diferenças foram mais evidentes entre os estratos formados pela termóclina que persistiu 24 horas, principalmente, graças aos elevados valores detectados fundo. Na estação seca, não foi observada diferença vertical e horária.

Considerando o nitrito (NO_2), todos os valores registrados na estação seca estiveram abaixo do nível de detecção do método ($5 \mu\text{g.L}^{-1}$). Na estação chuvosa (Fig. 20, pág. 71; Tab. 18, pág. 55), as maiores concentrações foram registradas no estrato inferior e houve pouca variação entre o médio e o superior.

Na estação seca, os valores registrados para o amônio (NH_4) estiveram abaixo do limite de detecção do método ($4,2 \mu\text{g.L}^{-1}$). Na estação chuvosa as maiores concentrações foram registradas no estrato inferior (Fig. 21, pág. 71; Tab. 19, pág. 56).

Em relação ao nitrato (NO_3), todos os valores obtidos para as duas estações estiveram abaixo do limite de detecção do método ($8 \mu\text{g.L}^{-1}$).

Em relação à sílica solúvel reativa (silicato), durante a estação chuvosa as concentrações foram 1,9 vez mais elevadas do que na estação seca (Fig. 22, pág. 72; Tab. 20, pág. 57). No período chuvoso, assim como já havia sido assinalado para o NT, ocorreu grande diferença entre os teores de sílica solúvel reativa entre os estratos formados pela termóclina persistente, principalmente devido aos elevados valores da sílica no inferior.

4.1 4.2.5. Análise integrada dos dados abióticos

A análise de componentes principais (ACP) entre os períodos seco e chuvoso foi realizada com o valor médio de cada variável para cada horário ($n = 2$) e resumiu 89% da variabilidade total em seus dois primeiros eixos (Tab. 21, pág. 58; Fig. 23, pág. 73). A correlação de Pearson e Kendall mostrou que a nutrientes e OD foram as variáveis de maior peso no eixo 1.

A figura 23 (pág. 73) é a representação gráfica da ACP. Conforme a correlação com o eixo 1 e a propriedade centróide da ACP, as unidades amostrais do período seco posicionaram-se no lado positivo do eixo e estiveram associadas aos baixos valores de nutrientes e elevados de OD. As unidades do período chuvoso concentraram-se no lado negativo do eixo associadas aos elevados valores nutrientes e baixos de OD. Dessa forma, pode-se inferir que o eixo 1 representou o período climático (seca e chuva).

Em relação ao eixo 2, notou-se que as unidades amostrais do período chuvoso referentes à superfície e estrato médio encontram-se no lado positivo, estando associadas aos elevados valores de temperatura e ao pH. Em oposição, no lado negativo, encontram-se todas as unidades do estrato inferior associadas aos elevados teores de nutrientes. Assim, o eixo 2 representou a estratificação química do período chuvoso, fato não evidente no período de seca.

4 5. DISCUSSÃO

4.1 5.1. Clima

As modificações nos fatores físicos e químicos da água não são inteiramente devidas aos efeitos dos organismos nela presentes, mas também à sua interação com os fatores climáticos locais e regionais (HENRY & CURTI, 1981).

Praticamente, toda a energia que controla o metabolismo de um lago provém diretamente da energia solar. A absorção da energia solar e sua dissipação na forma de calor afetam profundamente a estrutura térmica, a estratificação, os modelos de circulação dos reservatórios e a solubilidade de gases no sistema (WETZEL, 2001). A radiação solar no período chuvoso foi 2,5 vezes mais elevada do que no seco. Este fator influenciou diretamente a temperatura do ar, que também apresentou diferenças entre as duas estações climáticas. A sazonalidade destas características ambientais não foi, entretanto, suficientemente pronunciada como seria de se esperar em regiões tropicais e subtropicais corroborando, assim, o fato de que enquanto as variações sazonais são constantes as variações diárias podem ser maiores e mais significativas (ESTEVES *et al.*, 1988; BARBOSA, 1981). No ciclo nictemeral, em ambos os períodos, a temperatura do ar mostrou aumentos graduais no início do dia, picos de temperatura elevada à tarde e diminuição a partir de então. Padrão semelhante foi encontrado na Lagoa do Parque Norte (Colômbia), no Lago das Garças (estado de São Paulo, Brasil), na Lagoa Juparanã (estado do Espírito Santo, Brasil) e na Lagoa Carioca (estado de Minas Gerais, Brasil) por RAMÍREZ (1995), RAMÍREZ (1996), HUSZAR *et al.* (1994) e BARBOSA (2003), respectivamente.

A precipitação ocorre quando há diminuição da temperatura do ar e a conseqüente condensação do vapor d'água dissipado na atmosfera. Este fenômeno acarreta grande

fluxo de nutrientes e material em suspensão para o interior do reservatório alterando, de maneira direta, transparência, comportamento térmico, pH, condutividade elétrica e disponibilidade de nutrientes em seu interior (HENRY & CURI, 1981; BOZELLI *et al.*, 1992). Durante o período estudado, não ocorreu chuva em qualquer dos horários analisados, bem como nos dois dias que antecederam as amostragens.

O vento proporciona a energia que distribui o calor na massa d'água ao movimentar as águas superficiais e gerar misturas e correntes proporcionais à sua intensidade (WETZEL, 2001). Além disso, o vento pode aumentar as taxas de esfriamento e evaporação na camada superficial favorecendo a mistura da coluna d'água (RAMIREZ, 1996). Segundo REYNOLDS (1984), vento com velocidade abaixo de 3 m.s^{-1} é insuficiente para ultrapassar as barreiras de diferença de densidade ($> 0,02 \text{ kg.m}^{-1}$) que caracterizam o limite da zona de mistura. Nos dois períodos ora analisados, os valores obtidos foram abaixo do valor estabelecido por REYNOLDS (1984).

4.1 5.2. Comportamento térmico e oxigênio dissolvido

Segundo LEWIS (1983), em lagos de águas quentes, diferenças de $1\text{-}2^\circ\text{C}$ de temperatura podem gerar gradientes de densidade consideráveis para causar estabilidade no sistema. PAYNE (1986) considerou, no entanto, que diferenças de $0,5^\circ\text{C}$ por metro de profundidade em lagos tropicais correspondem a grandes diferenças de densidade da água e provocam estratificações térmicas relativamente estáveis.

A diferença de temperatura entre a superfície e o fundo do reservatório foram maiores na estação das chuvas, evidenciando maior estabilidade térmica nesta época, porém, sem formação de hipolímnio. Apesar da pequena diferença entre os estratos na estação seca, observou-se estratificação térmica neste período com delimitação dos três estratos, epilímnio, metalímnio e hipolímnio. Os valores presentemente medidos da RTR e do perfil térmico indicaram a presença de termoclina nas duas estações climáticas ora estudadas.

Após as 10:00 h, o ganho de energia na camada superficial acarretou a formação de uma termoclina superficial nos dois períodos estudados que, com o decorrer do dia, deslocou-se para as camadas mais inferiores do reservatório. Nos dois períodos, no meio da noite, com o resfriamento da camada superficial, a coluna d'água tornou-se novamente menos estável, com um perfil térmico semelhante àquele do primeiro horário amostrado.

LEWIS (1973) descreveu a atelomixia como sendo um processo diário de estratificação e mistura devido à variação de temperatura da coluna d'água. Formação de estratificações temporárias na camada superficial nos horários mais quentes do dia foram também observadas por RAMÍREZ (1996), LOPES (1999), HUSZAR *et al.* (1994) e BARBOSA (2003). BARBOSA & PADISÁK (2002) verificaram estratificações temporárias na camada superficial da Lagoa da Carioca e denominaram o processo como atelomixia parcial, por ser restrita à camada do epilímnio.

A dinâmica do metabolismo do oxigênio dissolvido é controlada pelas taxas de fornecimento de oxigênio pela atmosfera e fotossíntese, as quais são contrabalançadas pelo metabolismo de consumo através das oxidações química e biológica (WETZEL, 2001). Durante o presente estudo, as maiores concentrações de oxigênio dissolvido foram observadas na estação seca. Em reservatórios do PEFI, MOURA (1996), RAMÍREZ (1996), LOPES (1999) e GIL-GIL (2004) também registraram diferenças nas concentrações de oxigênio dissolvido entre os períodos seco e chuvoso. A diferença sazonal na concentração de OD pode ter sido influenciada pela elevada temperatura, teores mais elevados de material em suspensão e formação de uma estratificação térmica mais acentuada no período chuvoso. Segundo REYNOLDS (1986) e WETZEL (2001), a extensão do período de estratificação térmica aliada às altas concentrações de matéria orgânica são os fatores mais importantes para determinar a redução de oxigênio. Além disso, com o aumento da temperatura, há diminuição da solubilidade do oxigênio na água e aumento do metabolismo dos organismos e, conseqüentemente, maior consumo de oxigênio.

Durante este estudo foi verificado, nos dois períodos, um perfil heterogêneo de oxigênio dissolvido, sendo que os maiores valores foram observados na camada superior do reservatório caracterizando um perfil clinógrado. No período chuvoso, foi verificada anoxia no fundo indicando elevado consumo deste gás nesta profundidade em função da respiração, da decomposição e da baixa taxa fotossintética. Nesta profundidade, também foram registrados os maiores teores de NH_4 . Outros trabalhos realizados em regiões tropicais (MOURA, 1996; RAMIREZ, 1996; TUNDISI, 1990) também registraram anoxia no fundo dos sistemas durante os períodos estratificados.

No período seco, não ocorreu anoxia, mas as concentrações de OD diminuíram da superfície para o fundo do sistema. LOPES (1999) e BARBOSA (1981) não verificaram distribuição vertical heterogênea de O_2 na coluna d'água durante o período seco devido, principalmente, à ocorrência de circulações diárias. No entanto, MOURA (1996) verificou

no período seco diferenças significativas na concentração de O₂ entre as profundidades, com diminuições no sentido do fundo e atribuiu tal fato à ausência de circulações.

Houve também variação nictemeral, com aumento progressivo na concentração de O₂, nos dois períodos e nos três estratos, a partir das 10:00 h, um pico de concentração às 19:00 h e queda gradativa no meio da noite. HUSZAR *et al.* (1994) também registraram, no Lago Juparanã, estado do Espírito Santo, valores de supersaturação de OD durante o período noturno e associaram esse fato à baixa atividade heterotrófica verificada no ambiente. LOPES (1999) também verificou, no período chuvoso, valores de OD mais elevados às 19:00 h.

A estratificação superficial temporária não refletiu no gradiente de oxigênio durante o período seco. No chuvoso, entretanto, determinou diferentes concentrações de oxigênio no primeiro metro do reservatório de modo que, às 22:00 h, todo o epilímnio apresentou concentrações idênticas do gás e aumento da zona de mistura, indicando circulação nessa camada pelo resfriamento noturno do estrato mais superficial.

Em suma, nos dois períodos climáticos amostrados ocorreu distribuição vertical heterogênea de OD sendo que no chuvoso foi verificada anoxia no fundo. Além disso, foi verificada variação nictemeral do OD com elevados valores às 19:00 h nos três estratos.

4.1 5.3. Comportamento óptico

A transparência da água medida através do disco de Secchi é função da reflexão da luz na superfície do corpo d'água e sofre influência direta das características de absorção da água e da matéria orgânica dissolvida ou em suspensão na mesma. A turbidez da água é a medida de sua capacidade de dispersar a radiação e, portanto, também está relacionada à presença de compostos suspensos na água e pode ser considerada como o inverso da transparência. O coeficiente de atenuação vertical da luz calculado em função dos valores de transparência é uma medida indireta da atenuação da radiação solar que penetra a água e varia em função dos compostos dissolvidos ou em suspensão na mesma (WETZEL, 2001).

Na estação chuvosa do presente estudo, a precipitação elevada acarretou o aporte de material alóctone e a presença de material em suspensão no sistema refletindo, assim, nos maiores valores de turbidez registrados nesta época. Na seca, foram obtidos os maiores valores de transparência sendo que a profundidade da zona eufótica atingiu até o

fundo do reservatório. LOPES (1999) também encontrou diferença sazonal no perfil óptico do Lago do IAG, no município de São Paulo. HENRY & CURI (1981) mostraram existir uma estreita relação entre precipitação pluvial e turbidez na represa do rio Pardo.

Foi detectado gradiente vertical de luz nas duas estações climáticas estudadas. Segundo RAMÍREZ (1996), a intensidade luminosa varia, em geral, de forma contínua devido à natureza exponencial de sua atenuação com a profundidade.

Com relação a turbidez, não foi observado qualquer gradiente vertical na estação de seca. No entanto, na estação de chuvas ocorreram diferenças entre os estratos nas 24 horas. Dados semelhantes foram obtidos por LOPES (1999) no Lago do IAG. RAMÍREZ (1996) associou, no Lago das Garças, a atenuação da luz e a turbidez ao aumento da densidade fitoplanctônica.

4.1 **5.4. Condutividade, pH, alcalinidade, CO₂ livre e HCO₃**

A condutividade é a capacidade de uma solução de conduzir corrente elétrica e sofre influência direta da temperatura e do pH (WETZEL, 2001). Na estação seca, apesar da estratificação térmica não houve diferença entre os valores de condutividade obtidos em cada estrato. Na estação chuvosa, observou-se nítida estratificação química, com os valores mais elevados medidos no fundo do reservatório. Tais resultados coincidem com os dados observados por BARBOSA (1981), RAMÍREZ (1996), MOURA (1996) e LOPES (1999).

O potencial hidrogeniônico (pH) está intimamente relacionado com a liberação dos íons H⁺ provenientes da dissociação do H₂CO₃ e dos íons OH⁻ produzidos durante a hidrólise do bicarbonato. O sistema CO₂-HCO₃⁻-CO₃²⁻ em equilíbrio é o principal mecanismo tamponante nas águas doces naturais (WETZEL, 2001). Os valores de pH presentemente obtidos foram mais baixos no período de chuvas. Segundo WETZEL (2001), o aporte de matéria orgânica lixiviada do solo influencia a produção de CO₂ e H₂CO₃, além de outros compostos responsáveis pela acidificação do meio. Houve um leve aumento do pH no fundo do reservatório em ambos os períodos presentemente estudados.

No período chuvoso, os valores de CO₂ livre foram 6,6 vezes mais elevados do que no seco. LOPES (1999) também verificou maiores concentrações desse gás no período chuvoso e atribuiu o fato ao aumento da temperatura, ao aporte de material alóctone e à estratificação térmica. O aumento da temperatura favorece os processos de decomposição

e fotossíntese que, por sua vez, elevam os teores de CO₂ livre e diminuem a concentração de OD (WETZEL, 2001).

Em relação à distribuição vertical da alcalinidade, do gás carbônico e do bicarbonato, observou-se diferença entre os estratos do reservatório somente no período chuvoso, com os valores mais elevados detectados no fundo do sistema coincidentes com os menores valores de OD e pH. Esses dados corroboram os resultados obtidos no Lago do IAG por LOPES (1999) e no Lago das Garças por MOURA (1996). O acúmulo de CO₂ no fundo de um sistema atribuído à baixa atividade fotossintética e à decomposição elevam a alcalinidade do meio (WETZEL, 2001). Os hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos estão intimamente relacionados com altos valores de pH, sendo que a adição do CO₂ diminui o pH, fato este verificado no presente estudo. Segundo ESTEVES (1998), curtos períodos de estratificação térmica são suficientes, em reservatórios tropicais rasos, para que ocorra um acentuado gradiente de CO₂.

4.1 5.4. Nutrientes

Os principais nutrientes para a maioria das espécies fitoplanctônicas fotoautotróficas são os mesmos utilizados por todas as plantas verdes, quais sejam: carbono (C), nitrogênio (N) e fósforo (P) que, juntamente com o hidrogênio (H) e o oxigênio (O₂), formam a síntese de macromoléculas. O enxofre (S) e a sílica (Si), por serem os componentes principais de proteínas e da parede celular de diatomáceas, respectivamente, também são considerados elementos importantes na síntese de macromoléculas. Todos esses elementos são considerados macronutrientes, pois são necessários, em quantidades relativamente grandes, para o crescimento celular (CALIJURI, 1999).

O fósforo é considerado o principal fator limitante da produção e é responsável pela eutrofização artificial (ESTEVES, 1998). A determinação do teor de fósforo total compreende os teores individuais de fósforo particulado e fósforo dissolvido. O fósforo particulado corresponde ao fósforo dos seres vivos, das fases minerais das rochas e do solo, bem como da porção adsorvida à matéria particulada ou em microrganismos. O fósforo dissolvido total (PDT) compreende ortofosfatos, polifosfatos, fósforo combinado com colóides e ésteres fosfóricos e ocorre em baixas concentrações. A única forma inorgânica de fósforo diretamente utilizável é o ortofosfato (PO₄) também denominado fósforo solúvel reativo ou fósforo inorgânico reativo (WETZEL, 2001).

Nos dois períodos do presente estudo, foram medidos valores de ortofosfato abaixo do nível de detecção do método analítico e baixos valores de concentração de fósforo total dissolvido, fato este também observado por LOPES (1999) em um reservatório oligotrófico do PEFI, o Lago do IAG. Em regiões tropicais, as baixas concentrações desses nutrientes podem ser ocasionadas pelas altas temperaturas, que aumentam o metabolismo dos organismos fazendo com que o PO_4^{3-} seja assimilado mais rapidamente e incorporado pela sua biomassa (RAMÍREZ, 1996; ESTEVES, 1998).

As concentrações de fósforo total foram maiores durante a estação de chuvas. Situação idêntica foi obtida por RAMÍREZ (1996), MOURA (1996), LOPES (1999) e GIL-GIL (2004) em reservatórios do PEFI. LOPES (1999) atribuiu o aumento de PT no período chuvoso à contribuição alóctone de nutrientes devido ao aumento de chuvas neste período. MOURA (1996) relacionou, por sua vez, a baixa concentração de OD no fundo no período de chuvas com a maior liberação de nutrientes do sedimento para a coluna d'água. Segundo TUNDISI (1981), em sistemas com estratificação temporária, a interação sedimento-água é de suma importância no ciclo de nutrientes.

Com relação à distribuição vertical, foram observadas no período chuvoso maiores concentrações de PT no estrato médio e no inferior do sistema. MOURA (1996) e GIL-GIL (2004) também verificaram, no Lago das Garças, distribuição vertical heterogênea de PT durante o período chuvoso. Frequentemente, as maiores taxas de liberação de nutrientes do sedimento para a coluna d'água ocorrem quando o hipolímnio se encontra com baixas concentrações de oxigênio ou mesmo em condições de anoxia (ESTEVES, 1998). Tal situação foi registrada no período chuvoso, com baixas concentrações de OD no fundo. Durante a estação seca, ocorreu homogeneização da coluna d'água indicando uma melhor distribuição do PT ao longo da mesma.

O nitrogênio total inclui as formas orgânica, inorgânica e particulada. As formas de nitrato e amônio constituem as principais fontes de nitrogênio para o sistema. O nitrito é uma forma instável entre a oxidação do amônio a nitrato e a redução do nitrato a amônio. O amônio tem grande importância no sistema, pois consiste na forma de nitrogênio diretamente assimilada pelas algas com baixo custo energético (WETZEL, 2001).

No período seco, as concentrações de amônio e nitrito estiveram abaixo do limite de detecção dos métodos analíticos usados. Nos dois períodos, a concentração de nitrato esteve abaixo do limite de detecção do método, provavelmente, em função dos elevados teores de OD e das baixas temperaturas, visto que possuem papel fundamental nos processos do ciclo do nitrogênio (SCHÄFER, 1985). Segundo CARMOUZE (1994), em meios

bem oxigenados as concentrações de NO_2 e NH_4 são, em geral, muito baixas, fato este registrado no presente estudo onde ocorreram elevadas concentrações de OD durante o período seco.

No período chuvoso, as concentrações de NH_4 foram mais elevadas do que no seco. Ocorreu uma distribuição vertical heterogênea, principalmente, devida aos elevados valores do fundo, que foram 22 vezes mais elevados do que na superfície e no estrato médio do sistema. Distribuição heterogênea, com maiores concentrações no fundo, também foi verificada por MOURA (1996) e LOPES (1999). A principal fonte de NH_4 no ambiente aquático é a decomposição da matéria orgânica pelas bactérias (WETZEL, 2001). RUGANI (1980) verificou que nos meses de maior pluviosidade ocorreram as maiores densidades de bactérias amonificantes e que a distribuição dessas bactérias ao longo da coluna d'água concentrou-se no fundo sendo fortemente influenciada pela estratificação térmica. Além disso, baixas concentrações de oxigênio dificultam a oxidação de NH_4 em NO_3 (nitrificação) (WETZEL, 2001).

A concentração média de nitrogênio total no período chuvoso foi 1,2 vez mais elevada do que no seco, fato este também observado por MOURA (1996), LOPES (1999) e GIL-GIL (2004). Segundo WETZEL (2001), elevados valores de NT estão relacionados com a diminuição do teor de OD e a elevada temperatura, a qual acelera os processos de decomposição da matéria orgânica. Com relação à distribuição vertical, observou-se um perfil homogêneo no período seco o que pode indicar a existência de circulação e a distribuição do nutriente ao longo da coluna d'água; e um padrão heterogêneo no período chuvoso, com as maiores concentrações de NT no fundo. MOURA (1996), LOPES (1999) e GIL-GIL (2004) também verificaram distribuição vertical homogênea de NT nos períodos desestratificados e o inverso nos períodos estratificados. A estratificação térmica pode consistir uma barreira física para a distribuição dos nutrientes na coluna d'água, acarretando a formação de um fundo anóxico devido ao aumento da decomposição que, por sua vez, eleva a concentração de NT nesta profundidade (WETZEL, 2001). Na estação de chuvas, ocorreu estratificação do NT na coluna d'água com diferenças entre o estrato inferior e o superior do reservatório.

Com relação à variação nictemeral, para todas as formas de nitrogênio, exceto o nitrato, as maiores concentrações durante o período chuvoso foram encontradas no fundo do reservatório e todos os estratos tiveram suas concentrações variando ao longo das 24 horas do estudo. As maiores concentrações de amônio ocorreram no fundo à 01:00 h e às 04:00 h e as de NT às 04:00 h e às 07:00 h. RAMÍREZ (1996) verificou uma variação

nictemeral mais evidente de N, principalmente de NH_4 , durante a estação de chuvas. BARBOSA (2003) também registrou gradientes de concentração de N na coluna d'água da Lagoa Carioca ao longo de 24 horas, com elevadas concentrações no fundo do sistema. Como já foi visto antes, a elevada concentração de NH_4 no fundo pode estar relacionada, dentre outros fatores, com a atividade das bactérias heterotróficas que, ao decomporem os compostos orgânicos, liberam o NH_4 como produto final ao meio (WETZEL, 2001). Segundo CALIJURI (1999), a absorção de nutrientes pelas algas depende, entre vários fatores, da alternância de períodos claros e escuros. Segundo CARMOUZE (1994), a oxidação do NH_4 em NO_2 e NO_3 é facilitada em situação afótica, quando não ocorre assimilação fotossintética do NH_4 .

No período seco, as concentrações de Si foram menores do que no chuvoso e sua distribuição vertical sugere relação com o padrão térmico do sistema, ou seja, apresentou distribuição vertical homogênea no período seco e distribuição heterogênea no chuvoso sempre, contudo, com as maiores concentrações no fundo. BARBOSA (2003) e BARBOSA (1981) também registraram distribuição vertical heterogênea de Si durante o período chuvoso na Lagoa Carioca, com as maiores concentrações no fundo do sistema. Segundo ESTEVES (1998), a distribuição do SiO_4 na zona tropical parece estar mais ligada aos períodos de estratificação e desestratificação do que às estações climáticas do ano. No entanto, RAMÍREZ (1996) registrou perfil heterogêneo desse nutriente tanto na estação de chuvas quanto na de seca e LOPES (1999) não registrou perfil heterogêneo na estação de chuvas (estratificada). Segundo BARBOSA (1981), quando ocorre estratificação térmica, também ocorre diminuição da Si no epilímnio e seu respectivo aumento no hipolímnio. Segundo WETZEL (2001), a Si é geralmente abundante nas águas doces e possui grande importância para as diatomáceas, porém, no presente estudo não foi verificada presença dessas algas em qualquer dos dois períodos analisados.

4.1 5.5. Análise integrada dos dados abióticos

A ACP corroborou as análises descritivas evidenciando que as características abióticas no Lago das Ninféias apresentam diferenças em função dos períodos seco e chuvoso, principalmente ao teores de OD e nutrientes. Além disso, o eixo 2 representou a estratificação química do período chuvoso, fato não evidente no período de seca. LOPES (1999) também verificou, ao avaliar a ACP que providenciou para o Lago do IAG, que as unidades amostrais se separaram em relação ao eixo 1 em função dos períodos seco e

chuvoso e no eixo 2 em função da estratificação térmica. No entanto, os valores de RTR apresentaram maior correlação somente no eixo 2.

BARBOSA (1981) sugeriu a possibilidade das variações diurnas exercerem um papel mais significativo do que as variações sazonais no metabolismo da Lagoa Carioca e que as características abióticas são fortemente influenciadas pelo comportamento térmico. Para o referido autor os ciclos limnológicos variam nas regiões tropicais, em função da grande diversidade de hábitat e de nichos ecológicos, a intervalos diversos possibilitando, assim, que as variações que ocorram durante curtos intervalos de tempo sejam mais significativas para a dinâmica do ambiente do que outras que ocorram a intervalos mensais ou sazonais. LOPES (1999) verificou, no Lago do IAG, maiores diferenças químicas entre períodos (seco e chuvoso) e, a seguir, entre estratos (no período chuvoso) e pouca variação entre dias e horas.

D. BICUDO *et al.* (1999) buscaram avaliar a ocorrência de padrões de flutuação temporal e espacial (vertical) de características abióticas, utilizando amostragens a curto intervalo de tempo (período seco e chuvoso), em escala nictemeral (quatro estações do ano) e mensal em um lago eutrofizado situado no PEFI. Esses autores verificaram que a flutuação espacial e temporal das características limnológicas abióticas desse reservatório foi, basicamente, determinada pela alternância do ciclo mistura/estabilidade térmica e da decorrência de florações. Ainda neste estudo, a ordenação pela ACP evidenciou que a maior fonte de variabilidade limnológica no sistema foi observada na escala temporal sazonal, com nítida separação do período em que ocorreu floração das demais épocas de amostragem, a qual foi seguida pela escala espacial (vertical). No presente estudo, através da ACP, não ficaram evidentes variações nictemerais em nenhum dos dois períodos. Assim sendo, pode-se inferir para o Lago das Ninféias nesses dois períodos, através da ACP, que as variações sazonais foram mais pronunciadas do que as verticais e estas, por sua vez, foram mais significativas do que as variações nictemerais.

Tanto na época de chuvas quanto na de seca verificou-se a existência de uma termóclina principal que persistiu durante as 24 horas e de outra, secundária, que ocorreu na altura do 0,5 m superficial de profundidade, com duração temporária. Através dos dados químicos, pôde-se observar que as estratificações térmicas ocorridas no período seco condicionaram somente a estratificação do oxigênio dissolvido. Pôde-se, portanto, inferir que neste período ocorreu uma estratificação térmica pouco estável e insuficiente para gerar gradientes químicos evidentes. Neste caso, as amostragens realizadas em um dia deste período podem ter evidenciado o início de estratificação do sistema ou, senão, de uma termóclina formada a poucos dias que, se fossem realizadas amostragens em dias

sucessivos, talvez pudéssemos verificar a mistura da coluna d'água. No período chuvoso, a estratificação térmica que persistiu durante as 24 horas condicionou a estratificação dos nutrientes, além do oxigênio dissolvido. Além disso, observou-se que essa estratificação foi mais estável do que a verificada no período seco, principalmente pelos elevados valores de NH_4^+ e pela anoxia no fundo do sistema, fatos estes que sugerem uma condição de não-circulação da água. A estratificação temporária formada na superfície do sistema no período chuvoso não resultou em mudanças químicas evidentes nesta camada.

6. CONCLUSÕES

O estudo da variação nictemeral das variáveis abióticas do Lago das Ninféias durante duas ocasiões, uma de seca (9-10 de julho de 2003) e outra de chuvas (19-20 de janeiro de 2004), permitiu concluir o seguinte:

1. Em ambos os períodos do presente estudo a coluna d'água esteve estratificada por 24 horas.
2. A estratificação térmica observada nos dois períodos foi diretamente influenciada pela variação diária da temperatura do ar. Nos horários mais quentes do dia, entre 13:00 h e 22:00 h, a coluna d'água se apresentou mais estável, com os maiores valores de resistência térmica relativa a mistura.
3. Nos dois períodos amostrados, a profundidade de início da termóclina variou ao longo das 24 horas entre 0,5 e 1 m de profundidade. Somente no período seco foi observado hipolímnio característico. Contudo, nas duas estações ocorreram termóclinas temporárias (entre 13:00 h e 19:00 h) e atelomixia parcial.
4. Nos dois períodos de estudo, a circulação ficou restrita ao primeiro metro de profundidade do reservatório. As concentrações de oxigênio dissolvido foram maiores na época de seca (inverno). Nos dois períodos, ocorreu um perfil heterogêneo de oxigênio diretamente relacionado com o gradiente de densidade formado pela estratificação térmica.
5. Houve variação entre os períodos seco e chuvoso nos teores de gás carbônico, bicarbonato, alcalinidade e condutividade. Os perfis dessas quatro variáveis ambientais estiveram relacionados com perfil térmico do Lago das Ninféias. Na

estação de chuvas (verão), os estratos amostrados mostraram nítida diferença para essas características enquanto que na estação seca (inverno) não houve diferença entre os referidos estratos.

6. As condições climáticas durante os períodos seco e chuvoso exerceram influência sobre as concentrações de nutrientes. Os valores de nitrato e fosfato estiveram abaixo do limite de detecção do método nos dois períodos do presente estudo. Durante a estação seca, as concentrações de nitrito também estiveram abaixo desse limite. As concentrações dos demais nutrientes foram maiores na estação de chuvas (verão) e apresentaram nítida variação entre os estratos, inferindo direta relação com a estratificação térmica. Na estação seca, apesar da estratificação térmica, observou-se homogeneização da concentração dos nutrientes na coluna d'água.
7. A análise de componentes principais corroborou as análises descritivas evidenciando estratificação química na estação de chuvas (verão) e homogeneização química na seca (inverno), com nítida diferença sazonal entre os períodos amostrados.
8. Apesar das diferenças de temperatura entre a superfície e o fundo do Lago das Ninféias ter sido de 0,5°C na estação seca (inverno), o gradiente de densidade formado não atuou como uma barreira física para a distribuição das características abióticas ora analisadas. Com base na evidência de homogeneidade química no período seco e de heterogeneidade no chuvoso, as estratificações térmicas foram mais estáveis na época de chuvas (verão).
9. Em síntese, as escala temporal sazonal (seca e chuva), seguida pela escala espacial vertical foram mais importantes para explicar a variabilidade limnológica do sistema do que as variações nictemerais.

7. REFERÊNCIAS CITADAS

- Ab'Saber, A.** 1956. A terra paulista. Boletim Paulista de Geografia, 23: 5-38.
- Ab'Saber, A.** 1957. Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, 219: 1-355 (Série Geografia 12).
- Almeida, F.F.M.** 1974. Fundamentos geológicos do relevo paulista. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo: teses e monografias, 14: 5-99.
- Barbosa, F.A.R.** 1981. Variações diurnas (24 horas) de parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária do fitoplâncton na lagoa Carioca, Parque Florestal do Rio Doce, MG, Brasil. Tese de Doutorado. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. 207 p.
- Barbosa, F.A.R. & Padisák, J.** 2002. The forgotten lake stratification pattern: atelomixis, and its ecological importance. International Association of Theoretical and Applied Limnology, 28: 1385-1395.
- Barbosa, L.G.** 2003. Variações diurnas na composição, estrutura e biomassa da comunidade fitoplanctônica da lagoa Carioca-Parque Estadual do Rio Doce, MG. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 144p.
- Barbosa, L.M., Potomati, A. & Peccinini, A.A.** 2002. O PEFI; histórico e legislação. *In:* **Bicudo, D.C., Forti, M.C. & Bicudo, C.E.M.** (eds.) Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. p. 13-26.
- Bicudo, C.E.M., Carmo, C.F, Bicudo, D.C., Henry, R., Pião, A.C.S., Santos, C.M. & Lopes, M.R.M.** 2002. Morfologia e morfometria de três reservatórios no PEFI. *In:* **Bicudo, D.C., Forti, M.C. & Bicudo, C.E.M.** (eds.) Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. p. 141-158.
- Bicudo, D.C., Forti, M.C., Carmo, C.F., Bourotte, C., Bicudo, C.E.M., Melfi, A.J., Lucas, Y.** 2002. A atmosfera, as águas superficiais e os reservatórios do PEFI: caracterização química. *In:* **Bicudo, D.C., Forti, M.C. & Bicudo, C.E.M.** (eds.)

Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. p. 161-200.

Bicudo, D.C., Tucci, A., Ramírez R., J.J., Carmo, C.F., Nogueira, N.M.C. & Bicudo, C.E.M. 1999. Escala de amostragem e variabilidade de fatores limnológicos em reservatório eutrofizado (Lago das Garças, São Paulo). *In: Henry, R.* (ed.). Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: FUNDIBIO/FAPESP. P. 409-448.

Bozelli, R.L., Thomaz, S.M., Roland, F. & Esteves, F.A. 1992. Variações nictemerais e sazonais de alguns fatores limnológicos na represa municipal de São José do Rio Preto, São Paulo. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 4: 53-66.

Calijuri, M.C. 1999. A comunidade Fitoplancônica em um reservatório tropical (Barra Bonita, SP). Tese de Livre Docência. São Carlos: Universidade de São Paulo. 211 p.

Carmouze, J.P. 1994. O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda-Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. 253 p.

Dadon, J.R. 1995 Calor y temperatura en cuerpos lenticos. *In: Lopretto, E.C. & Tell, G.* (eds). Ecosistemas de águas continentales: metodología para su estudio. Buenos Aires: Ediciones Sur. Vol. 2, 377 p.

Esteves, F.A. 1998. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro: Editora Interciência-Financiadora de Estudos e Projetos. 602 p. (2ª ed.).

Esteves, F.A., Bozelli, R.L., Camargo, A.F.M., Roland, F. & Thomas, S.M. 1988. Variação diária (24 horas) de temperatura, O₂ dissolvido, pH e alcalinidade em duas lagoas costeiras do estado do Rio de Janeiro e suas implicações no metabolismo destes ecossistemas. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 2: 129-151.

Gil-Gil, F. 2004. Fracionamento da produção primária em dois sistemas com diferentes níveis tróficos no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo. 149 p.

Golterman, H.L. & Clymo, R.S. 1969. Methods for chemical analysis of freshwater. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 171 p. (IBP Handbook n° 8).

- Golterman, H.L., Clymo, R.S. & Ohmstad, M.A.M.** 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 213 p. (IBP Handbook n° 8, 2ª ed.).
- Henry, R. & Barbosa, F.A.R.** 1989. Thermal structure, heat content and stability of two lakes in the National Rio Doce Valley Lakes (Parque Florestal do Rio Doce, Minas Gerais). *Revista Brasileira de Biologia*, 49: 251-260.
- Henry, R. & Curi, P.R.** 1981. Influências de parâmetros climatológicos sobre alguns fatores físico-químicos da represa do rio Pardo (Botucatu, SP). *Revista Brasileira de Biologia*, 41(2): 299-306.
- Huszar, V.L.M., Werneck, A.M. & Esteves, F.A.** 1994. Dinâmica nictemeral (48h) da comunidade fitoplanctônica em relação aos principais fatores abióticos na lagoa Juparanã, Linhares, Espírito Santo, Brasil: Fevereiro de 1987. *Revista Brasileira de Biologia*, 54(1): 111-134.
- Lewis Jr., W.M.** 1973. The thermal regime of lake Lanao (Philippines) and theoretical implications for tropical lakes. *Limnology and Oceanography*, 18: 200-217.
- Lewis Jr., W.M.** 1983. Temperature, heat and mixing in lake Valencia, Venezuela. *Limnology and Oceanography*, 28: 273-286.
- Lopes, M.R.M.** 1999. Eventos perturbatórios que afetam a biomassa, a composição e a diversidade de espécies do fitoplâncton em um lago tropical oligotrófico raso (Lago do Instituto Astronômico Geofísico, São Paulo, SP). Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo. 213 p.
- Mackereth, F.J.H., Heron, J. & Tailing, J.F.** 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. Kendall: Titus Wilson & Son Ltd. 117 p. (Freshwater Biological Association Scientific Publication n° 36).
- McCune, B. & Mefford, M.J.** 1997. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, version 3.0. Oregon: MjM Software Design. 47 p.
- Moura, A.T.N.** 1996. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica numa lagoa eutrófica, São Paulo, SP, Brasil, a curtos intervalos de tempo: comparação entre épocas de chuva e seca. Dissertação de Mestrado. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista. 172 p.
- Payne, A.I.** 1986. The ecology of tropical lakes and rivers. New York: John Wiley & Sons. 310 p.

- Ramírez, R. J.J.** 1995. Variaciones verticales de temperatura y factores químicos en un ciclo de 24 horas en el embalse Punchiná, Antioquia, Colômbia. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 3: 23-34.
- Ramírez R., J.J.** 1996. Variações espacial vertical e nictemeral da estrutura da comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais em quatro dias de amostragem de diferentes épocas do ano no Lago das Garças, São Paulo. Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo. 283 p.
- Reynolds, C.S.** 1984. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge: Cambridge University Press. 365 p.
- Reynolds, C.S.** 1986. *The ecology freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press. 384 p. (Cambridge Studies in Ecology).
- Rugani, C.A.** 1980. Bactérias amonificantes e fatores ecológicos nos lagos Carioca e D. Helvécio (Vale do Rio Doce- MG). Dissertação de Mestrado. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. 183 p.
- Santos, P.M. & Funari, F.L.** 2002. Clima local. *In: Bicudo, D.C., Forti, M.C. & Bicudo, C.E.M.* (eds.) Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. p. 27-46.
- Shäffer, A.** 1985. Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 533 p.
- Shepherd, G.J.** 1996. FITOPAC 1: manual de usuário. Departamento de Botânica, UNICAMP. 95 p.
- Solorzano, L.** 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method. *Limnology and Oceanography*, 14: 799-801.
- Strickland, J.D. & Parsons, T.R.** 1960. A manual of sea water analysis. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 125: 1-185.
- Struffaldi-De-Vuono, Y.** 1985. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta da Reserva Biológica do Instituto de Botânica (São Paulo, SP). Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo. 213 p.
- Tundisi, J.G.** 1981. Typology of reservoirs in southern Brazil. *Verhandlungen der Internatonalen Vereinigung für Theorestische und Angewandte Limnologie*, 21: 1031-1039.

Tundisi, J.G. 1990. Distribuição especial, seqüencial temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Revista Brasileira de Biologia*, 50(4): 937-955.

Valderrama, J.C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry*, 10: 109-122.

Wetzel, R.G. 2001. *Limnology: lake and river ecosystems*. San Diego: Academic Press. 1006 p. (3^a ed.).

Wetzel, R.G. & Likens, G.E. 1991. *Limnological analyses*. New York: Springer-Verlag. 391 p. (2^a ed.).

Tabela 2. Valores mensais, médias (n = 30), coeficiente de variação e número de dias com precipitação na região do PEFI nos meses de julho (período seco) e janeiro (período chuvoso).

Mês	PRECIPITAÇÃO			Dias com precipitação
	Total (mm)	Média (mm)	CV (%)	
Julho/2003	15,0	0,5	468	07
Janeiro/2004	209,7	6,8	165	22

Tabela 3. Valores máximos, mínimos, médios e amplitudes da temperatura do ar (°C) no período seco (julho) e chuvoso (janeiro).

Mês	TEMPERATURA DO AR			
	Média	Máxima	Mínima	Amplitude
Julho/2003	16,7	29,0	8,5	20,5
Janeiro/2004	20,7	31,9	14,6	17,3

Tabela 4. Valores diários e duração teórica da irradiação solar na área do PEFI nos dias 9-10/julho/2003 (período seco) e 19-20/janeiro/2004 (período chuvoso).

Dia	IRRADIAÇÃO SOLAR	
	Total diário (cal.cm ²)	Duração teórica (horas)
09/julho/2003	281,4	10,6
10/julho/2003	37,4	10,6
19/janeiro/2004	468,8	13,3
20/janeiro/2004	367,1	13,2

Tabela 5. Direção dominante e velocidade média do vento na área do PEFI nos dias 9-10/julho/2003 (período seco) e 19-20/janeiro/2004 (período chuvoso).

Dia	VENTO	
	Velocidade média (m.s ⁻¹)	
09/julho/2003	2,08	
10/julho/2003	1,60	
19/janeiro/2004	2,30	
20/janeiro/2004	2,05	

Tabela 6. Diferença de temperatura entre a superfície e o fundo do Lago das Ninféias nos períodos seco e chuvoso.

Δ TEMPERATURA DA ÁGUA (°C)									
Hora									
Período	07:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	01:00	04:00	07:00
Seco	0,6	1,0	2,1	2,6	2,7	2,0	1,4	0,0	0,9
Chuvoso	3,2	3,2	5,5	6,9	7,5	5,1	4,0	3,4	2,8

Tabela 7. Valores horários máximo, mínimo e médio para a profundidade da zona de mistura ao longo de 24 horas nos períodos seco e chuvoso no Lago das Ninféias.

ZONA DE MISTURA (m)												
Hora												
Período	07:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	01:00	04:00	07:00	Máx.	Mín.	Méd.
Chuva	0,8	1,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	1,2	0,1	0,6
Seca	1,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,5	0,6	0,8	0,8	1,2	0,1	0,5

Tabela 8. Valores médios (n = 2) de concentração de oxigênio dissolvido, valores máximos (Máx.), mínimos (Mín.), médios (Méd.) e coeficiente de variação (CV) para os estratos, horários e período durante os períodos seco e chuvoso no Lago das Ninféias.

Período	Estrato	OD (mg.L-1)										Período							
		Hora										Média	Máxima	Mínima					
Seco		07	10	13	16	19	22	01	04	07									
	Superior	6,2	6,1	6,4	6,8	8,5	7,1	7,3	7,5	7,4	8,5	6,1	7,0	11,0					
	Médio	4,1	4,2	6,2	6,0	8,1	7,0	6,7	4,6	3,9	8,1	3,9	5,7	27,0					
	Inferior	2,5	3,5	3,1	3,7	6,7	5,3	6,0	2,5	2,3	6,7	2,3	3,9	42,0					
			Máx																
		Mín																	
		4,2	4,6	5,2	5,5	7,8	6,5	6,7	4,9	4,5			Méd						
		44	29	36	29	12	16	10	51	57				CV (%)					
Chuvoso	Superior	1,6	1,7	2,3	2,9	4,2	3,0	1,3	2,0	1,8	4,2	1,3	2,3	40					
	Médio	0,5	0,5	0,7	0,7	2,7	2,6	0,4	0,3	0,3	2,7	0,3	1,0	99					
	Inferior	0,0	0,1	0,0	0,0	0,9	0,4	0,4	0,3	0,0	0,9	0,0	0,2	139					
			Máx																
			Mín																
		0,7	0,8	1,0	1,2	2,6	2,0	0,7	0,8	0,7			Méd						
		115	111	119	126	62	70	73	113	142				CV (%)					

Tabela 10. Valores médios (n = 2) da turbidez, valores máximos (Máx.), mínimos (Mín.), médios (Méd.) e coeficiente de variação (CV) para os estratos, horários e período no Lago das Ninféias durante os períodos seco e chuvoso.

Turbidez (FTU)																	
	Estrato	Hora										Período					
		07:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	01:00	04:00	07:00	Méd	Máx.	Mín.				
Chuvoso	Superior	80,1	50,0	45,0	44,0	42,5	43,5	45,0	44,0	46,0	80,1	42,5	48,9	24	46,3	178,3	18,0
	Médio	104,0	27,5	47,5	42,5	45,0	44,5	27,5	25,0	20,0	104,0	20,0	42,6	59			
	Inferior	178,3	41,0	28,5	31,5	26,5	18,0	35,0	34,5	33,5	178,3	18,0	47,4	104			
											Máx						
												Mín					
		120,8	39,5	40,3	39,3	38,0	35,3	35,8	34,5	33,2		Méd					
		42	29	26	17	26	43	25	28	39			CV (%)				
Seco	Superior	43,5	44,0	41,5	43,0	44,5	43,0	44,0	44,0	43,5	44,5	41,5	43,4	1	45,7	62,5	41,5
	Médio	45,0	44,0	43,0	41,5	43,5	42,0	44,0	46,5	49,0	49,0	41,5	44,3	2			
	Inferior	57,5	46,5	43,0	43,0	44,0	45,0	45,0	62,5	57,0	62,5	43,0	49,3	8			
											Máx						
												Mín					
		48,7	44,8	42,5	42,5	44,0	43,3	44,3	51,0	49,8		Méd					
		16	3	2	2	1	4	1	20	14			CV (%)				

Tabela 11. Valores médios (n = 2) de condutividade elétrica, valores máximos (Máx.), mínimos (Mín.), médios (Méd.) e coeficiente de variação (CV) para os estratos, horários e período no Lago das Ninféias durante o período seco e chuvoso.

Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)																	
	Estrato	Hora									Período						
		07:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	01:00	04:00	07:00	Méd	Máx	Mín.				
Chuvoso	Superior	80,1	69,8	317,6	59,1	55,7	64,1	63,9	64,6	66,0	317,6	55,7	93,4	90	110	317	55,7
	Médio	104,0	110,3	64,6	69,3	65,0	64,1	108,7	102,8	106,5	110,3	64,1	88,3	24			
	Inferior	178,3	126,5	133,4	107,5	130,0	134,4	175,2	178,2	180,4	180,4	107,5	149,3	19			
											Máx						
												Mín					
		120,8	102,2	171,9	78,6	83,6	87,5	115,9	115,2	117,6			Méd				
		42	29	76	32	48	46	48	50	49				CV(%)			
Seco	Superior	52,8	42,0	41,5	42,8	40,9	38,7	44,7	44,3	42,6	52,8	38,7	43,4	9	44,2	52,8	38,7
	Médio	46,2	43,7	42,9	44,5	44,3	42,8	44,4	43,6	45,5	46,2	42,8	44,2	3			
	Inferior	45,7	44,4	44,4	45,3	44,0	45,0	44,4	46,5	44,9	46,5	44,0	44,9	2			
											Máx						
												Mín					
		48,2	43,3	42,9	44,2	43,1	42,1	44,5	44,8	44,3			Méd				
		8	3	3	3	4	8	0	3	3				CV(%)			

Tabela 12. Valores médios (n = 4) de pH, valores máximos (Máx.), mínimos (Mín.), médios (Méd.) e coeficiente de variação (CV) para os estratos, horários e período no Lago das Ninféias durante o período seco e chuvoso.

pH																	
	Estrato	Hora									Período						
		07:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	01:00	04:00	07:00	Méd	Máx.	Mín.				
Chuvoso	Superior	6,2	6,4	6,4	6,4	6,4	6,5	6,3	6,3	6,2	6,5	6,2	6,3	2	6,3	6,5	6,2
	Médio	6,2	6,2	6,2	6,2	6,4	6,4	6,2	6,2	6,3	6,4	6,2	6,3	2			
	Inferior	6,3	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,3	6,3	6,2	6,3	6,2	6,2	0			
											Máx.						
												Mín.					
		6,2	6,3	6,2	6,3	6,4	6,4	6,2	6,2	6,2		Méd.					
		0	1	2	2	2	2	0	1	0			CV(%)				
Seco	Superior	6,8	6,5	6,7	6,7	7,6	6,9	6,9	6,8	6,8	7,6	6,5	6,9	5	6,8	7,7	6,3
	Médio	6,6	6,4	6,6	6,8	6,8	7,0	6,8	6,7	6,6	7,0	6,4	6,7	3			
	Inferior	6,3	6,4	7,7	6,9	6,8	6,7	6,8	6,5	6,5	7,7	6,3	6,7	6			
											Máx.						
												Mín.					
		6,6	6,4	7,0	6,8	7,1	6,9	6,8	6,7	6,6		Méd.					
		3	1	9	1	7	2	1	2	2			CV(%)				

Tabela 13. Valores médios (n = 2) de concentração de gás carbônico livre (CO₂), valores máximos (Máx.), mínimos (Mín.), médios (Méd.) e coeficiente de variação (CV) para os estratos, horários e períodos no Lago das Ninféias durante os períodos seco e chuvoso.

CO ₂ livre (mg.L ⁻¹)																	
	Estrato	Hora										Período					
		07:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	01:00	04:00	07:00	Média	Máx.	Mín.				
Chuvoso	Superior	22,8	17,7	16,7	16,4	14,5	12,0	21,7	22,2	24,8	24,8	12,0	18,7	23	39,5	79,3	12,0
	Médio	43,5	40,9	26,9	31,0	14,9	15,7	45,9	50,2	44,8	50,2	14,9	34,9	38			
	Inferior	78,3	79,3	63,1	54,7	47,3	46,5	64,1	70,7	78,6	79,3	46,5	64,7	20			
											Máx						
												Mín					
		48,2	45,9	35,6	34,0	25,5	24,8	43,9	47,7	49,4		Méd					
		58	68	69	57	74	76	49	51	55			CV(%)				
Seco	Superior	4,8	9,5	5,7	6,0	2,2	3,3	3,9	4,3	4,8	9,5	2,2	5,0	42	6,0	13,2	0,6
	Médio	8,5	11,0	6,9	5,0	4,1	3,1	4,2	6,1	7,6	11,0	3,1	6,3	40			
	Inferior	13,2	11,0	0,6	4,4	5,0	5,3	5,0	8,2	8,6	13,2	0,6	6,8	56			
											Máx						
												Mín					
		8,8	10,5	4,4	5,2	3,8	3,9	4,3	6,2	7,0		Méd					
		48	8	77	16	38	31	13	31	28			CV(%)				

Tabela 14. Valores médios (n = 2) de concentração de bicarbonato (HCO₃), valores máximos (Máx.), mínimos (Mín.), médios (Méd.) e coeficiente de variação (CV) para os estratos, horários e período no Lago das Ninféias durante o período seco e chuvoso.

HCO ₃ (mg.L ⁻¹)																	
	Estrato	Hora									Período						
		07:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	01:00	04:00	07:00	Méd.	Máx.	Mín.				
Chuvoso	Superior	21,1	20,9	20,1	20,9	20,8	20,2	20,8	21,0	20,6	21,1	20,1	20,7	2	36,5	73,4	20,1
	Médio	37,4	38,1	21,7	23,8	20,9	20,7	39,5	37,4	42,2	42,2	20,7	31,3	29			
	Inferior	73,4	63,2	50,9	46,0	42,5	42,4	62,2	66,3	70,3	73,4	42,4	57,5	21			
											Máx	Mín	Méd				
														CV(%)			
		44,0	40,7	30,9	30,2	28,1	27,8	40,8	41,6	44,4							
		61	52	56	45	45	46	51	55	56							
Seco	Superior	15,9	15,3	15,5	15,1	15,0	15,0	15,2	15,0	14,7	15,9	14,7	15,2	2	15,2	15,9	14,7
	Médio	15,7	15,2	15,6	15,3	15,2	14,7	14,7	14,9	15,0	15,7	14,7	15,2	2			
	Inferior	15,3	15,4	15,7	15,0	14,9	14,9	14,9	15,0	15,4	15,7	14,9	15,2	2			
											Máx	Mín	Méd				
			15,6	15,3	15,6	15,1	15,1	14,9	14,9	15,0	15,0						
		2	1	0	1	1	1	2	0	2							

Tabela 15. Valores médios (n = 2) de concentração de fósforo total (PT.), valores máximos (Máx.), mínimos (Mín.), médios (Méd.) e coeficiente de variação (CV) para os estratos, horários e período no Lago das Ninféias durante o período seco e chuvoso.

PT ($\mu\text{g.L}^{-1}$)																									
	Estrato	Hora									Período														
		07:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	01:00	04:00	07:00	Méd.	Máx.	Mín.												
Chuvoso	Superior	26,0	35,3	17,3	21,7	12,8	12,3	26,3	26,1	27,3	35,3	12,3	22,8	33	27,5	62,1	12,3								
	Médio	22,5	17,0	30,8	32,4	29,6	28,2	23,4	29,1	62,1	17,0	30,6	42												
	Inferior	48,2	25,7	21,7	19,7	22,1	20,0	29,1	35,2	40,6	14,6	19,7	29,1	35											
											Máx	Mín	Méd												
														CV(%)											
Seco	Superior	15,7	18,0	13,9	11,8	16,3	16,4	16,7	17,0	19,5	19,5	11,8	16,1	14	16,3	23,1	9,4								
	Médio	11,4	9,4	23,1	16,8	11,7	16,3	18,8	17,6	17,1	23,1	9,4	15,8	27											
	Inferior	15,8	18,7	17,9	15,8	13,7	17,6	17,2	15,2	22,1	22,1	13,7	17,1	14											
											Máx	Mín	Méd												
														CV(%)											
														14,3	15,4	18,3	14,8	13,9	16,7	17,6	16,6	19,5			
														18	34	25	18	17	4	6	8	13			

Tabela 16. Valores médios (n = 2) de concentração de fósforo total dissolvido (PDT), valores máximos (Máx.), mínimos (Mín.), médios (Méd.) e coeficiente de variação (CV) para os estratos, horários e período no Lago das Ninféias durante o período seco e chuvoso.

PDT ($\mu\text{g.L}^{-1}$)																	
	Estrato	Hora										Período					
		07:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	01:00	04:00	07:00	Méd.	Máx.	Mín.				
Chuvoso	Superior	16,9	15,9	13,4	11,6	10,0	16,8	11,8	14,3	13,4	16,9	10,0	13,8	20	16,9	43,1	10,0
	Médio	22,0	20,2	16,3	16,8	11,0	13,2	12,9	19,7	14,1	22,0	11,0	16,2	23			
	Inferior	26,7	43,1	21,8	18,7	13,5	10,0	10,9	23,0	18,3	14,6	10,0	20,7	49			
											Máx	Mín	Méd				
														CV(%)			
		21,9	26,4	17,2	15,7	11,5	13,3	11,9	19,0	15,3							
		22	55	25	23	21	26	9	23	18							
Seco	Superior	4,0	4,0	4,0	4,0	11,8	4,0	4,0	4,0	4,0	11,8	10,0	4,8	27	7,2	47,9	4,0
	Médio	4,0	4,0	4,0	47,9	4,0	18,8	15,7	4,0	4,0	47,9	10,0	9,1	99			
	Inferior	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	13,8	4,0	14,3	11,4	14,3	10,0	7,1	43			
											Máx	Mín	Méd				
														CV(%)			
		4,0	4,0	4,0	18,6	12,2	12,2	13,2	7,4	11,8							
		0	0	0	105	28	49	61	49	20							

Tabela 17. Valores médios (n = 2) de nitrogênio total (NT), valores máximos (Máx.), mínimos (Mín), médios (Méd.) e coeficiente de variação (CV) para os estratos, horários e período no Lago das Ninféias durante o período seco e chuvoso.

NT ($\mu\text{g.L}^{-1}$)																	
	Estrato	Hora										Período					
		07:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	01:00	04:00	07:00		Méd.	Máx.	Mín.			
Chuvoso	Superior	396,7	433,7	450,0	602,6	361,5	316,9	517,0	932,3	1079,9	1079,9	316,9	565,6	47	832,8	2859,9	316,9
	Médio	372,2	496,5	554,9	680,5	426,8	557,4	546,7	786,9	1594,6	1594,6	372,2	668,5	55			
	Inferior	1091,7	1012,6	954,2	583,8	501,5	680,5	989,4	2703,6	2859,9	14,6	501,5	1264,1	70			
												Máx					
												Mín					
		620,2	647,6	653,0	622,3	429,9	518,3	684,4	1474,3	1844,8			Méd				
		66	49	41	8	16	36	39	72	50			CV(%)				
Seco	Superior	682,3	557,4	466,1	588,4	813,9	828,7	908,5	801,0	803,2	908,5	466,1	716,6	21	702,4	934,0	435,0
	Médio	590,3	435,0	455,4	628,3	697,1	889,7	863,4	770,7	783,6	889,7	435,0	679,3	24			
	Inferior	637,2	501,2	548,1	750,7	678,2	934,0	804,3	753,3	795,4	934,0	501,2	711,4	19			
												Máx					
												Mín					
		636,6	497,9	489,9	655,8	729,8	884,1	858,8	775,0	794,1			Méd				
		7	12	10	13	10	6	6	3	1			CV(%)				

Tabela 19. Valores médios (n = 3) de concentração de amônio (NH₄), valores máximos (Máx.), mínimos (Mín.), médios (Méd.) e coeficiente de variação (CV) para os estratos, horários e período no Lago das Ninféias durante o período chuvoso.

NH ₄ ⁺ (µg.L ⁻¹)																	
	Estrato	Hora										Período					
		07:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	01:00	04:00	07:00	Méd.	Máx.	Mín.				
Chuvoso	Superior	18,8	5,7	16,7	14,7	12,7	15,0	5,0	8,4	13,0	18,8	5,0	12,2	40	144,0	696,8	5,0
	Médio	26,5	12,7	5,8	6,4	6,2	8,8	33,7	37,5	25,9	37,5	5,8	18,2	70			
	Inferior	593,9	324,0	284,6	78,6	213,8	237,2	696,8	621,4	563,2	696,8	78,6	401,5	55			
											Máx						
												Mín					
		213,1	114,1	102,4	33,2	77,6	87,0	245,2	222,4	200,7			Méd				
		155	159	154	119	152	150	160	155	156				CV(%)			

Tabela 20. Valores médios (n = 2) de concentração de silicato (Si(OH)₄), valores máximos (Máx.), mínimos (Mín.), médios (Méd.) e coeficiente de variação (CV) para os estratos, horários e período no Lago das Ninféias durante o período seco e chuvoso.

Si(OH) ₄ (µg.L ⁻¹)																	
	Estrato	Hora									Período						
		07:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	01:00	04:00	07:00	Méd.	Máx.	Mín.				
Chuvoso	Superior	5,2	5,2	5,0	5,2	4,0	6,1	5,8	5,8	5,6	6,1	4,0	5,3	11	6,2	9,2	4,0
	Médio	6,4	6,1	5,1	5,3	4,0	6,2	6,8	7,3	6,9	7,3	4,0	6,0	17			
	Inferior	9,0	9,2	7,8	6,4	6,2	8,6	9,0	5,1	5,1	14,6	5,1	7,4	23			
											Máx						
												Mín					
		6,9	6,8	6,0	5,6	4,7	6,9	7,2	6,1	5,9			Méd				
		28,1	30,7	26,6	11,9	26,3	20,1	22,9	18,2	15,6				CV(%)			
Seco	Superior	3,5	3,2	2,5	3,4	3,2	3,3	2,9	3,0	3,1	3,5	2,5	3,1	8,9	3,2	3,7	2,5
	Médio	3,5	3,3	3,2	3,5	3,2	3,4	3,0	2,9	3,1	3,5	2,9	3,2	5,8			
	Inferior	3,7	3,3	3,2	3,3	3,2	3,4	3,0	3,4	3,3	3,7	3,0	3,3	5,8			
											Máx						
												Mín					
		3,5	3,3	3,0	3,4	3,2	3,3	3,0	3,1	3,2			Méd				
		4,0	2,0	13,5	1,7	1,4	0,6	0,8	7,1	3,3				CV(%)			

Tabela 21: Correlação de Pearson & Kendall e variação explicada das variáveis abióticas (n = 27) com os componentes principais (eixo 1 e 2).

Variável	Eixo 1	Eixo 2
Condutividade	0,812	0,012
OD	0,797	0,139
pH	0,466	0,321
Turbidez	0,034	0,000
NH ₄	0,956	0,035
NO ₃	0,589	0,236
NO ₂	0,783	0,044
PDT	0,285	0,017
Silicato	0,744	0,108
NT	0,167	0,244
PT	0,391	0,053
Temperatura	0,180	0,243
CO ₂	0,841	0,129
HCO ₃	0,965	0,001

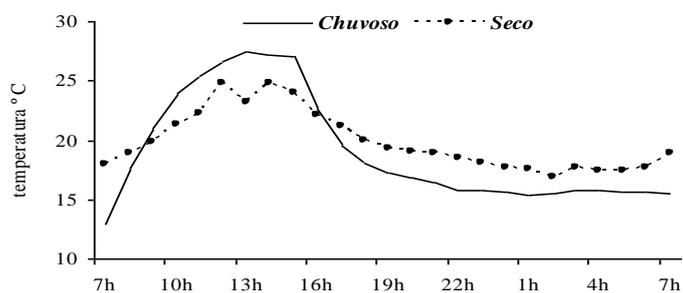


Figura 4. Variação da temperatura do ar (°C) ao longo de um ciclo de 24 horas nos períodos seco e chuvoso na área do PEFI.

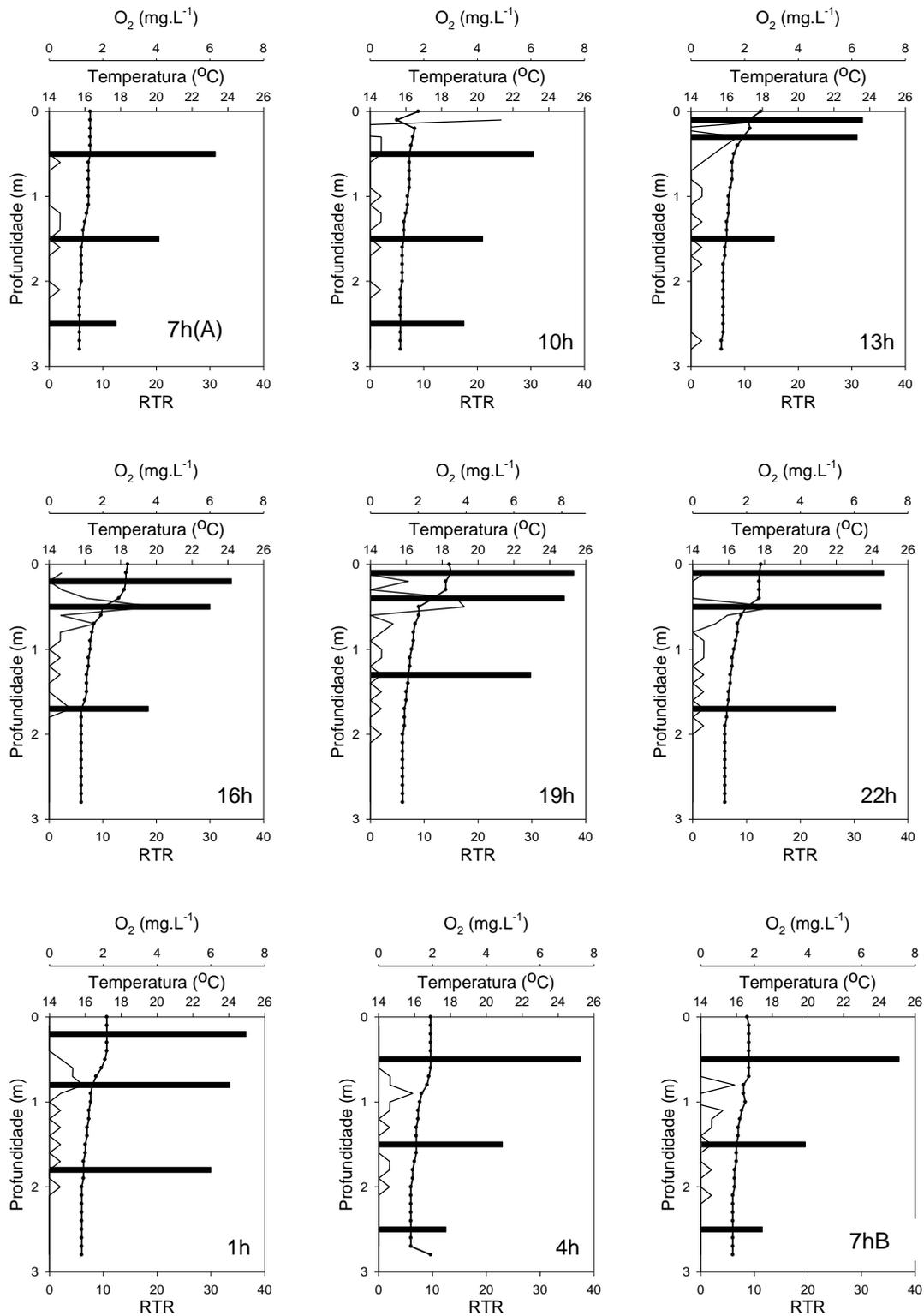


Fig. 5. Temperatura (...), RTR (—) e concentração média ($n=2$) de oxigênio dissolvido (—) no período seco, no Lago das Ninféias.

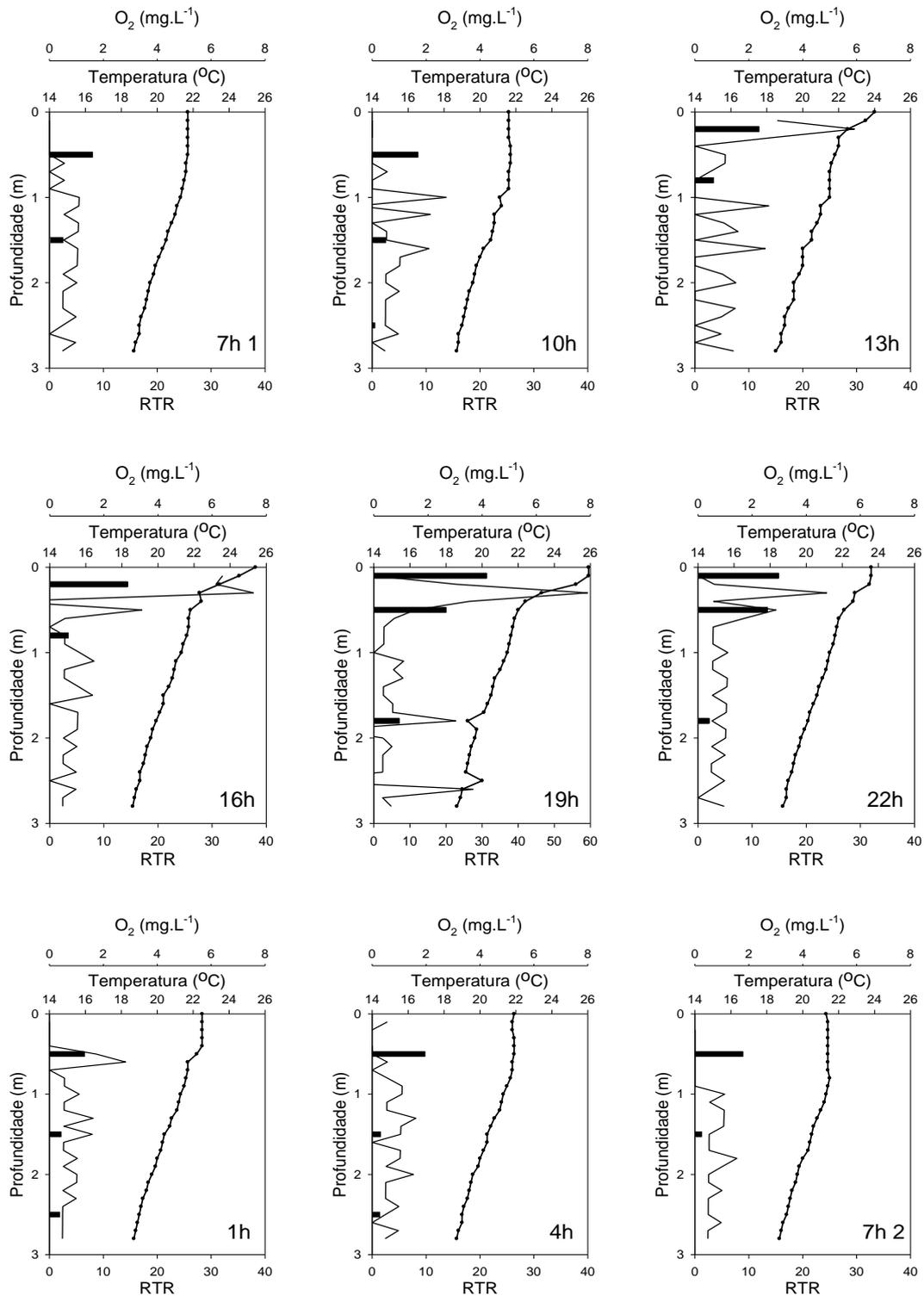


Figura 6. Temperatura (....), RTR (___) e concentração média (n=2) de oxigênio dissolvido (—) no período chuvoso, no Lago das Ninféias.

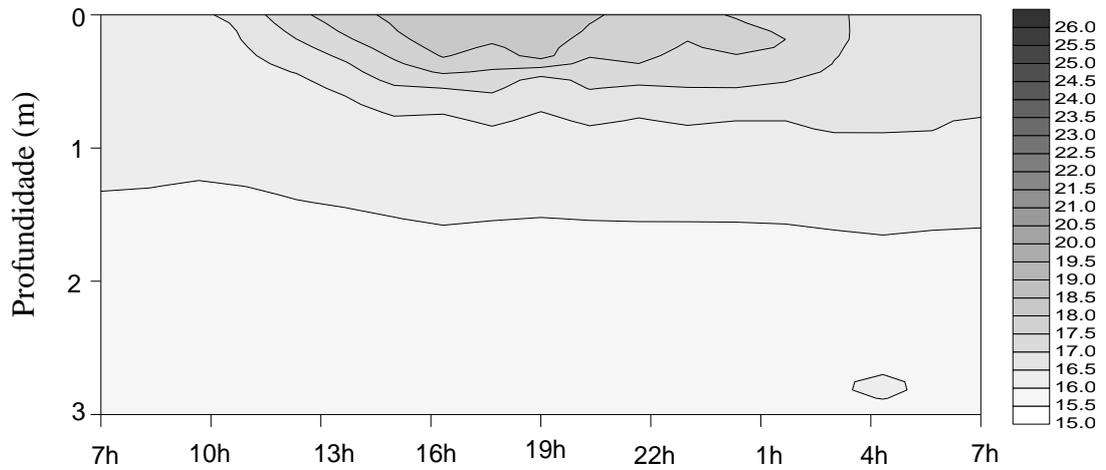


Figura 7. Diagrama de profundidade e tempo das isolinhas de temperatura (°C) no Lago das Ninféias no período seco ao longo de um ciclo de 24 horas.

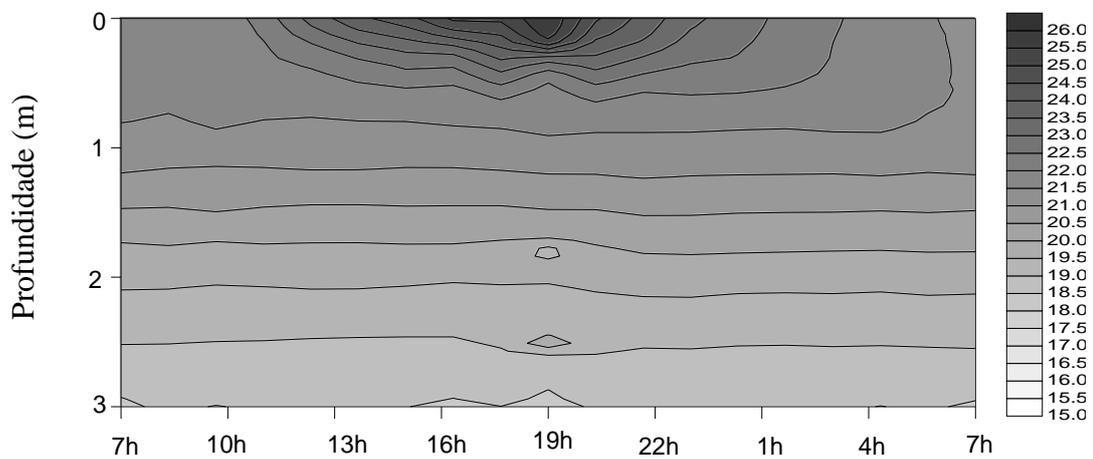


Figura 8. Diagrama de profundidade e tempo das isolinhas de temperatura (°C) no Lago das Ninféias, no período chuvoso ao longo de um ciclo de 24 horas.

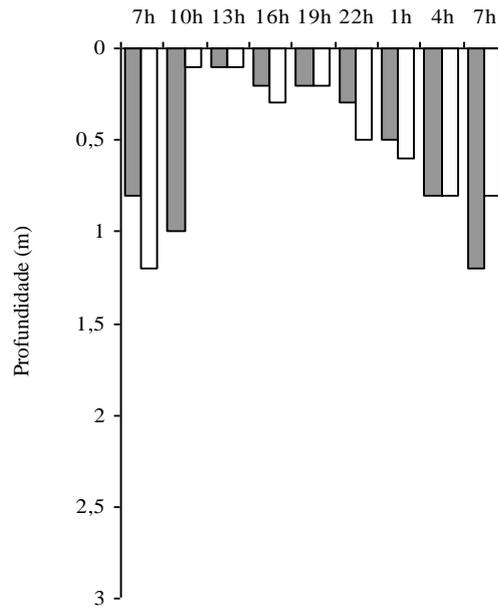


Figura 9. Profundidade da zona de mistura ao longo de 24 horas nos períodos seco (em cinza) e chuvoso (em branco) no Lago das Ninféias.

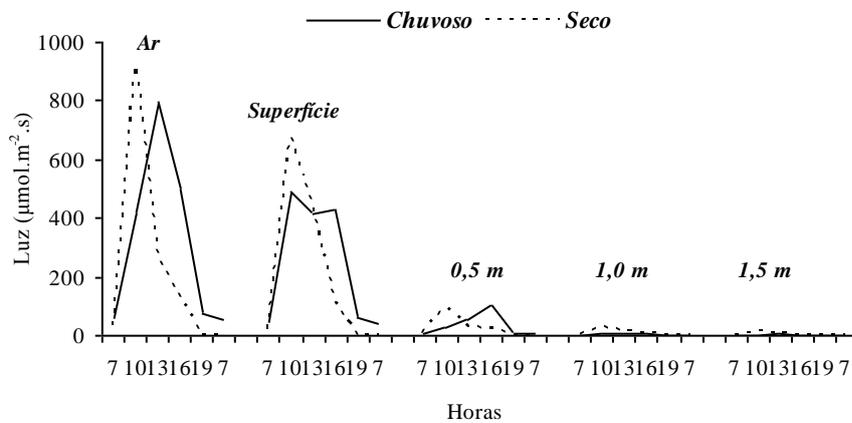


Figura 10. Variação da luz ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}$) ao longo de 24 horas nos períodos seco e chuvoso.

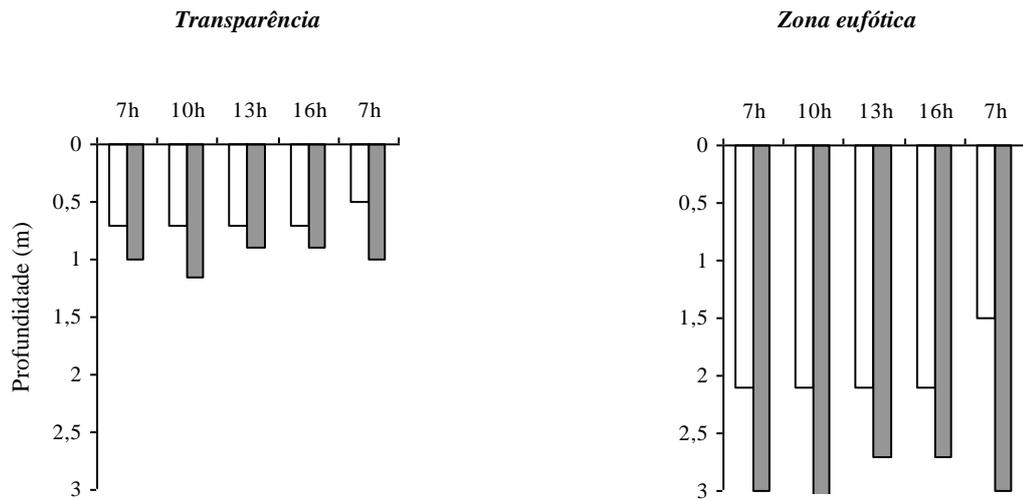


Figura 11. Variação profundidade da transparência (m) e zona eufótica (m) nos períodos seco (cinza) e chuvoso (branco) no Lago das Ninféias ao longo de um ciclo de 24 horas.

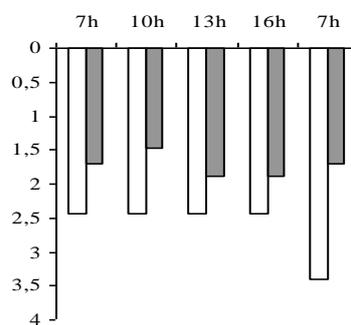


Figura 12. Variação do coeficiente de atenuação vertical da luz (k) nos períodos seco (cinza) e chuvoso (branco) no Lago das Ninféias ao longo de um ciclo de 24 horas.

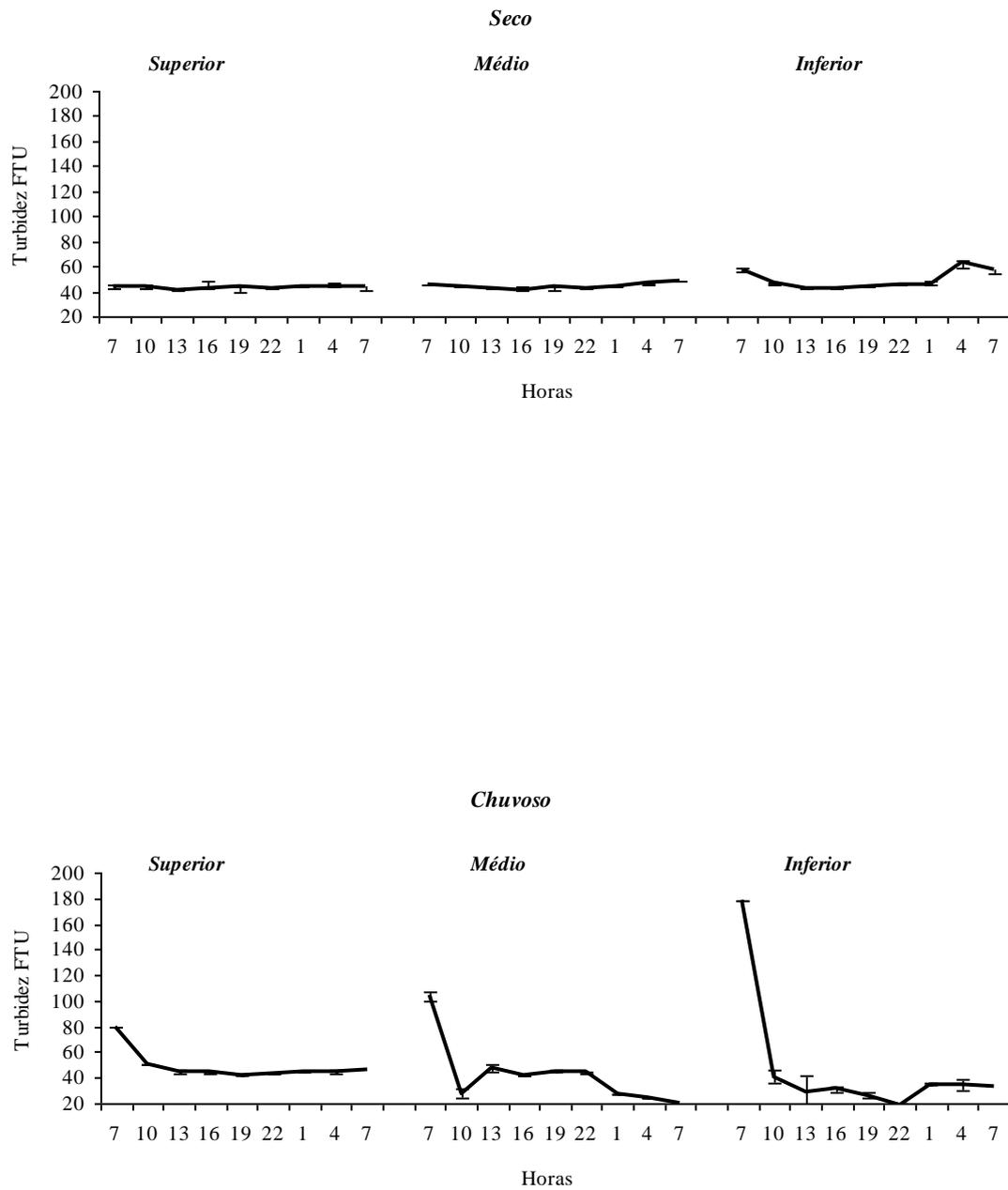


Figura 13. Variação da turbidez (FTU) e desvio padrão (n=2) nos estratos superior, médio e inferior, nos períodos seco e chuvoso no Lago das Ninféias ao longo de um ciclo de 24 horas.

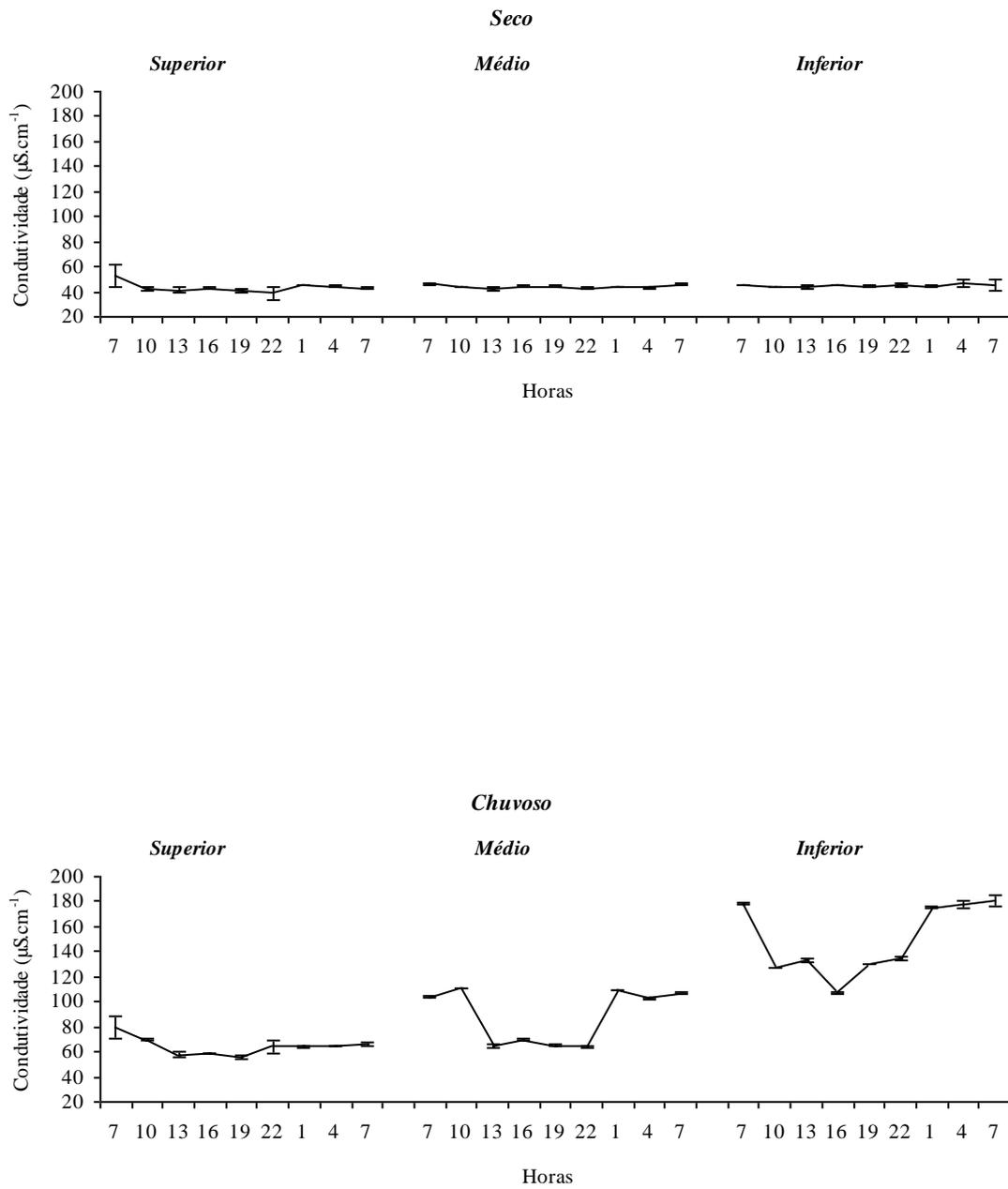


Figura 14. Variação da condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e desvio padrão ($n=2$) ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior do Lago das Ninféias nos períodos seco e chuvoso.

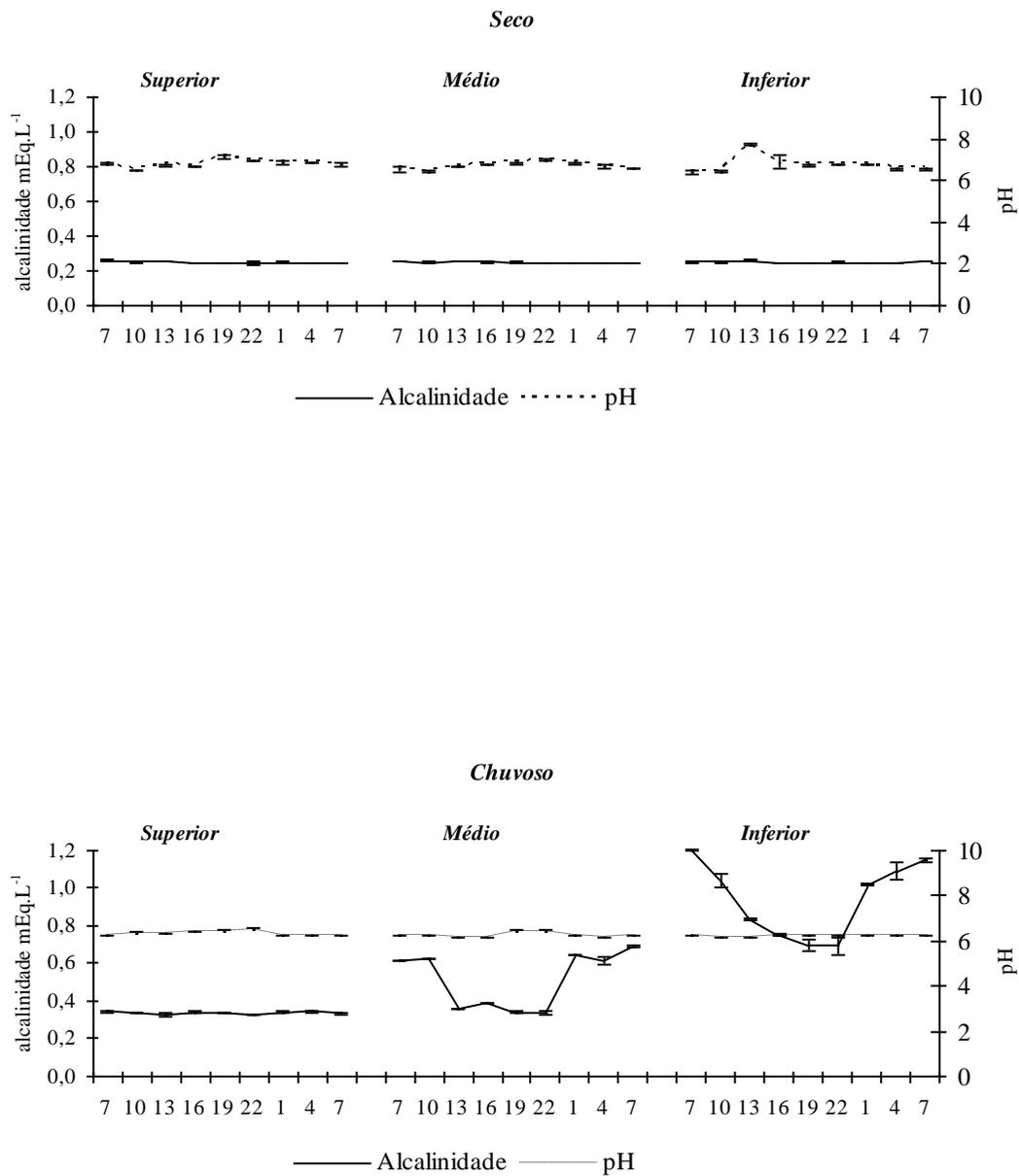


Figura 15. Variação médio ($n=2$) da alcalinidade (mEq.L^{-1}) e do pH e desvio padrão ($n=2$) ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior do Lago das Ninféias nos períodos seco e chuvoso.

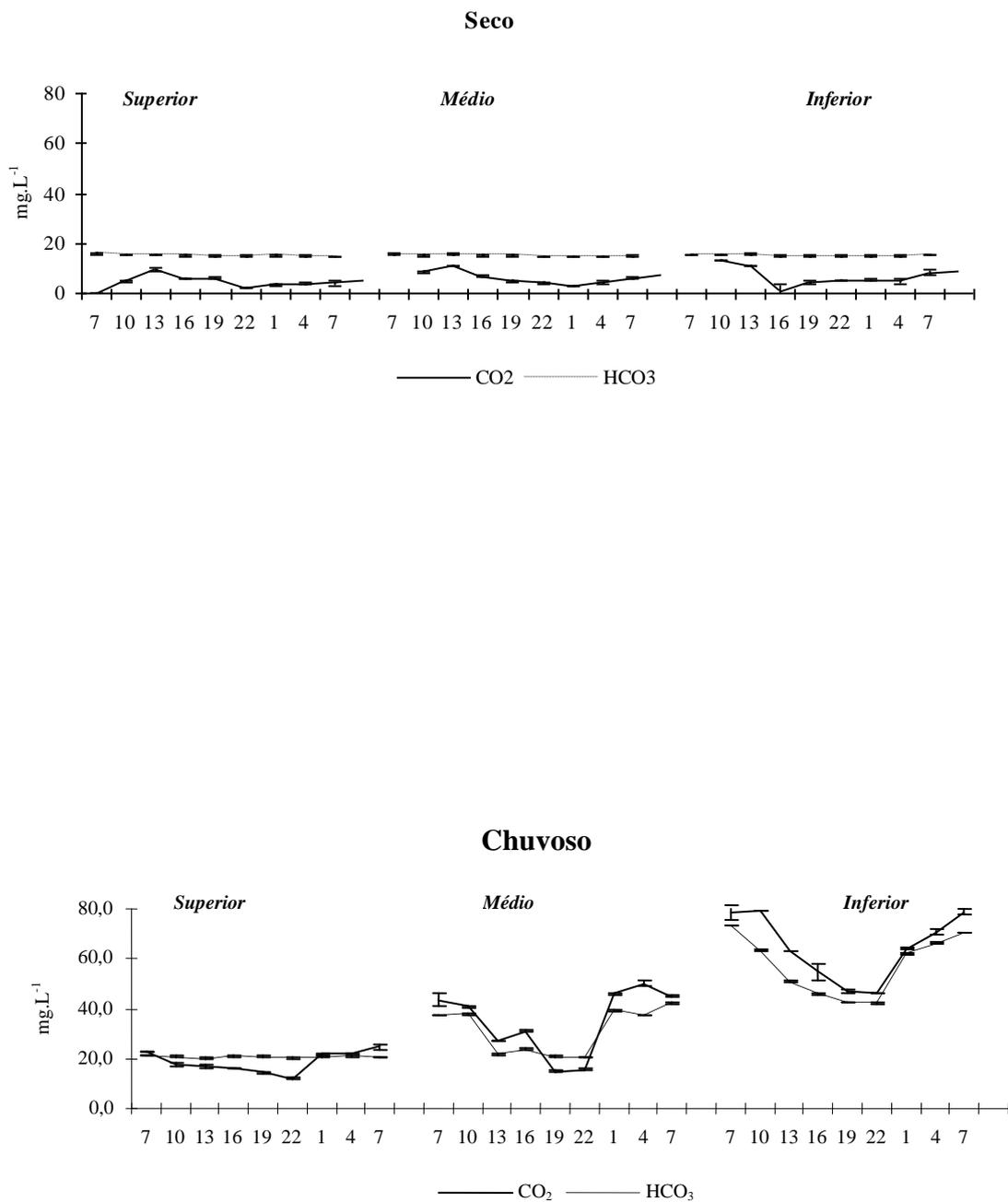


Figura 16. Variação média ($n=2$) do gás carbônico livre (mg.L^{-1}) e do bicarbonato (mg.L^{-1}) e desvio padrão ($n=2$) ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior do Lago das Ninféias nos períodos seco e chuvoso.

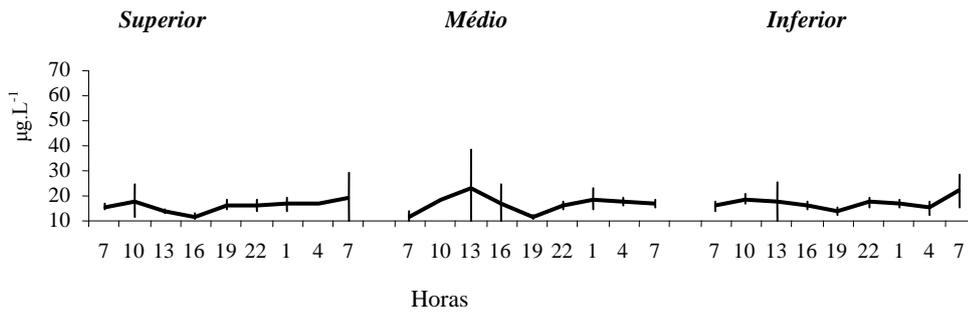
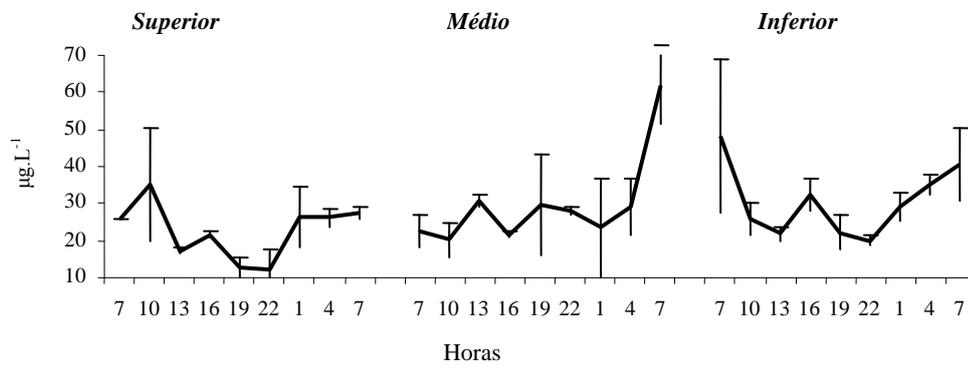
PT - Seco**PT - Chuvoso**

Figura 17. Variação média ($n=2$) de fósforo total (PT) ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e desvio padrão ($n=2$) ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior do Lago das Ninféias nos períodos seco e chuvoso

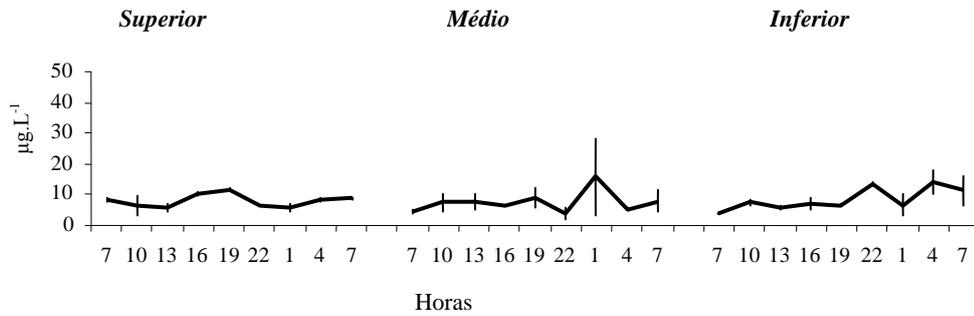
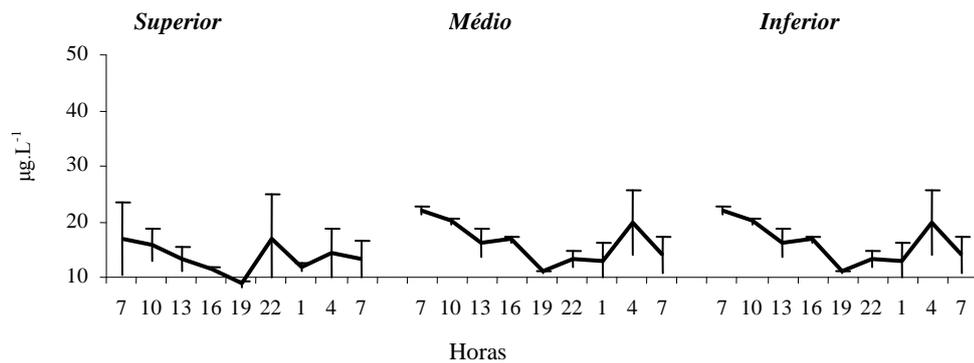
PDT - Seco**PDT - Chuvoso**

Figura 18. Variação média (n=2) e desvio padrão (n=2) dos teores de fósforo total (PT) ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e fósforo total dissolvido (PDT) ($\mu\text{g.L}^{-1}$) ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior do Lago das Ninféias nos períodos seco e chuvoso.

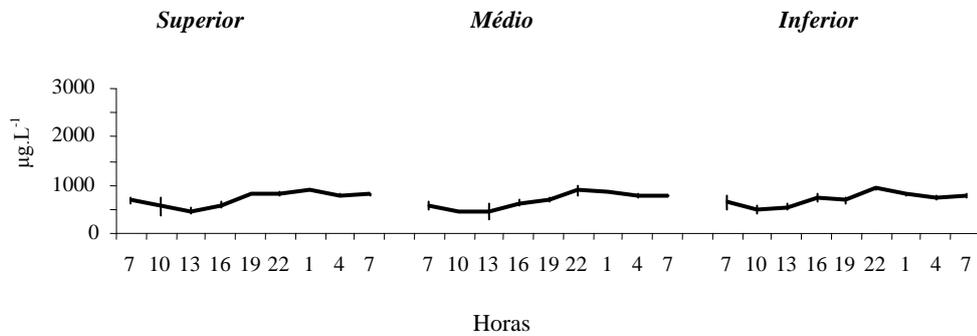
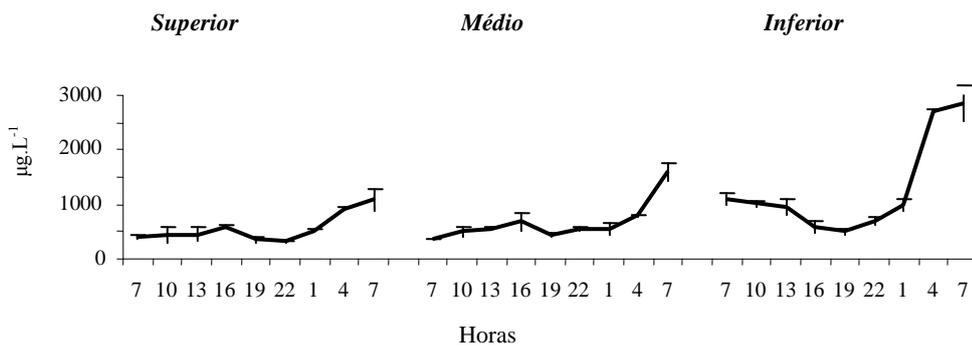
NT - Seco**NT – Chuvoso**

Figura 19. Variação média (n=2) e desvio padrão dos teores de nitrogênio total (NT) ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e fósforo total dissolvido (PDT) ($\mu\text{g.L}^{-1}$) ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior do Lago das Ninféias nos períodos seco e chuvoso

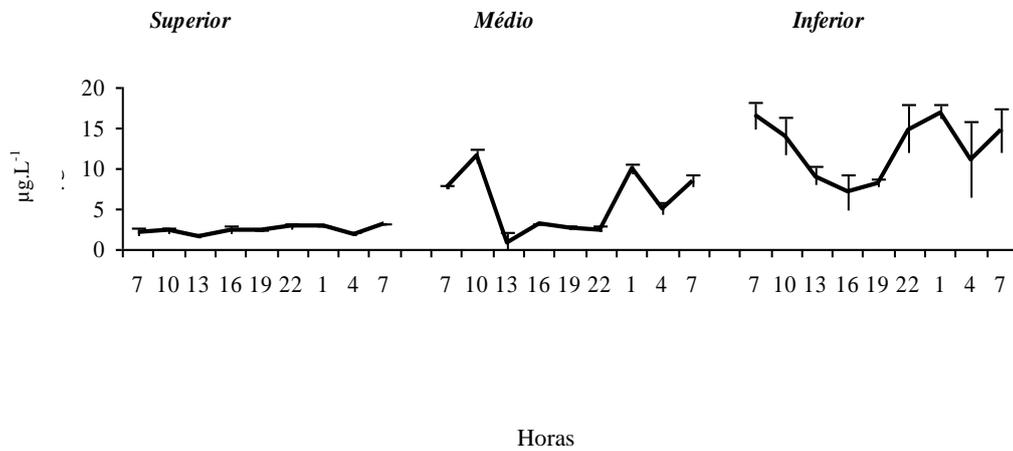
NO₂⁻ - Chuvoso

Figura 20. Variação média e desvio padrão (n=2) dos teores de NO₂⁻ (µg.L⁻¹) ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior do Lago das Ninféias no período chuvoso.

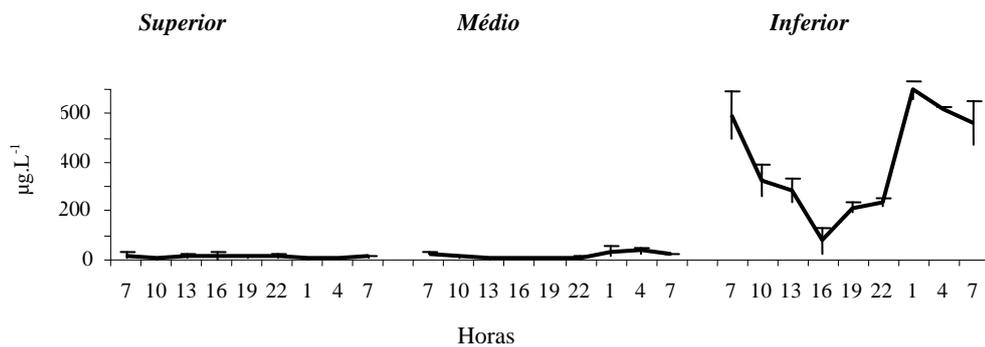
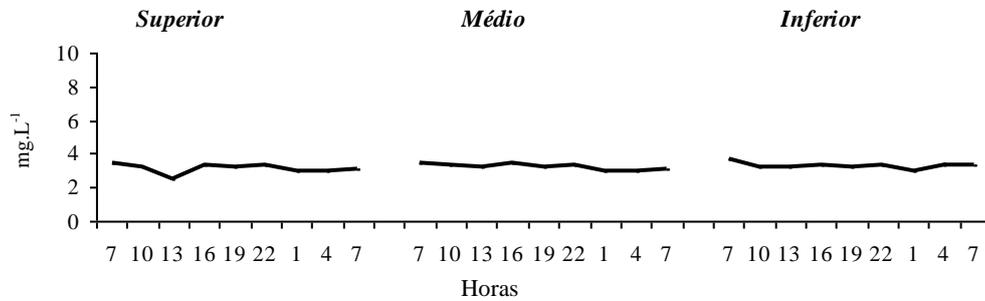
NH₄⁺ Chuvoso

Figura 21. Variação média e desvio padrão (n=2) dos teores de NH₄⁺ (µg.L⁻¹) ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior do Lago das Ninféias no período chuvoso.

Silicato - Seco



Silicato - Chuvoso

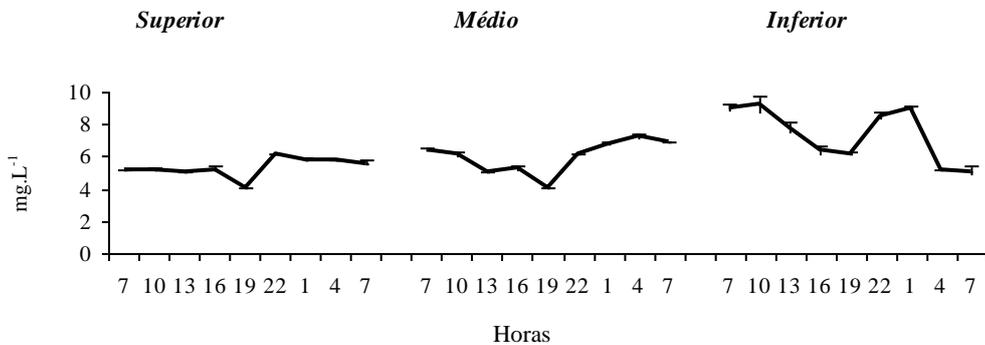


Figura 22. Variação média (n=2) e desvio padrão (n=2) dos teores de silicato (mg.L⁻¹) ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior do Lago das Ninféias nos períodos seco e chuvoso.

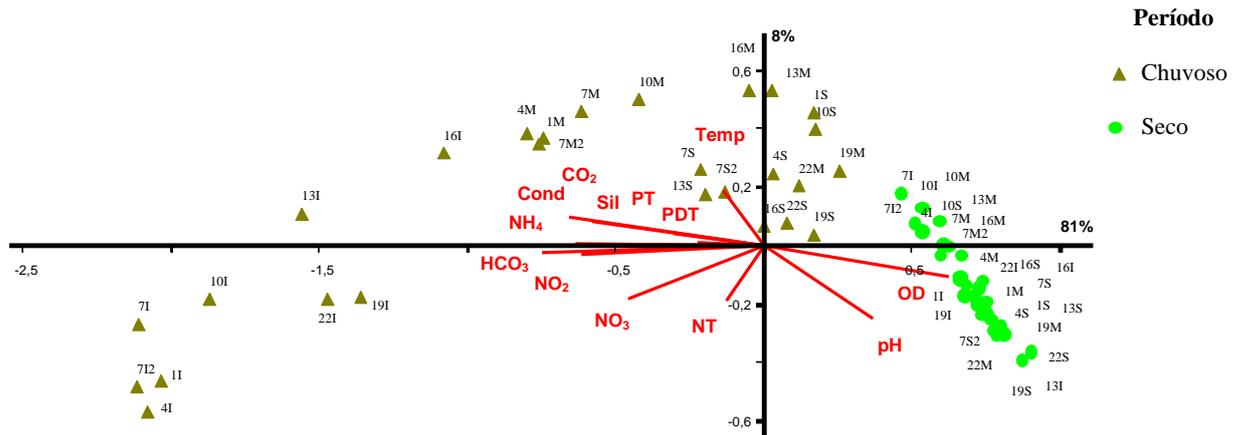


Figura 23: ACP para a média das unidades amostrais referentes aos três estratos dos 9 horários analisados de cada período (seco e chuvoso). Legenda: S, estrato superior; M, estrato médio; I, estrato inferior.

Variação nictemeral da estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica nas épocas de seca e chuva em reservatório urbano raso mesotrófico (Lago das Ninféias), Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo

Abstract: Ninféias Pond is a small ($7,170 \text{ m}^3$) shallow ($Z_{\text{max.}} = 3 \text{ m}$) reservoir located in the Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, southeastern region of the municipality of São Paulo, Brazil. In tropical regions, solar heating daily patterns may lead to temporary thermal stratifications that affect vertical distribution of nutrients and phytoplankton. This research aimed at understanding the interactions between the water column thermal profile and the vertical distribution of phytoplankton during a 24 hours cycle. Consequently, samplings were performed in the 3 layers with different densities (epilimnion, metalimnion, and hypolimnion) formed because of the temperature. Sampling frequency was every 3 hours starting at 07:00 hr of one day and ending at 07:00 hr of the next day during both the dry and the rainy periods. Descriptive analyses using mathematical average and variation coefficient showed that total density was greatest during the dry period and greatest richness during the rainy one. *Mallomonas* sp., *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum*, and *Chrysochromulina* cf. *breviturrita* represented about 60% of total density during the dry period. Nannoplanktonic and flagellate species were numerous and presented their greatest density during both periods. Canonic Correspondence Analysis showed that water temperature was the most important variable for ordination of the sampling unities, separating them according to the two climatic periods. During the dry period, Pearson and Kendall correlation values were low indicating homogeneity in the vertical distribution of species. During the rainy period, thermal stratification affected vertical distribution of chlorophyll *a* and of 4 species, 3 of which (*Aphanocapsa elachista*, *Chlorella vulgaris*, and *Cryptomonas erosa*) were associated with the greatest values of TN and CO_2 detected in the bottom sampling unities, and one (*Spiniferomonas* sp.) with the lowest values of TN and CO_2 detected in the surface sampling unities. Variation of the phytoplankton species composition at short intervals (24 hr) was not observed in both period studied.

Key words: nictemeral variation, vertical variation, tropical shallow reservoir, phytoplankton community, thermal stratification.

Resumo: O Lago das Ninféias é um reservatório pequeno (7.170 m^3) e raso ($Z_{\text{máx.}} = 3 \text{ m}$) situado no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, região sudeste do município de São Paulo, Brasil. Em regiões tropicais, os padrões diários de aquecimento solar podem levar à estratificações térmicas temporárias desenvolvendo um padrão diário que influi na distribuição vertical de nutrientes e do fitoplâncton. Este trabalho pretendeu compreender as interações entre o perfil térmico da coluna d'água e a distribuição vertical do fitoplâncton em um ciclo de 24 horas. Para isso, foram realizadas amostragens nas três camadas de diferentes densidades formadas em função da temperatura (epilímnio, metalímnio e hipolímnio). A frequência de amostragem foi a cada três horas, começando

às 07:00 h de um dia e terminando às 07:00 h do dia seguinte nos períodos seco e chuvoso. Análises descritivas com aplicação de média e coeficiente de variação mostraram que a densidade total foi maior no período seco e a riqueza foi maior no chuvoso. *Mallomonas* sp., *Dinobyon bavaricum* var. *bavaricum* e *Chrysochromulina* cf. *breviturrita* representaram aproximadamente 60% da densidade total no período seco. As espécies nanoplânctônicas e flageladas foram numerosas e ocorreram em maior densidade nos dois períodos. A análise de ordenação de Correspondência Canônica (ACC) mostrou que a temperatura da água foi a variável de maior peso na ordenação das unidades amostrais separando-as em dois períodos. Ao longo de 24 horas nos períodos seco e chuvoso a coluna d'água esteve estratificada termicamente. Entretanto, a influência da estratificação foi diferente entre períodos. No período seco ocorreu estratificação apenas de oxigênio dissolvido e no chuvoso, estratificação também dos nutrientes. Conseqüentemente, apenas no período chuvoso ocorreu distribuição vertical heterogênea do fitoplâncton, especificamente de cinco espécies: *Aphanocapsa elachista*, *Chlorella vulgaris*, *Cryptomonas erosa* e *Spiniferomonas* sp. associadas aos baixos teores de NT e CO₂, que ocorreram nas unidades amostrais da superfície e *Hormotilopsis* sp. com as unidades amostrais do fundo associada com os elevados teores de NT e CO₂. As escala temporal sazonal (seca e chuva), seguida pela escala espacial vertical foram mais importantes para explicar a variabilidade limnológica do sistema do que as variações nictemeraias.

Palavras-chave: variação nictemeral, variação vertical, reservatório raso tropical, comunidade fitoplanctônica, estratificação térmica.

1. INTRODUÇÃO

Os processos limnológicos físicos e químicos atuam diretamente sobre a comunidade fitoplanctônica determinando sua distribuição no espaço e no tempo. Neste sentido, amostragens em uma única dimensão podem não cobrir adequadamente toda a variabilidade da comunidade de interesse ao passo que aquelas feitas em duas dimensões (espacial e temporal) podem ser mais adequadas (HUSZAR & GIANI, 2004).

Em regiões tropicais, fatores como mistura e turbulência da água, chuvas e padrões diários de aquecimento solar conduzem a estratificação térmica temporária desenvolvendo um padrão diário importante que influi na distribuição vertical dos nutrientes e do fitoplâncton e exercendo forte seleção na distribuição das espécies (REYNOLDS, 1984).

No Brasil, os estudos feitos sobre a distribuição vertical do fitoplâncton adotaram, com frequência, escalas arbitrárias de amostragem, com coletas efetuadas na superfície, no meio e no fundo do ambiente. Raramente foram levados em conta os principais fatores reguladores da distribuição das algas, como o padrão de mistura e o comportamento térmico do reservatório (HUSZAR & GIANI, 2004).

BARBOSA (1981) foi o primeiro a realizar no Brasil um estudo sobre as variações verticais e nictemerais da comunidade fitoplanctônica em reservatório continental. O referido autor verificou que, além das características abióticas, a clorofila *a* e a produtividade primária foram fortemente influenciadas pelo comportamento térmico durante o período estratificado da lagoa Carioca situada no Parque Florestal do Rio Doce, no estado de Minas Gerais. Os trabalhos de TEIXEIRA (1982, 1986) efetuados na enseada do Flamengo, estado de São Paulo, enfatizaram a importância das mudanças diárias da temperatura, de nutrientes, da radiação solar e da clorofila *a* sobre as curvas de luz-fotossíntese em ambiente marinho. BOZELLI *et al.* (1990) verificaram em um estudo nictemeral que a distribuição vertical de nutrientes e clorofila *a* foi influenciada, principalmente, pela ação dos ventos. ALVES *et al.* (1988) observaram, no lago Paranoá, que os valores de pH, concentração de oxigênio dissolvido e densidade fitoplanctônica responderam ao processo de estratificação térmica mostrando um gradiente vertical definido com maiores valores na superfície. Além disso, os últimos autores verificaram que as diferenças entre as épocas de seca e chuva foram maiores do que as medidas em um ciclo de 24 horas. HUSZAR *et al.* (1994) não registraram variação importante na composição e na densidade das algas tanto no intervalo nictemeral quanto verticalmente na coluna d'água, o que pode ter sido consequência do curto período de estratificação da lagoa Juparanã, no estado do Espírito Santo. BARBOSA (2003) observou na lagoa Carioca que as variações diurnas exerceram influência sobre a distribuição dos fatores limnológicos e nutrientes e que a atelomixia parcial contribuiu na manutenção de desmídias no epilímnio e das cianofíceas no metalímnio.

RAMÍREZ (1996) e LOPES (1999) foram os únicos trabalhos dedicados ao estudo das variações vertical e nictemeral das características abióticas e estrutura da comunidade fitoplanctônica em ambientes do PEFI. O primeiro abordou o Lago das Garças trabalhando os dados oriundos de um dia de amostragem nictemeral realizada em cada uma das quatro estações climáticas de um ano. O segundo trabalho focalizou o Lago do IAG através dos dados coletados durante sete dias consecutivos de amostragem nictemeral realizada em dois períodos climáticos (seco e chuvoso). RAMÍREZ (1996) registrou que a altura da zona de mistura diminuiu progressivamente do verão para a primavera, quando o sistema se mostrou estratificado, determinando o sentido da sucessão da comunidade fitoplanctônica e a variabilidade das características físicas e químicas ambientais analisadas. LOPES (1999) verificou maior diversidade fitoplanctônica no período chuvoso e identificou a zona de mistura como o principal fator de perturbação no reservatório do IAG, a qual não foi

associada com o trabalho do vento, mas os ciclos diários de aquecimento e esfriamento sobre a coluna d'água.

Este trabalho teve como principal objetivo compreender a distribuição vertical e nictemeral da comunidade fitoplanctônica em função do comportamento térmico de um reservatório tropical oligo-mesotrófico raso.

2. REGIÃO ESTUDADA

O Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) situa-se na região sudeste do município de São Paulo entre os paralelos 23° 38' 08" S e 23° 40' 18" S e os meridianos 46° 36' 48" W e 46° 38' 00" W e tem a área total de 526,38 ha (BARBOSA *et al.*, 2002) (Fig. 1- 2).

As áreas preservadas, de vegetação natural, constituem um dos últimos remanescentes de Mata Atlântica no meio de uma região densamente urbanizada da cidade de São Paulo. Constitui a terceira maior mancha verde situada em área metropolitana de toda a América Latina. Nas porções sob jurisdição do Instituto de Botânica, da Fundação Parque Zoológico e do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade de São Paulo estão situadas as 24 nascentes do histórico riacho Ipiranga.

O clima da área é do tipo **B₃ B'₃ r s₂ a**, isto é, um clima úmido, mesotérmico, sem deficiência de água, com grande excesso de água no verão e evapotranspiração potencial no verão correspondente e 34,3% em relação ao ano todo (SANTOS & FUNARI, 2002).

O relevo apresenta altitudes entre 770 e 825 m e faz parte das colinas dos rebordos do espigão central da cidade de São Paulo (AB'SABER, 1957). Quanto a geomorfologia, a área pertence à Província do Planalto Atlântico, Zona do Planalto Paulistano, na Bacia Sedimentar de São Paulo, de origem flúvio-lacustre e, provavelmente, pleiocênica (AB'SABER, 1956; ALMEIDA, 1974).

O Lago das Ninféias (Tab. 1, Fig. 3) é um reservatório raso, mesotrófico e densamente povoado por macrófitas enraizadas. A estação de coleta está localizada no local mais profundo do reservatório ($Z_{\text{máx.}} = 3,5$ m) e não há presença de macrófitas. É a mesma estação utilizada para as amostragens do projeto maior intitulado "Tipologia,

monitoramento e recuperação de corpos d'água da Reserva Biológica do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo”, descrito em D. Bicudo *et al.* (2002) (fig. 3 A-B).

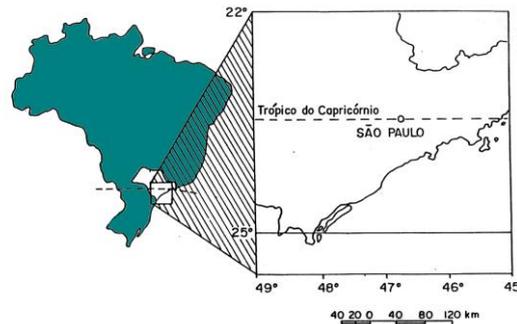


Figura 1. Mapa do Brasil salientando o estado e a cidade de São Paulo (modificado de STRUFFALDI-DE-VUONO, 1985). Elaborado pela Seção de Urbanização e Paisagismo do Instituto de Botânica, em 1970.



Figura 2. Imagem de satélite do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) circunscrito pela malha urbana da Grande São Paulo (fonte: www.iag.usp.br)

Tabela 1. Características morfométricas primárias e secundárias do Lago das Ninféias.
 Fonte: C. BICUDO *et al.* (2002).

Característica	Valor
Comprimento máximo	187 m
Largura máxima	52,6 m
Perímetro	512,1 m
Área	5.433 m ²
Volume	7.170 m ³
Profundidade máxima ($Z_{\text{máx.}}$)	3,6 m
Profundidade média (Z)	1,32 m
Profundidade relativa	4,3%
Desenvolvimento do perímetro (DL)	1,96
Desenvolvimento do volume (DV)	1,10
Declividade média	8,65%
Tempo médio de residência	7,2 dias

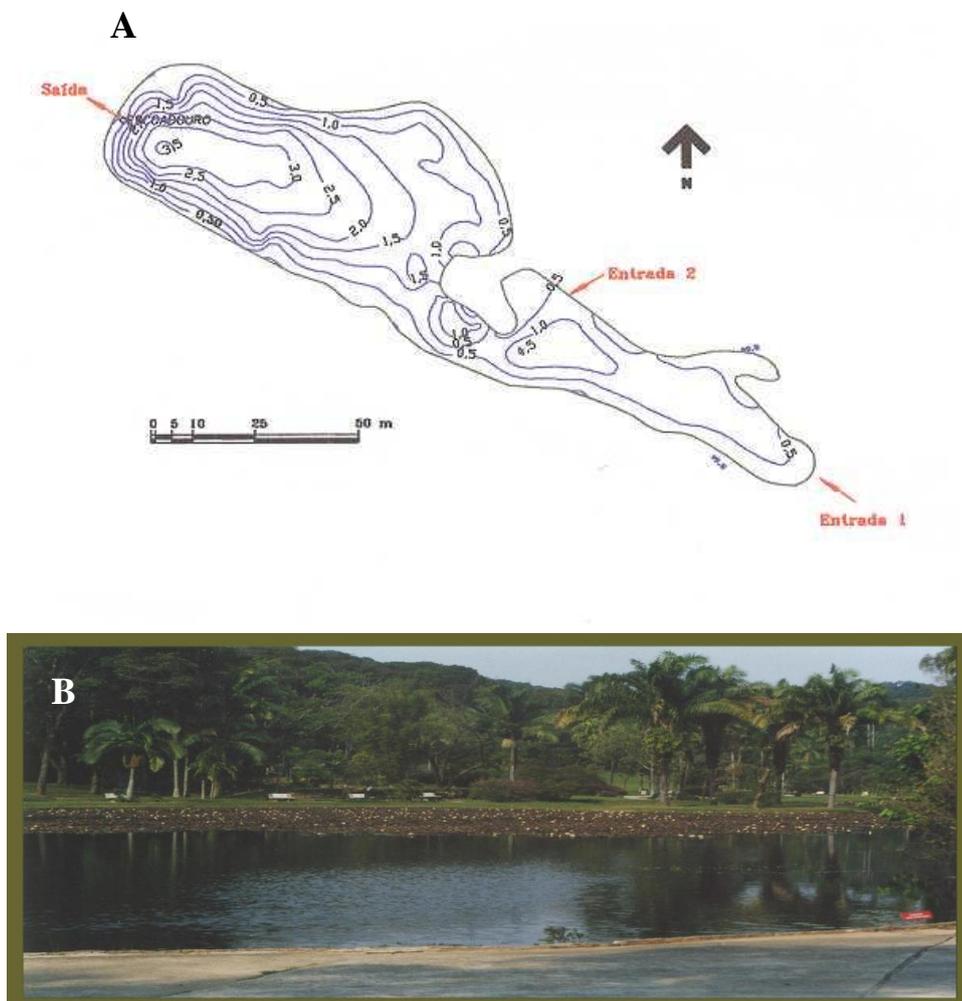


Figura 3. Localização do Lago das Ninféias no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. (A) mapa batimétrico do Lago das Ninféias; (B) aspecto geral do Lago das Ninféias (fotografia Karin F. Biesemeyer).

3. MÉTODOS DE ESTUDO

3.1. Amostragem

As amostras para a análise da comunidade fitoplanctônica e da clorofila *a* foram coletadas a cada três horas em duas ocasiões, ou seja, no período seco (9-10 de julho de 2003) e no chuvoso (19-20 de janeiro de 2004) começando às 07:00 h de um dia e terminando às 07:00 h do dia seguinte. Antes de cada coleta foi elaborado o gráfico do perfil térmico do lago com medições a cada 10 cm de profundidade para determinação dos três estratos a serem amostrados, como segue: (1) no estrato acima do maior gradiente de temperatura (superior), (2) no estrato abaixo do maior gradiente de temperatura (inferior) e (3) no estrato que inclui o maior gradiente de temperatura (médio). Foram coletadas 27 amostras em cada estação climática (chuva e seca) totalizando 54 unidades amostrais.

Para os dois períodos, a primeira unidade amostral foi denominada 7h A no decorrer do trabalho e a última 7h B.

As amostragens foram realizadas com o auxílio da garrafa de van Dorn, utilizando réplicas verdadeiras. Para a análise quantitativa, as alíquotas retiradas da garrafa foram acondicionadas em frascos do tipo Wheaton com capacidade para 200 ml, fixadas e preservadas com solução de lugol acético a 0,5% e mantidas no escuro à temperatura ambiente. As alíquotas retiradas para as análises qualitativas foram acondicionadas em frascos do tipo Wheaton com capacidade para 200 ml, preservadas e fixadas com formalina a 4%.

3.3. Clorofila *a*

Para o cálculo da biomassa fitoplanctônica, foi estimada a concentração de clorofila *a* pela técnica espectrofotométrica descrita em NUSH (1980) e SARTORY & GROBBELAAR (1984) utilizando etanol a quente como solvente.

3.4. Aspectos qualitativos

O exame do material foi realizado com auxílio de um microscópio óptico binocular marca Carl Zeiss Oberkochen, modelo Axioskop, com câmara clara e ocular de medição acoplados. A identificação taxonômica foi feita em nível de gênero, espécie e forma taxonômica com auxílio de trabalhos de flora, revisões e monografia.

As categorias de tamanho seguiram a classificação em SIEBURTH *et al.* (1978) como segue:

- Picoplanctônicas: algas unicelulares e bactérias com tamanho entre 0,2 e 2 µm.
- Nanoplanctônicas: algas unicelulares e protistas com tamanho entre 2 e 20 µm.
- Microplanctônicas: células grandes e cenóbios com tamanho entre 20 e 200 µm.
- Mesoplanctônicas: grandes algas coloniais com tamanho entre 200 µm e 2 mm.

3.5. Aspectos quantitativos

Para a contagem do fitoplâncton, foi usado o método de sedimentação, descrito em UTERMÖHL (1958), e o tempo de sedimentação em LUND *et al.* (1958), que definiu 4 h para cada centímetro de altura da câmara. A contagem do material foi feita em microscópio invertido marca Zeiss, modelo Axiovert 25, no aumento de 400 vezes. O procedimento de contagem foi de campos aleatórios sendo que o número mínimo de campos a ser contado em cada câmara de sedimentação dependeu de dois critérios adotados, que são: 1) a curva de rarefação e 2) a contagem de 100 indivíduos da espécie mais abundante (D. BICUDO, 1990). Os resultados foram expressos em termos de densidade e calculados conforme a fórmula descrita em ROS (1979), que segue:

$$\text{Organismos.ml}^{-1} = (n / s.c).(1 / h).(F)$$

Onde:

n = número de indivíduos efetivamente contados

s = área do campo em mm² na objetiva de 40x

c = número de campos contados

h = altura da câmara de sedimentação em mm

F = fator de correção para mililitro das análises qualitativas e quantitativas

A densidade relativa de cada espécie foi expressa em termos de porcentagem multiplicando o número de indivíduos de uma determinada espécie por 100 e dividindo pelo número total de indivíduos da amostra.

3.6. Índices biológicos

Os índices biológicos foram calculados a partir dos dados obtidos na análise quantitativa das amostras. Foram os seguintes:

- **Riqueza:** Número de táxons;
- **Diversidade (H')**: estimada pelo índice de SHANNON & WEAVER (1963) conforme a seguinte fórmula:

$$H' = -\sum_{ni} p_i \text{Log}_2 p_i \text{ (bits.ind}^{-1}\text{)}$$

Onde:

$$p_i = n_i / n$$

n_i = número de indivíduos de um determinado táxon na amostra

n = número total de indivíduos na amostra

- **Equitabilidade (E)**: estimada através da fórmula de PIELOU (1975), como segue:

$$E = H' / H \text{ máx}$$

Onde:

H' = diversidade da amostra;

H' máx = diversidade máxima da amostra ($\text{Log}_2 S$)

S = riqueza.

- **Dominância (D)**: estimada através da fórmula de SIMPSON (1949) abaixo:

$$D = \sum n_i (n_i - 1) / n (n - 1)$$

Onde:

n_i = número de indivíduos de um determinado táxon na amostra

n = número total de indivíduos na amostra

- **Frequência de ocorrência (%)**: relação entre a ocorrência das diferentes espécies e o número total de amostras examinadas. As espécies foram consideradas constantes quando $F > 50\%$, comuns quando estiveram entre 10% e 50% e raras quando $F < 10\%$.

$$F = Pa / P * 100$$

Onde:

Pa = número de amostras em que uma determinada espécie ocorre

P = número total de amostras analisadas

- **Espécies dominantes e abundantes**: segundo o conceito em LOBO & LEIGHTON (1986), espécies dominantes são aquelas cujas densidades foram $> 50\%$ da densidade total da amostra; e abundantes aquelas cujas densidades superaram a densidade média da amostra. A densidade média da amostra é calculada dividindo-se o número total de indivíduos da amostra pelo número de espécies encontradas na referida amostra.

3.7. Descritores biológicos

Os descritores biológicos podem ser conhecidos pela sua abundância numérica ou biomassa, cujas atividades determinam a estrutura e a estabilidade da comunidade (RAMÍREZ, 1996).

Neste estudo, foram considerados descritores as espécies que apresentaram densidade relativa $\geq 1\%$ e totalizaram 80% ou mais da densidade total.

3.8. Análise estatística dos dados

Foram realizadas análises descritivas calculando-se a média aritmética como medida de tendência central, o desvio padrão para obtenção do grau de dispersão absoluta dos dados e o coeficiente de variação de Pearson (CV) para obtenção da dispersão relativa.

A Análise de Correspondência Canônica (ACC) foi utilizada para determinar as principais variáveis ambientais responsáveis pela maior variabilidade da comunidade fitoplanctônica. Nesta análise de ordenação, foram incluídas as espécies cujas densidades relativas foram $\geq 1\%$. As variáveis ambientais foram selecionadas através da matriz de correlação de Pearson e Kendall obtida durante a Análise de Componentes Principais (ACP) referente aos dados abióticos (descrita no presente capítulo 1). Foram consideradas todas as variáveis cujos valores de correlação com os eixos 1 e 2 foram $> 0,5$ e que não promoveriam redundância da informação. Foram selecionadas, ao todo, cinco variáveis ambientais e 24 espécies.

As matrizes foram transformadas por $\log(x + 1)$ no programa WinMat. A ACC foi realizada com o auxílio do programa estatístico PC-ORD para Windows, versão 4,0.

Para testar o nível de significância, foi utilizado o teste de Monte Carlo, que determina a probabilidade dos autovalores terem distribuição ao acaso. A variabilidade dos dados foi explicada através do coeficiente canônico e das correlações “intra-set”. Foi utilizado também o coeficiente de correlação (r) de Pearson e Kendall.

4. RESULTADOS

4.1. Perfil térmico nos períodos seco e chuvoso

Como foi descrito no capítulo 1 deste trabalho, tanto no período seco quanto no chuvoso o perfil térmico mostrou-se heterogêneo ao longo das 24 h. Verificou-se a formação de uma termóclina entre 1 e 2 m de profundidade que persistiu durante as 24 h nos dois períodos. Entre os horários das 13:00 h, 16:00 h, 19:00 h, 22:00 h e 01:00 h ocorreu formação de uma termóclina superficial temporária à profundidade de 0,5 m.

4.2. A comunidade fitoplanctônica nos períodos seco e chuvoso

Considerados os dois períodos, conjuntamente, foram encontrados 131 táxons distribuídos em 11 classes (Tab. 2, pág. 116). A riqueza no período chuvoso (98 táxons) foi 1,5 vez maior do que no período seco (62 táxons).

Na figura 2 (pág. 122) está representada a porcentagem de contribuição das classes para o número total de espécies. Chlorophyceae contribuiu com o maior número de espécies nos dois períodos, sendo 33 no chuvoso e 22 no seco. A segunda classe com maior número de táxons no período chuvoso foi Euglenophyceae (23 espécies) e no seco Zygnemaphyceae (14 espécies).

Com relação ao tipo de talo, mais de 50% dos táxons encontrados nos dois períodos climáticos foram representados por formas cocóides e flageladas. Em seguida, as formas coloniais corresponderam a 26% no período chuvoso e 20% no seco das algas, e menos de 5% às filamentosas (Fig. 3, pág. 122).

No que tange ao tamanho, foram encontrados 17 espécies microplanctônicas nos dois períodos, 42 nanoplanctônicas no período seco e 48 nanoplanctônicas no chuvoso (Fig. 4, pág. 123). As formas nanoplanctônicas corresponderam a mais de 90% da densidade total nos dois períodos.

A densidade média (de 9 coletas) total durante o período seco (2263 ind.ml^{-1}) foi três vezes maior do que no período chuvoso (765 ind.ml^{-1}). No período seco, Prymnesiophyceae e Chrysophyceae contribuíram com 70% do total de indivíduos. No período chuvoso, entretanto, estas classes contribuíram com apenas 11% enquanto que Cryptophyceae e Chlorophyceae contribuíram com 60% neste período (Fig. 5, pág. 123).

As formas flageladas e cocóides corresponderam a 80% da densidade total no período seco e a 83% no chuvoso (Fig. 6, pág. 123).

4.3. Variação vertical e nictemeral da comunidade fitoplanctônica no período seco

4.3.1. Aspectos qualitativos

Considerados os três estratos, foram registradas 62 espécies sendo 46 comuns aos três estratos, duas exclusivas do estrato superior (*Euastrum* sp. 1 e *Euglena* sp. 1), duas exclusivas do estrato médio (*Oocystis lacustris* e *Euglena* sp. 3) e quatro exclusivas do estrato inferior (*Staurodesmus glaber*, *Dictyosphaerium* sp. 1, *Euglena acus* var. *acus* e *Closterium jenneri*).

Chlorophyceae e Cryptophyceae contribuíram com o maior número de espécies em todos os estratos. As Cyanophyceae apresentaram a maior contribuição no estrato inferior. Ao longo das 24 horas não houve variação na contribuição das classes para o número de espécies (Fig. 7, pág. 124).

Com relação à frequência de ocorrência, as espécies consideradas constantes foram a maioria nos três estratos, enquanto que as raras foram menos presentes e, inclusive, ausentes no estrato inferior (Fig. 8, pág. 125).

As espécies flageladas corresponderam a mais de 40% do total de espécies em todos os horários e estratos. As espécies cocóides também contribuíram com 40%, as de hábito colonial com 20% e as de hábito filamentosas com menos de 5% do total de espécies (Fig. 9, pág. 124).

As espécies nanoplanctônicas corresponderam a praticamente 80% do total de espécies em todos os horários e estratos (Fig. 10, pág. 125).

4.3.2. Variação vertical e temporal da densidade total, classes de algas, formas de vida e das classes de tamanho

A densidade total do estrato superior foi, em média, 1,3 vez mais elevada que a do estrato médio e 1,5 vez mais elevada que a do estrato inferior (Fig. 11, pág. 126).

Houve variação da densidade total ao longo das horas e estratos do presente estudo (Fig. 12, pág. 127). As diferenças de densidade entre os estratos dos horários das 07:00 h (A), 10:00 h, 04:00 h e 07:00 h (B) foram maiores do que as diferenças entre os estratos das 13:00 h à 01:00 h.

Apesar das Chlorophyceae terem contribuído com o 22 espécies no período seco, considerando a densidade elas contribuíram com aproximadamente 10% da densidade total nos estratos superior e médio do reservatório. No estrato inferior, sua contribuição chegou a 20% (Fig. 13, pág. 127).

De modo geral, as classes que mais contribuíram para a densidade total nos três estratos foram Chrysophyceae e Prymnesiophyceae, que corresponderam aproximadamente com 70% da densidade total.

Embora não tenham ocorrido diferenças qualitativas nos estratos ao longo das horas, ocorreu variação tanto na densidade total quanto na contribuição das classes, principalmente no estrato médio (Fig. 13, pág. 127).

Todas as classes apresentaram diferenças maiores na densidade durante os horários em que ocorreu termóclina permanente. Na termóclina superficial temporária, houve pouca variação na contribuição das classes para a densidade total.

As classes que obtiveram menores diferenças de densidade entre estratos foram Chlorophyceae (Coeficiente de variação entre estratos = 9%), Cryptophyceae (CV = 19%), Euglenophyceae (CV = 13%) e Prymnesiophyceae (CV = 7%). As Dinophyceae apresentaram CV entre os valores médios de densidade nos estratos na ordem de 50%. A densidade dessa classe no estrato superior foi 2,6 vezes mais elevada que no estrato médio e 2,1 vezes mais elevada que no estrato inferior.

Em todos os horários, as espécies flageladas, além de corresponderem à maioria das espécies registradas, também contribuíram com aproximadamente 60% da densidade total nos estratos médios e inferior e cerca de 80% no estrato médio (Fig. 14, pág. 128). As espécies de hábito colonial foram mais abundantes no estrato superior, com densidade 2,5 vezes mais elevada que no estrato médio e quatro vezes mais elevada que no estrato inferior. A densidade das espécies, em relação ao hábito, não variou em função da formação da termóclina superficial temporária.

Na fig. 15 (Pág. 129) está representada a contribuição para a densidade total em relação ao tamanho das algas registradas. Em todos os horários e estratos analisados, as espécies nanoplactônicas representaram 90% da densidade total nos três estratos.

4.3.3. Clorofila *a*

As concentrações de clorofila *a* foram baixas comparando-se com o período chuvoso (Fig. 16, pág. 129). Em média, as maiores concentrações ocorreram no estrato médio devidas, principalmente, aos grandes aumentos às 13:00 h e às 07:00 h (B).

4.3.4. Índices biológicos

Houve pouca diferença nos valores dos índices de dominância entre os estratos ao longo das 24 h do presente estudo (Fig. 17, pág. 130). Apenas às 10:00 h, os valores desses índices foram mais elevados no estrato inferior. Os valores de equitabilidade e diversidade foram maiores no estrato superior tanto durante a fase de termóclina permanente quanto na de termóclina temporária.

4.3.5. Descritoras biológicas

Os elevados valores de densidade das Chrysophyceae decorreram dos elevados valores de densidade relativa de *Mallomonas* sp. e *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum*. Apenas *Chrysochromulina* cf. *breviturrata* contribuiu com a elevada densidade das Prymnesiophyceae. Essas três espécies foram consideradas abundantes e representaram cerca de 60% da densidade total em todos os estratos (Fig. 18, pág. 131).

Foram consideradas espécies descritoras as espécies que obtiveram densidade relativa maior ou igual a 1% e corresponderam, no total, a 80% da densidade total.

Considerando-se os três estratos, foram registradas 10 espécies descritoras das quais sete foram comuns aos três estratos, uma foi exclusiva ao estrato médio e ao inferior e duas ao inferior (Tab. 3, pág. 119).

Mallomonas sp., *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum* e *Chrysochromulina* cf. *breviturrata* foram, além de abundantes, espécies descritoras biológicas dos três estratos. *Cryptomonas pusilla*, *Prototractomonas rotundata*, *Monoraphidium irregulare* e *Monoraphidium contortum* foram, apesar de menos abundantes, também consideradas espécies descritoras biológicas comuns aos três estratos (Fig. 18, pág. 131).

Chlorella vulgaris obteve densidade relativa > 1% somente nos estratos superior e médio.

Aphanocapsa elachista e *Snowella* sp. apresentaram valores de densidade relativa > 1% e foram consideradas descritoras biológicas somente do estrato inferior.

Considerada somente a variação vertical, *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum* obteve maior coeficiente de variação (CV = 104%), sendo que a densidade dessa espécie no estrato superior foi três vezes mais elevada em relação ao estrato médio e 12 vezes mais elevada em relação ao estrato inferior.

Apesar de *Chrysochromulina* cf. *breviturrita* ter apresentado a maior densidade relativa nos três estratos (25%), a densidade desta espécie praticamente não variou ao longo das 24 horas do estudo se comparada com as outras espécies (CV = 40-60%). *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum* obteve os maiores valores de CV ao longo das horas nos estratos médio e inferior (109% e 90%, respectivamente). *Mallomonas* sp. apresentou valores de CV entre 41% e 71%.

No estrato superior, as espécies acima citadas obtiveram picos de elevada densidade às 13:00 h e às 04:00 h e baixos valores entre 16:00 h e 22:00 h. Esta variação foi semelhante à da densidade total. No estrato médio, entretanto, a variação na densidade dessas espécies foi inversa à ocorrida no estrato superior.

No estrato superior, as maiores variações de densidade (CV = 50-90%) ocorreram nas espécies descritoras comuns aos três estratos, sendo que *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum* obteve densidades entre 22 ind.ml⁻¹ (07:00 h) e 131 ind.ml⁻¹ (10:00 h), ou seja, a maior variação neste estrato. As espécies consideradas descritoras somente nesse estrato apresentaram pouca variação ao longo das horas (CV = 10%).

4.4. Variação nictemeral e vertical do fitoplâncton no período chuvoso

4.4.1. Aspectos qualitativos

Foram registradas 98 espécies neste período, das quais 36 foram comuns aos três estratos, 33 aos estratos superior e médio e duas aos estratos superior e inferior. Além disso, 13 foram exclusivas do estrato superior (Tab. 4, pág. 119) e cinco do estrato médio (*Aphanocapsa kordesii*, *Scenedesmus serratus*, *Ankistrodesmus* sp. 4, *Closterium setacerum* e *Cryptophyceae* sp. 4).

A contribuição das classes para o número de espécies foi diferente entre os estratos (Fig. 19, pág. 132). Nos estratos superior e médio, a classe que mais contribuiu foi Chlorophyceae, e no estrato inferior Euglenophyceae.

Assim como no período seco, praticamente não houve variação ao longo das 24 h do estudo na porcentagem de contribuição das classes para a riqueza.

Com relação ao tipo de talo, as algas flageladas contribuíram com 40 espécies no estrato superior, 30 no médio e 17 no inferior. Assim como no período seco, o número de espécies flageladas foi maior do que as dos outros tipos de talo. Em seguida, as algas cocóides estiveram presentes em maior número (Fig. 20, pág. 133).

Foram identificadas somente espécies microplanctônicas e nanoplanctônicas. O número total das espécies nanoplanctônicas foi de 2,2 a 3,5 vezes maior do que o das microplanctônicas (Fig. 21, pág. 133). Padrão idêntico foi registrado no período seco.

4.4.2. Variação vertical e temporal da densidade total, das classes de algas, das formas de vida e das classes de tamanho

Apesar da densidade encontrada no período chuvoso ter sido menor do que no seco, as proporções foram semelhantes, ou seja, a densidade total no estrato superior foi 1,2 vez mais elevada do que no estrato médio e 1,4 vez mais elevada do que no estrato inferior (Fig. 22-23, pág. 133-134).

A maior diferença de densidade total entre estratos ocorreu à 01:00 h devido ao elevado valor encontrado no estrato superior (997 ind.ml^{-1}). Durante a termóclina temporária, ocorreram picos de densidades às 13:00 h no estrato superior (1487 ind.ml^{-1}) e às 16:00 h no inferior (1622 ind.ml^{-1}). Não foi verificado padrão de elevadas densidades apenas em um estrato nos horários em que ocorreu termóclina temporária. De maneira geral, os estratos superior e médio obtiveram valores de densidade total muito próximos entre si.

A densidade das classes foi diferente entre os estratos independente da ocorrência ou não da formação da termóclina superficial temporária. No estrato superior, a classe que mais contribuiu para a densidade foi Chrysophyceae com a média de 2853 ind.ml^{-1} , seguida pela classe Euglenophyceae com 2796 ind.ml^{-1} (Fig. 24, pág. 135).

No estrato médio, tanto na fase de termóclina persistente quanto na de termóclina temporária, as classes com maior densidade foram Chlorophyceae (média = 2215 ind.ml^{-1}), Cryptophyceae (média = 2382 ind.ml^{-1}) e Euglenophyceae (média = 1669 ind.ml^{-1}). No

estrato inferior, Cryptophyceae (média = 2879 ind.ml⁻¹) e Chlorophyceae (média = 1143 ind.ml⁻¹) foram as classes com as maiores densidades.

Nos três estratos as espécies flageladas ocorreram com maior densidade do que as de outros tipos de talo (Fig. 25, pág. 136).

Assim como no período seco, as espécies nanoplantônicas contribuíram com 90% da densidade total em todos os estratos e horários (Fig. 26, pág. 137).

4.4.3. Clorofila *a*

A concentração média de clorofila *a* no período chuvoso (28 µg.L⁻¹) foi 4,2 vezes mais elevada do que no seco (Fig. 27, pág. 137). Enquanto a maior média da concentração de clorofila *a*, no período seco, foi registrada no estrato médio, no chuvoso esta concentração ocorreu no estrato inferior. As maiores diferenças ocorreram entre as camadas formadas pela estratificação que persistiu durante as 24 h. No período de formação da termoclina temporária, as concentrações de clorofila *a* entre o estrato médio e o superior tiveram valores muito próximos um do outro.

4.4.4. Índices biológicos

Os valores obtidos para os índices de diversidade, equitabilidade e dominância foram mais próximos entre si no período de termoclina temporária. Apenas a riqueza aumentou no estrato médio durante este período (Fig. 28, pág. 138).

4.4.5. Descritoras biológicas no período chuvoso

Foram consideradas espécies descritoras todas as que obtiveram densidade relativa $\geq 1\%$ e corresponderam, no seu conjunto, a 80% da densidade total.

Considerados os três estratos do reservatório e as 24 horas do presente estudo, foram registradas 24 espécies descritoras. Dentre elas, quatro foram comuns aos três estratos, quatro aos estratos superior e médio, uma aos estratos superior e inferior e três aos

estratos médio e inferior, enquanto que 11 foram exclusivas do estrato superior e apenas uma do estrato inferior (Tab. 5, pág. 120).

Cryptomonas brasiliensis obteve o maior valor de densidade relativa em todos os estratos e, juntamente com *Cryptomonas pusilla*, foram responsáveis pela elevada densidade da classe Cryptophyceae. A distribuição dessas espécies não foi diferente ao longo dos estratos (Fig. 29, pág. 139). Ao longo das 24 horas, elevados valores de densidades para essas algas ocorreram às 13:00 h, 16:00 h e 19:00 h.

Chlamydomonas sp., *Chlorella vulgaris*, *Bicosoeca turrigera* e *Stokesiela* sp. apresentaram as maiores densidades somente no estrato superior (Fig. 29, pág. 139). As variações diárias foram mais evidentes para *Chlorella vulgaris* e *Chlamydomonas* sp.

Hormotilopsis sp. e *Arthrospira jenneri* apresentaram suas maiores densidades somente nos estratos médio e inferior (Fig. 29, pág. 139), sendo que *Hormotilopsis* sp. apresentou, no estrato médio, valor de densidade relativa de 23%, ou seja, próximo ao valor de *Cryptomonas brasiliensis*.

A Cyanophyceae *Lemmermaniella* sp. foi representativa somente no estrato superior, com densidade relativa de 8,6%. Ocorreram variações horárias e os maiores valores de densidade dessa alga neste estrato ocorreram às 19:00 h e às 07:00 h (B).

4.5. Análise integrada dos fatores abióticos e bióticos

O Teste de Monte Carlo ($p = 0,005$) indicou baixa probabilidade dos acontecimentos terem ocorrido ao acaso. O eixo 1 ($\lambda = 0,56$) e o 2 ($\lambda = 0,13$) explicaram, conjuntamente, 57,8% da variância dos dados. A correlação espécie-ambiente foi elevada (eixo 1 = 0,976; eixo 2 = 0,825) mostrando forte relação entre a distribuição das espécies e as variáveis ambientais.

O coeficiente canônico e a correlação “intra-set” indicaram que a temperatura da água foi a variável de maior peso na ordenação nos eixos. Além disso, a correlação de Pearson e Kendall mostrou que a temperatura e o CO₂ livre foram as variáveis de maior peso na ordenação no eixo 1 e o NT no eixo 2 (Tab. 8-9, pág. 120-121).

Consideradas a correlação com o eixo 1 e a propriedade centróide da ACC, oito espécies apresentaram maior afinidade com as unidades amostrais do período seco (*Chlamydomonas* sp. 1, *Chrysochromulina* cf. *breviturrita*, *Mallomonas* sp. 1, *Dinobryon*

bavaricum var. *bavaricum*, *Prototractomonas rotundata*, *Snowella* sp., *Monoraphidium irregulare* e *Monoraphidium contortum*), sendo todas elas associadas aos baixos valores de temperatura e CO₂ livre. Contrapondo, oito espécies (*Cryptomonas brasiliensis*, *Chromulina* sp. 1, *Trachelomonas volvocinopsis*, *Closterium gracile*, *Hormotilopsis* sp., *Euglena* sp. 1, *Euglena acus* var. *acus*, *Snowella* sp. 2 e *Stokesiella* sp.) apresentaram grande afinidade com as unidades amostrais do período chuvoso, com alta correlação positiva com o eixo 1, sendo associadas aos altos valores de temperatura e CO₂ livre. Em suma, o eixo 1 representou os períodos climáticos (seca e chuva) (Fig. 30, pág. 140).

Em relação ao eixo 2, notou-se que as unidades amostrais do período chuvoso referentes à superfície encontram-se no lado positivo, associadas aos baixos teores de NT e CO₂ livre. Em oposição, no lado negativo, encontram-se todas as unidades do estrato inferior e a maioria do estrato médio, associadas aos elevados teores de NT e de CO₂ livre. Assim, o eixo 2 representou a estratificação química do período chuvoso, fato este, entretanto, não evidente no período de seca. As espécies *Aphanocapsa elachista*, *Chlorella vulgaris*, *Cryptomonas erosa* e *Spiniferomonas* sp. sofreram influência da estratificação térmica e estiveram associadas aos baixos teores de NT e CO₂ que ocorreram nas unidades amostrais da superfície. *Hormotilopsis* sp. foi a única espécie a apresentar grande afinidade com as unidades amostrais do fundo e esteve associada com o elevados teores de NT e CO₂ (Fig. 30, pág. 140).

5. DISCUSSÃO

5.1. Aspectos qualitativos

Estrutura da comunidade biológica refere-se à composição e abundância, às mudanças temporais e às relações entre as espécies de uma comunidade (KREBS, 1994). Segundo RAMÍREZ (1996), estrutura é a distribuição e a organização das partes de um todo sendo que cada elemento determinará suas relações com os demais resultando em uma determinada distribuição e ordem. Dessa maneira, a identificação das espécies permite conhecer os elementos da comunidade e fornece informações importantes sobre o ambiente, visto que as espécies são até muito sensíveis às características ambientais.

Em lagos tropicais do sudeste asiático, o número total de espécies fitoplanctônicas observado por LEWIS (1978) variou entre 50 e 100. KALFF & WATSON (1986) concluíram, baseados em estudos de lagos africanos, que o número de espécies em lagos tropicais varia de 94 a 143. Estudos realizados no PEFI permitiram LOPES (1999) registrar a ocorrência de 94 táxons no período seco e 143 no chuvoso. RAMÍREZ (1996) identificou 152 táxons nas quatro estações climáticas consideradas conjuntamente. No presente estudo, foi identificada a presença de 62 táxons no período seco e 98 no chuvoso, ou seja, uma variação situada dentro do espectro registrado para outros lagos de regiões tropicais.

A variação da disponibilidade de nutrientes pode ser um fator de estresse que ocasiona mudanças na estrutura da comunidade. Em estudos realizados no PEFI, LOPES (1999) verificou que a maior riqueza de espécies, durante o período chuvoso, foi relacionada com a maior disponibilidade de nutrientes. FERRAGUT (2004) observou, ao realizar um experimento de enriquecimento, que a disponibilidade de fósforo aumentou a riqueza da comunidade fitoplanctônica. Ao conduzir um experimento de empobrecimento de nutrientes, CROSSETTI (2002) observou, por outro lado, a existência de pouca sensibilidade da riqueza ao grau de trofia.

Aplicando-se o índice de Carlson modificado, o Lago das Ninféias foi classificado como sendo mesotrófico (IET = 46) por conta de sua concentração média de PT ($20,9 \mu\text{g.L}^{-1}$) e dos valores de ortofosfato e PDT estarem sempre abaixo de $10 \mu\text{g.L}^{-1}$ (D. BICUDO *et al.*, 2002). No presente estudo, também foram observadas concentrações muito baixas de fósforo. A concentração média deste nutriente aumentou em média 1,5 vez do período seco (PT = $16,3 \mu\text{g.L}^{-1}$) para o chuvoso (PT = $27,4 \mu\text{g.L}^{-1}$). Esses valores estão muito próximos dos medidos por D. BICUDO *et al.* (2002) e indicam pouca variação do grau de trofia entre os períodos climáticos (seco e chuvoso). Através da CCA, observou-se que o PT apresentou peso relativamente pequeno na ordenação dos eixos, reforçando o fato da variabilidade das espécies entre os períodos estar, provavelmente, pouco relacionada com a disponibilidade de nutrientes do reservatório.

O vento e a profundidade da zona de mistura podem ser considerados fatores de perturbação interferindo na composição, biomassa e diversidade de espécies na comunidade fitoplanctônica (LOPES, 1999). BARBOSA (2003) associou, a partir de um estudo nictemeral levado a efeito nos períodos de chuvas e seca na lagoa Carioca, no estado de Minas Gerais, a elevada instabilidade e a mistura parcial das camadas superficiais ao aumento de diversidade e biomassa fitoplanctônica durante o período de chuvas.

Durante o período seco, as Chlorophyceae foram as que mais contribuíram para a riqueza do Lago das Ninféias. Segundo LEWIS (1978) e KALFF & WATSON (1986), esta é a classe mais diversa de algas nos ambientes tropicais. A segunda classe com maior porcentagem de contribuição para a riqueza durante o presente estudo foi Zygnemaphyceae. É sabido que esta classe é comumente encontrada em águas ácidas, pobres em nutrientes e com baixa produtividade. Durante o período seco, o Lago das Ninféias apresentou características ácidas e baixas concentrações de nutrientes. Além disso, as elevadas temperaturas, mesmo durante o inverno em regiões tropicais, podem estar relacionadas com a alta diversidade das Zygnemaphyceae nestas regiões (COESEL, 1982). Ao longo das 24 horas do período seco não houve variação na porcentagem de contribuição dessas classes para a riqueza de espécies.

Durante o período chuvoso, as Chlorophyceae contribuíram com o maior número de espécies nos estratos superior e médio. No estrato inferior, as Euglenophyceae foram as que mais contribuíram para a riqueza de espécies, o que pode, provavelmente, ser justificado pelo fato destas algas preferirem ambientes com elevados teores de nitrogênio amoniacal (WETZEL, 2001), uma condição que foi verificada no estrato inferior do Lago das Ninféias.

Assim como no período chuvoso, praticamente não ocorreu variação temporal para o número de espécies das classes no período de seca.

As algas flageladas e as cocóides constituíram, conjuntamente, 70% do total de espécies no período seco e no chuvoso. Com relação ao tamanho, apenas as algas microplanctônicas e nanoplanctônicas estiveram presentes, sendo que as últimas constituíram a maioria nos dois períodos. Segundo REYNOLDS (1984), a diversidade de formas de talo reflete as estratégias de sobrevivência às adversidades do meio.

5.2. Variação vertical e temporal das classes de algas, das formas de vida e das classes de tamanho

De modo geral, as crisofíceas apresentaram a maior densidade no período seco e as criptofíceas no chuvoso. Durante o período seco, as classes que mais contribuíram para a densidade total do sistema nos três estratos foram as Chrysophyceae e as Prymnesiophyceae. No período chuvoso, houve nítida heterogeneidade na densidade de classes de algas ao longo da coluna d'água. No estrato superior, Chrysophyceae e Euglenophyceae apresentaram as maiores contribuições, no estrato médio as Chlorophyceae e no estrato inferior as Cryptophyceae.

Crisofíceas são organismos nutricionalmente oportunistas e, em geral, dominantes em lagos oligotróficos que possuem baixa alcalinidade e pH entre ácido e neutro (SANDGREN, 1988). Durante este estudo, a densidade das Chrysophyceae foi, 12 vezes mais elevada no período seco do que no chuvoso. A variação de pH ao longo desses dois períodos foi de 6,3 (chuvoso) a 6,8 (seco) e o ambiente caracterizou-se como sendo neutro-ácido nos dois períodos. Com relação à concentração de nutrientes houve pouca variação (1,5 vez), como já foi mencionado. Além disso, esta concentração manteve-se baixa nos dois períodos. Provavelmente, a elevada densidade dessa classe está associada com os altos valores de temperatura da água que foram ao redor de 1,2 vez menor no período seco. Segundo REYNOLDS (1984), alguns representantes desta classe de algas apresentam ótimo crescimento em baixas temperaturas. No Lago das Ninféias durante o período chuvoso, a maior densidade ocorreu no estrato superior, relacionada com a menor concentração dos nutrientes NT, NH₄ e PT e os elevados valores de temperatura e oxigênio dissolvido. MOURA (1996) verificou, ao estudar o Lago das Garças, um ambiente também eutrofizado situado na área do PEFI, maiores densidades de crisofíceas na superfície do sistema durante o período chuvoso. De acordo com SANDGREN (1988), as crisofíceas concentram-se no epilímnio, mas também podem estar no metalímnio durante a estratificação da coluna d'água.

As Prymnesiophyceae agrupam espécies que estavam anteriormente classificadas entre as Chrysophyceae. As características ecológicas dos representantes destas duas classes são muito próximas entre si. A elevada contribuição das Prymnesiophyceae deveu-se, unicamente, à espécie *Chrysochromulina* cf. *breviturrita* que será discutida junto com as espécies descritoras.

A densidade das Euglenophyceae, durante o período chuvoso, foi três vezes maior do que no período seco. Estas algas são, freqüentemente, associadas ao elevado conteúdo de matéria orgânica no ambiente, um fato típico das épocas chuvosas (TELL & CONFORTI, 1986). Além disso, as Euglenophyceae geralmente vivem em ambientes de pequeno porte e profundidade (RAMÍREZ, 1996). Durante o período chuvoso, as maiores densidades de euglenofíceas ocorreram no estrato superior do reservatório. RAMÍREZ (1996) não verificou diferenças significativas para a densidade das euglenofíceas entre as profundidades, pois elas apresentam mobilidade e são, portanto, capazes de controlar sua situação na coluna d'água, o que torna de se esperar essa heterogeneidade espacial na distribuição dessas algas.

Assim com também verificado para as características químicas, as diferenças de densidade entre os estratos referentes à termóclina que persistiu as 24 horas foram maiores quando comparadas com as diferenças entre os estratos da termóclina superficial temporária.

A densidade das Chlorophyceae no período seco foi uma vez menor do que no chuvoso e apresentou, neste último período, distribuição heterogênea ao longo das profundidades. Estas algas foram as únicas com maior densidade no estrato médio do reservatório, o que pode ter ocorrido por conta da compartimentalização gerada pela estratificação, desde que 96% das Chlorophyceae registradas possuem hábito cocóide. MOURA (1996) também verificou distribuição vertical diferenciada das clorofíceas e interpretou este fato como sua necessidade de permanecer na região eufótica do sistema. De acordo com PAYNE (1986), as concentrações mais altas do fitoplâncton não estão, em geral, localizadas na superfície do reservatório devido à turbulência que força as algas no sentido do fundo do sistema. Além disso, a distribuição dos organismos está intimamente relacionada com a intensidade da luz que pode provocar fotoinibição na superfície (WETZEL, 2001).

As Cryptophyceae estão representadas por algas consideradas oportunistas, que possuem crescimento rápido e toleram amplo espectro de condições tróficas (REYNOLDS, 1984). Ocorreram nas duas épocas do ano, mas no período chuvoso sua densidade foi duas vezes maior do que no seco. RAMÍREZ (1996) também verificou que as criptofíceas estiveram representadas em todas as épocas do ano. Segundo LEWIS (1978), estas algas estão presentes quase que universalmente nos lagos tropicais, mas raramente atingem altas densidades. No período chuvoso, as maiores densidades ocorreram no estrato médio e no inferior, sendo que neste último ocorreram as maiores concentrações de nutrientes, principalmente de NH_4 , além dos baixos valores de oxigênio dissolvido. Segundo KLAVENESS (1988), o acúmulo de criptofíceas no fundo de lagos encontra-se bem documentado e seu desenvolvimento na interface sedimento-água e no fundo anóxico do sistema deve-se à maior disponibilidade de nutrientes nesse compartimento dos lagos temperados. MOURA (1996) também verificou, no Lago das Garças, na cidade de São Paulo, que as maiores densidades de Cryptophyceae ocorreram no fundo do reservatório.

A densidade das Cyanophyceae foi duas vezes maior no período chuvoso do que no seco. Em dois ambientes situados no PEFI, LOPES (1999) no Lago do IAG (oligotrófico), RAMÍREZ (1996) e MOURA (1996) no Lago das Garças (eutrófico), também verificaram que a densidade dessa classe foi mais elevada no período chuvoso quando comparada com o

período seco. As Cyanophyceae são algas comuns em todos os tipos de clima e em todas as estações do ano. Sua habilidade de armazenar fósforo como polifosfatos e de fixar nitrogênio atmosférico permite-lhes sobreviver em águas com diferentes níveis tróficos (PEARL, 1988). No presente estudo, apesar de não ter apresentado valores elevados de densidade em nenhum dos estratos, comparando-se as cianofíceas com as demais classes foi possível observar uma distribuição vertical heterogênea, com os maiores valores medidos no estrato superior. Segundo ROUND (1983), a abundância de cianofíceas em determinados lagos tropicais é devida, provavelmente, aos mecanismos de flutuação que lhes permite regular sua posição na coluna d'água.

Vale a pena ressaltar que as características ecológicas atribuídas aos níveis taxonômicos mais altos são extremamente generalistas podendo, conseqüentemente, haver exceções para os níveis específicos. As espécies descritoras serão discutidas mais adiante.

Não ocorreu variação nictemeral na contribuição das classes de algas para a densidade total do sistema, tanto no período seco quanto no chuvoso. Apenas as Prasinophyceae apresentaram variação, principalmente nos estratos médio e inferior do Lago das Ninféias, durante o período seco. As Chrysophyceae ocorreram nos mesmos estratos durante o período chuvoso. Ambas as classes foram representadas por espécies flagelados, que possuem capacidade de movimentação na coluna d'água e sugere sua possibilidade de migração entre os estratos do sistema. Ocorreu um pequeno aumento na densidade das crisofíceas nos horários mais quentes do dia, nos estratos mais profundos do reservatório. Como já foi visto, alguns indivíduos desta classe preferem baixas temperaturas e conseguem se manter nas camadas com poucos nutrientes, pois são oportunistas (SANDGREN, 1988).

Nos dois períodos do presente estudo, os organismos mais abundantes foram flagelados de pequeno tamanho (nanoplâncton). LOPES (1999) verificou abundância desses organismos nos períodos seco e chuvoso e atribuiu à homogeneidade na distribuição do fitoplâncton, principalmente no período chuvoso, à maior abundância dos flagelados capazes de se locomover na coluna d'água e às condições oligotróficas do sistema. REYNOLDS (1984) afirmou que perturbações frequentes favorecem o desenvolvimento de organismos menores. Vários autores relacionaram a dominância de nanoplâncton em sistemas oligo-mesotróficos à maior relação entre a superfície e o volume desses organismos, o que elevaria a eficiência dessas células na captação de nutrientes (GIL-GIL, 2004). Ao estudar a produtividade primária no Lago das Ninféias ao longo de um ano, GIL-GIL (2004) verificou que o curto tempo de residência da água (7,2 dias) neste sistema, que

promove a remoção constante dos estoques da comunidade fitoplanctônica, favoreceria o desenvolvimento das algas menores dotadas de alta taxa reprodutiva.

A presença de flagelos torna-se vantajosa em ambientes estratificados desde que proporciona às algas mobilidade na coluna d'água e conseqüente acesso às camadas com maior concentração de nutrientes (REYNOLDS, 1984). Além disso, em ambientes oligotróficos a movimentação dos flagelos pode ser uma vantagem ao renovar a água em contato com a célula do indivíduo favorecendo, conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes (LOPES, 1999). BEHRE (1956) (*apud* ROUND, 1983) verificou, ao analisar nove lagoas com valores diferentes de pH, que as algas flageladas ocorriam em abundância naquelas consideradas ácidas (pH 6-6,5 a 4-4,8). SONDEGAARD & MOSS (1998) verificaram que pequenas algas flageladas podem ser favorecidas pela presença de macrófitas submersas.

Enfim, a abundância de flagelados nanoplânctônicos nos dois períodos do presente estudo pode ser conseqüência de diversos fatores como, por exemplo, da acidez da água, da presença de macrófitas e das baixas concentrações de nutrientes.

5.3. Clorofila *a*

A clorofila *a* é um dos principais pigmentos responsáveis pela fotossíntese. Assim sendo, o conhecimento de sua concentração pode indicar a quantidade de biomassa do fitoplâncton (REYNOLDS, 1984). Biomassa é a massa de todos os indivíduos de uma população ou comunidade por unidade de área ou volume (RAMÍREZ, 1996).

Em média, a concentração de clorofila *a* no Lago das Ninféias, durante o período chuvoso, foi 4,2 vezes maior do que no seco. GIL-GIL (2004) verificou, ainda no Lago das Ninféias, que os maiores valores de clorofila *a* também ocorreram nos meses mais quentes do ano (janeiro, abril, outubro e dezembro). Segundo TALLING (1966), a concentração de clorofila *a* em lagos africanos apresenta padrões sazonais devido a fatores como estratificação e circulação da coluna d'água, movimentos de entrada e saída do sistema, sucessão de grupos taxonômicos ou mudanças na densidade desses grupos, visto que o conteúdo de clorofila *a* pode variar de acordo com a espécie, a idade das células, a disponibilidade de nutrientes, a intensidade luminosa e a temperatura (RAMÍREZ, 1996). ESTEVES *et al.* (1984) verificaram que alguns ambientes, apesar de apresentarem baixas concentrações de nutrientes, possuíam elevados valores de clorofila *a* devidos,

provavelmente, às elevadas temperaturas que provocam acelerada mineralização e rápida absorção dos nutrientes pelo fitoplâncton. Sendo assim, ambientes pobres em nutrientes não necessariamente apresentam pouca biomassa.

Durante o período seco, não foi registrado perfil vertical heterogêneo da distribuição de clorofila *a*. RAMÍREZ (1996) também verificou que nos meses em que ocorreu mistura da coluna d'água houve distribuição homogênea na concentração de clorofila *a* ao longo da respectiva coluna.

No período chuvoso, contudo, as concentrações de clorofila *a* foram, em média, maiores no fundo do reservatório. BARBOSA (1981) também verificou, após realizar um estudo nictemeral na lagoa Carioca, que no período de maior estabilidade térmica as maiores concentrações de clorofila *a* ocorreram no hipolímnio, enquanto que no metalímnio estiveram as concentrações intermediárias e no epilímnio as menores de todas. GIL-GIL (2004) também verificou, para o Lago das Ninféias, que nos meses mais quentes ocorreu diferenciação na distribuição da clorofila *a* com maiores concentrações no fundo. A menor concentração de clorofila *a* na superfície pode estar relacionada com a maior intensidade luminosa desta camada. Segundo WETZEL (2001), as células adaptadas a uma intensidade luminosa elevada contêm menos clorofila *a* por célula do que as adaptadas a intensidades luminosas mais baixas. Essa explicação pareceu coerente com a informação deste estudo visto que, em média, a maior densidade de algas ocorreu na superfície e, portanto, era de se esperar também a maior concentração desse pigmento.

Não houve variação evidente na concentração de clorofila *a* ao longo das 24 h analisadas no período seco. Durante o período chuvoso, as maiores variações na concentração de clorofila *a* ocorreram no metalímnio. Nas primeiras horas do dia (07:00 h e 10:00 h), ocorreram diferenças entre as camadas da termóclina persistente. Nestes horários, o metalímnio apresentou as maiores concentrações de clorofila *a* sendo que ocorreu uma elevação com o passar do dia. Às 13:00 h iniciou a termóclina superficial temporária e foi então possível observar que as diferenças entre o epilímnio e o metalímnio foram pequenas. Às 22:00 h ocorreu, ainda na termóclina temporária, um aumento na concentração de clorofila *a* no metalímnio. Às 07:00 h do dia seguinte, ocorreu diminuição pronunciada na concentração desse estrato tornando-se muito próxima da do epilímnio.

Segundo BARBOSA (1981), em períodos com elevada estabilidade térmica é evidente a elevada concentração de clorofila *a* no hipolímnio, principalmente nos horários da tarde. Segundo o mesmo autor, essas concentrações têm origem no fundo do lago em consequência de movimentos internos da massa d'água. Nesta camada, existe uma elevada

concentração de feo-pigmentos que constituem até 80% da clorofila *a* total determinada. Porém, no presente estudo, não foi verificada em nenhum horário ou estrato concentrações de feo-pigmentos. Conforme BARBOSA (1981), as variações diurnas nas concentrações de clorofila *a* dependeram da estratificação térmica, sendo que, as maiores oscilações ocorreram na camada superior da lagoa Carioca. No presente estudo, observou-se que a formação da termóclina superficial provocou diferenças de até duas vezes entre epilímnio e metalímnio. Porém, às 22:00 h essas diferenças foram de quase seis vezes. Neste último horário, o resfriamento da superfície provavelmente ocasionou uma circulação nesta camada e, com isso, deve ter ocorrido aumento da turbulência que forçou partículas para o fundo desta zona (GANF & HORNE, 1975).

No entanto, outros autores acreditam que a alternância entre altas e baixas intensidades luminosas ao longo do dia resultou em flutuações diurnas na quantidade de clorofila *a* sendo que, em elevadas intensidades luminosas, pode ocorrer foto-inibição (BARBOSA, 1981). No presente estudo, este fenômeno poderia explicar a baixa concentração de clorofila *a* que ocorreu na superfície.

A variação na concentração de clorofila *a* pode também ser explicada pela movimentação das algas ao longo da coluna d'água (GANF & HORNE, 1975). Como no presente estudo foi verificado amplo domínio de flagelados nanoplânctônicos, esse pode ser mais um fator responsável pelas variações na concentração de clorofila *a* ao longo das 24 horas analisadas.

5.4. Densidade fitoplanctônica total

A densidade fitoplanctônica total no período seco foi três vezes maior do que no chuvoso. Em estudo nictemeral realizado no Lago das Garças, no PEFI, RAMÍREZ (1996) verificou que houve diferença significativa entre o verão e o outono. Segundo o referido autor, a diminuição da densidade fitoplanctônica total durante o verão esteve associada às maiores concentrações de material suspenso e à menor disponibilidade de luz. No outono, entretanto, esses fatores ocorreram de maneira contrária. LOPES (1996) verificou no Lago do IAG, também no PEFI, maiores densidades do fitoplâncton no período chuvoso e associou tal fato à estratificação térmica desse período e à maior disponibilidade de nutrientes.

Nos dois períodos do presente estudo, não foram observados padrões de distribuição vertical da densidade total, ou seja, dependendo do horário ocorreram valores

mais ou menos elevados de densidade fitoplanctônica total, em quaisquer profundidades. Em média, a densidade total de organismos foi ligeiramente maior no estrato superior, mas essa diferença não foi maior do que 1,5 vez comparada com a dos outros estratos. Segundo REYNOLDS (1984), em condições de estratificação térmica ocorre heterogeneidade vertical na distribuição da comunidade fitoplanctônica. PAYNE (1986) afirmou que o fitoplâncton tende a ficar na camada eufótica situada acima da termóclina. LOPES (1996) verificou, entretanto, homogeneidade desta distribuição no período com maior estabilidade térmica. Segundo a referida autora, tal comportamento foi devido à maior abundância de clorófitos flagelados que têm capacidade de se movimentar na coluna d'água. No presente estudo, também foi verificada abundância de flagelados em ambos os períodos analisados. A presença desses organismos pode estar relacionada com a não-identificação de padrões de densidade significativamente maior em apenas um dos estratos. TILZER (1973) evidenciou que somente organismos flagelados mostram gradientes verticais de densidades populacionais. HUSZAR *et al.* (1994) não observaram, após realizar um estudo nictemeral na lagoa Juparanã, estado do Espírito Santo, padrão de distribuição vertical heterogêneo e relacionaram a isso o curto tempo de estratificação e a ausência de organismos flagelados.

Não foi presentemente verificado qualquer padrão de distribuição ao longo das 24 horas analisadas em cada um dos dois períodos, ou seja, ocorreram maiores densidades em qualquer estrato amostrado dependendo do horário. Esse padrão pode ser explicado pela elevada densidade de organismos fitoplanctônicos flagelados, que possuem capacidade de regular sua posição na coluna d'água. Segundo GANF & HORNE (1975), a variação nictemeral da posição das algas na coluna d'água é resultante de uma interação complexa entre muitos fatores como, por exemplo, taxa de afundamento, turbulência da água, movimentação através de estruturas especializadas, diferenças na densidade da água, concentração de nutrientes, foto-inibição na superfície e herbivoria.

5.5. Índices biológicos

No período chuvoso, os valores de diversidade e equitabilidade foram 1,1 vez maiores do que no período seco e a dominância 1,5 vez menor. Segundo RAMÍREZ (1996), diminuição de riqueza, diversidade e equitabilidade ocorrem, especialmente, em ambientes que se tornam extremos num dado momento e, conseqüentemente, favorecem o desenvolvimento de uma determinada espécie. Tais espécies estarão representadas por número excessivo de indivíduos que levam ao aumento dos valores de dominância. Esses

dados refletem a elevada densidade de *Chrysochromulina* cf. *breviturrita*, *Mallomonas* sp. e *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum* no período seco que, juntas, corresponderam a aproximadamente 80% da densidade total. No período chuvoso, a riqueza foi maior e mais espécies contribuíram com 80% da densidade total.

Em um ambiente do PEFI, RAMÍREZ (1996) encontrou valores de diversidade maiores nos períodos de mistura (3,5 bits.ind⁻¹) devido à dominância de *Microcystis aeruginosa* no período de maior estabilidade térmica (outono). A ausência de espécies dominantes reflete-se no índice de diversidade, que pode ser mais elevado. MOURA (1996) também praticamente não verificou diferenças na diversidade ao longo das estações.

No período seco houve pouca variação vertical destes índices e apenas o estrato superior apresentou valores diferentes. Os demais estratos apresentaram valores muito semelhantes entre si. Sendo assim, a diversidade e a equitabilidade foram, neste estrato, maiores e a dominância menor. Este comportamento possibilitou afirmar que, dentre as espécies presentes no estrato inferior, *Mallomonas* sp. foi a que obteve densidade mais elevada e destacou-se por isso nesta camada.

Ao longo das horas observou-se, no período seco, um aumento da dominância às 10:00 h devido ao aumento da densidade relativa de *Chrysochromulina* cf. *breviturrita*, *Mallomonas* sp. e *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum*.

No período chuvoso, por sua vez, a riqueza foi mais elevada no estrato médio. A diversidade foi, nesse mesmo estrato, semelhante ao superior e maiores do que aqueles do inferior. No inferior, foi verificado o maior valor de dominância graças aos elevados valores de densidade de *Hormotilopsis* sp. (Chlorophyceae) e *Cryptomonas brasiliensis* (Cryptophyceae) neste estrato, que se destacam sobre as demais. Os elevados valores de riqueza ocorreram na termóclina, principalmente, pela contribuição das clorofíceas cocóides.

Observou-se no período chuvoso, finalmente, que a riqueza no estrato médio é maior nos horários mais quentes. A dominância diminuiu até às 13:00 h e, em seguida, manteve-se constante.

5.6. Análise integrada dos fatores bióticos e abióticos

Através da ACC, oito espécies apresentaram maior afinidade com as unidades amostrais do período seco (*Chlamydomonas* sp. 1, *Chrysochromulina* sp., *Mallomonas* sp. 1, *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum*, *Prototractomonas rotundata*, *Snowella* sp., *Monoraphidium irregulare* e *Monoraphidium contortum*) sendo todas associadas aos baixos valores de temperatura e CO₂ livre. Dentre essas espécies, destaca-se *Chrysochromulina* cf. *breviturrita*, *Mallomonas* sp. e *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum* que, juntas, representaram 60% da densidade total em todos os estratos. *Chrysochromulina* cf. *breviturrita* foi registrada somente no período seco.

Chrysochromulina cf. *breviturrita* (Prymnesiophyceae) está associada a florações em lagos norte americanos e canadenses (O'Grady *et al.*, 1987; O'Grady *et al.*, 1985; WEHR & BROW, 1985). Estes pesquisadores verificaram que a dominância dessa espécie ocorre em lagos fortemente influenciados pela chuva ácida. Segundo O'GRADY (1985), a margem de tolerância de pH para esta espécie é de 4 a 6,9, sendo que seu ótimo crescimento foi verificado entre 5,5 e 6,9. Segundo o mesmo autor, adições de 100 µM (6,1 mg.L⁻¹) ou mais de HCO₃ inibiram o crescimento da alga e que a mesma possui inabilidade de crescer quando se tem outras formas de N que não sejam o NH₄⁺. No presente estudo, foi observada pouca variação do pH entre o período seco (6,3) e o chuvoso (6,8). A concentração de HCO₃ no período seco (15,2 mg.L⁻¹) foi 2,5 vezes menor que no chuvoso (36,5 mg.L⁻¹), porém, mesmo no período seco a concentração esteve acima dos níveis mencionados por O'GRADY (1985). Em relação às formas de nitrogênio, com exceção ao NT, todas estiveram abaixo do nível de detecção do método no período seco e apenas NH₄⁺ e NO₂ apresentaram valores um pouco mais elevados no período chuvoso. Outra característica fisiológica desta alga é que a mesma não se desenvolveu em meios de cultura sem selênio (WEHR & BRONW, 1985).

De modo geral, as crisofíceas são abundantes em lagos ácidos com poucos nutrientes, condições estas verificadas no presente estudo (WEHR & SHEATH, 2003). A abundância de *Dinobryon* foi verificada em lagos da província de Ontário, no Canadá, durante os períodos com formação de gelo e em experimentos simulando concentrações de fósforo de lagos oligotróficos (WEHR & SHEATH, 2003). De modo geral, as Chrysophyceae preferem águas mais frias, porém, toleram uma grande amplitude de temperatura (WEHR & SHEATH, 2003). Muitas espécies de crisofíceas são mixotróficas e, com isso, possuem vantagem competitiva sobre outras algas estritamente autotróficas (WEHR & SHEATH, 2003). Essa característica pode ser uma possível explicação para o sucesso de *Dinobryon* e

Mallomonas no presente estudo, visto que, durante o período seco, a concentração de nutrientes foi menor do que no período chuvoso. Mas, através da ACC observou-se que as espécies foram ordenadas ao longo dos períodos em função, principalmente, da temperatura e do CO₂ livre.

Através da ACC observou-se que, no período seco, não ocorreu heterogeneidade na distribuição vertical assim como variações nictemerais significativas das algas consideradas descritoras biológicas. Sendo assim, a estratificação térmica tanto persistente quanto superficial temporária registrada neste período não foram suficientes para formar gradiente de distribuição fitoplanctônica. Este fato também foi verificado por LOPES (1999) e RAMÍREZ (1996) nos lagos do IAG e das Garças, ambos reservatórios localizados no PEFI.

A ACC evidenciou que, dentre as descritoras biológicas, oito espécies (*Cryptomonas brasiliensis*, *Chromulina* sp. 1, *Trachelomonas volvocinopsis*, *Closterium gracile*, *Hormotilopsis* sp., *Euglena* sp. 1, *Euglena acus* var *acus Stokesiella* sp. e *Snowella* sp. 2) apresentaram grande afinidade com as unidades amostrais do período chuvoso, estando associadas aos altos valores de temperatura e CO₂ livre. As euglenofíceas são, freqüentemente, encontradas em águas ricas em matéria orgânica (TELL & CONFORTI, 1986) e preferem meios com altos teores de nitrogênio amoniacal (WETZEL, 2001). De fato, apesar da baixa concentração de nutrientes verificada neste período, os valores de NH₄⁺ foram 14 vezes mais elevados do que no período seco. Quanto à distribuição vertical, XAVIER (1993) verificou que as euglenofíceas foram mais abundantes na superfície da represa Billings, no município de São Paulo. MOURA (1996) fez idêntica verificação no Lago das Garças, também no município de São Paulo e as relacionou com as elevadas temperaturas e intensidade luminosa. No presente estudo, as maiores densidades de *Euglena* também ocorreram na superfície.

Segundo REYNOLDS (1984), as *Cryptomonas* conseguem se manter em grande variedade de condições ambientais sobrevivendo tanto em períodos de mistura quanto de estratificação. Este fato explica a presença dessas algas nos dois períodos ora analisados, apesar de sua densidade ser maior no período chuvoso. RAMÍREZ (1996) registrou, diferente do que ocorreu neste estudo, maior abundância de representantes de *Cryptomonas* no período de outono, quando a mistura da coluna d'água foi mais evidente e houve maior disponibilidade de luz.

A abundância de *Chromulina* sp. no Lago das Ninféias no período chuvoso deve-se, provavelmente, ao fato de ser uma alga mixotrófica que possui vantagem competitiva sobre as exclusivamente autotróficas em situações de carência nutricional (WEHR & SHEATH,

2003). CROSSETTI (2002) registrou, em experimento de oligotrofização realizados no Lago das Garças, no PEFI, que as crisofíceas apresentaram maiores densidades nos tratamentos oligo e mesotrófico do que no eutrófico.

Em regiões temperadas, algumas espécies de *Snowella* sp. vivem em amplas condições ecológicas, apresentam distribuição geográfica restrita, ocorrem geralmente em reservatórios mesotróficos e já foram registradas florações desse gênero nessas regiões (WEHR & SHEATH, 2003). No presente estudo, essa espécie esteve associada aos elevados valores de temperatura e CO₂ livre.

No período chuvoso, a estratificação térmica influenciou a distribuição vertical de cinco espécies. *Aphanocapsa elachista*, *Chlorella vulgaris*, *Cryptomonas erosa* *Spiniferomonas* sp. estiveram associadas aos baixos teores de NT e CO₂ que ocorreram nas unidades amostrais da superfície. *Hormotilopsis* sp. é a única espécie que apresentou grande afinidade com as unidades amostrais do fundo e esteve associada com os elevados teores de NT e CO₂. MOURA (1996) também verificou maiores densidades de *Aphanocapsa elachista* na superfície do reservatório das Garças. De modo geral, as cianofíceas preferem períodos com estratificação térmica (PEARL, 1988). PADISÁK *et al.* (2003) verificaram que elevadas concentrações de ortofosfato e nutrientes inorgânicos, além de extremas condições de limitação por luz.

Chlorella geralmente ocorre em ambientes com maiores concentrações de nutrientes e sedimento composto por matéria orgânica (ROUND, 1983). Segundo CALIJURI (1999), porém, esta alga em geral ocorre durante períodos turbulentos, o que não foi observado no presente estudo. A presença de *Cryptomonas erosa* no estrato superior pode ser explicada pela elevada versatilidade ecológica que essa alga tem, com estratégias de sobrevivência que lhe conferem tolerância a diversas situações ambientais (REYNOLDS, 1984). Enfim, estudos realizados em regiões temperadas registraram que muitas espécies de *Spiniferomonas* não apresentam sazonalidade específica. Comparada com outras crisofíceas, as *Spiniferomonas* suportam elevada amplitude de temperatura e pH, além de baixas concentrações de fósforo.

Em suma, oito espécies consideradas descritoras estiveram associadas às baixas temperaturas e concentração de CO₂ no período chuvoso e oito outras estiveram associadas às elevadas temperaturas e baixas concentrações de CO₂ livre no período seco. A estratificação térmica ocorrente neste período não influenciou a distribuição vertical dessas algas, enquanto que no período chuvoso cinco espécies apresentaram distribuição heterogênea na coluna d'água. Dessa maneira, *Aphanocapsa elachista*, *Chlorella vulgaris* e

Cryptomonas erosa e *Spiniferomonas* sp. estiveram associadas às menores concentrações de NT e CO₂ livre no estrato superior e *Hormotilopsis* sp. às maiores concentrações desses mesmos elementos no estrato inferior.

Variações a curtos intervalos de tempo já foram registradas em reservatórios do PEFI em estudos com durações de mais um dia. MOURA (1996) verificou no Lago das Garças, que durante o período chuvoso, no 4º dia de amostragem, ocorreu queda das densidades de dinofíceas, crisofíceas e euglenofíceas em função da desestratificação da coluna d'água. LOPES (1999) verificou no Lago do IAG situado no PEFI, também no período chuvoso, uma provável tendência de substituição da população de *Chlamydomonas plactogloea* pela de *Synechococcus nidulans* no 7º dia de amostragem, provavelmente, em função da variação de valores da razão de NT : PT e de aumento da zona de mistura. No presente estudo não foi observada variação da composição específica do fitoplâncton ao longo de 24 horas em nenhum dos períodos amostrados.

6. CONCLUSÕES

O estudo da variação nictemeral e vertical da estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica em função da temperatura da coluna d'água no lago das Ninfeias ao longo dos períodos seco e chuvoso possibilitou concluir o seguinte:

1. Foram encontrados 62 táxons no período seco e 98 no chuvoso.
2. Durante o período seco, Chlorophyceae foi a classe que mais contribuiu para a riqueza, seguida por Zygnemaphyceae.
3. Não ocorreu variação temporal nos dois períodos na contribuição das diferentes classes para o número total de espécies.
4. As algas flageladas e cocóides constituíram, juntas, 70% do total de espécies nos períodos seco e chuvoso, sendo que as cocóides constituíram a maioria nos dois períodos.
5. Durante o período seco, as classes que mais contribuíram para a densidade total nos três estratos foram Chrysophyceae e Prymnesiophyceae. No período chuvoso, houve heterogeneidade na densidade de classes de algas ao longo da coluna d'água sendo que no estrato superior Chrysophyceae e Euglenophyceae apresentaram as

- maiores contribuições, Chlorophyceae no estrato médio e Cryptophyceae no estrato inferior.
6. Nos dois períodos amostrados, os organismos mais abundantes foram os flagelados de pequeno tamanho (nanoplâncton) o que pode ser uma consequência de diversos fatores como a acidez da água, a presenças de macrófitas, as baixas concentrações de nutrientes e o curto tempo de residência da água neste reservatório (7,2 dias).
 7. Observou-se que não ocorreu variação nictemeral na contribuição das classes para a densidade fitoplanctônica total, tanto no período seco quanto no chuvoso. Apenas as Prasinophyceae apresentaram uma leve tendência de variação, principalmente nos estratos médio e inferior durante o período seco; e as Chrysophyceae nos mesmos estratos, porém, no período chuvoso.
 8. Em média, a concentração de clorofila *a* no período chuvoso foi 4,2 vezes maior do que no seco. Durante o período seco, não foi registrado um perfil vertical heterogêneo. No período chuvoso, contudo, as concentrações de clorofila *a* foram, em média, mais elevadas no fundo do reservatório.
 9. A densidade média no período seco foi três vezes maior do que no chuvoso. Nos dois períodos não foi identificado padrão de densidade significativamente maior apenas em um estrato, ou seja, ocorreram maiores densidades em quaisquer estratos amostrados dependendo do horário.
 10. No período chuvoso, os valores de diversidade e equitabilidade foram 1,1 vez maiores do que no período seco e a dominância 1,5 vez menor. Esses dados refletem a elevada densidade de *Chrysochromulina* cf. *breviturrita*, *Mallomonas* sp. e *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum* no período seco que, juntas, corresponderam a aproximadamente 60% da densidade total. No período chuvoso, a riqueza foi maior e mais espécies contribuíram com 80% da densidade total.
 11. Através da ACC, oito espécies apresentaram maior afinidade com as unidades amostrais do período seco (*Chlamydomonas* sp. 1, *Chrysochromulina* cf. *breviturrita*, *Mallomonas* sp. 1, *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum*, *Prototractomonas rotundata*, *Snowella* sp., *Monoraphidium irregulare* e *Monoraphidium contortum*), sendo todas elas associadas aos baixos valores de temperatura e CO₂ livre. Dentre essas espécies, destacaram-se *Chrysochromulina* cf. *breviturrita*, *Mallomonas* sp. e *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum* que, juntas, representaram 60% da densidade total em todos os estratos. Além disso, *Chrysochromulina* cf. *breviturrita* foi registrada somente no período seco.

12. No período seco, não ocorreu heterogeneidade na distribuição vertical bem como variações temporais significativas das algas consideradas descritoras biológicas. Sendo assim, a estratificação térmica, tanto persistente quanto temporária, registrada neste período não foi suficiente para formar um gradiente de distribuição fitoplanctônica.
13. A ACC evidenciou que oito espécies (*Cryptomonas brasiliensis*, *Chromulina* sp. 1, *Trachelomonas volvocinopsis*, *Closterium gracile*, *Hormotilopsis* sp., *Euglena* sp. 1, *Euglena acus* var. *acus*, *Snowella* sp. 2) apresentaram grande afinidade com as unidades amostrais do período chuvoso, sendo associadas aos altos valores de temperatura e CO₂ livre.
14. No período chuvoso, a estratificação térmica influenciou a distribuição vertical de cinco espécies. *Aphanocapsa elachista*, *Chlorella vulgaris*, *Cryptomonas erosa* e *Spiniferomonas* sp. estiveram associadas aos baixos teores de NT e CO₂ presentes nas unidades amostrais da superfície. *Hormotilopsis* sp. foi a única espécie que apresentou grande afinidade com as unidades amostrais do fundo e esteve associada com os elevados teores de NT e CO₂.
15. Não foi observada variação da composição específica do fitoplâncton em curtos intervalos de tempo (24 h) em nenhum dos períodos amostrados.

Com relação ao objetivo principal deste trabalho pode-se dizer que a estratificação térmica que persistiu durante as 24 horas, formada nos dois períodos amostrados, parece ter influenciado somente a distribuição vertical da concentração de clorofila *a* (principalmente estrato superior e inferior) e das espécies *Aphanocapsa elachista*, *Chlorella vulgaris* e *Cryptomonas erosa*, *Spiniferomonas* sp. e *Hormotilopsis* sp. no período chuvoso. A amostragem realizada nos estratos formados pela termóclina superficial temporária, nos permitiu verificar que a distribuição vertical da comunidade fitoplanctônica, no primeiro meio metro de profundidade, não foi influenciada pelo gradiente térmico formado nos horários mais quentes do dia, pois esses estratos apresentaram características muito semelhantes entre si. As escala temporal sazonal (seca e chuva), seguida pela escala espacial vertical foram mais importantes para explicar a variabilidade biológica do sistema do que as variações nictemerais. Dessa maneira, a variação vertical da estrutura e dinâmica da comunidade, ao longo de 24 horas, foi diferente entre os períodos seco e chuvoso.

7. REFERÊNCIAS CITADAS

- Ab'Sáber, A.** 1956. A Terra Paulista. Boletim Paulista de Geografia, 23: 5-38.
- Ab'Sáber, A.** 1957. Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo. Boletim Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, 219: 1-355 (Série Geografia 12).
- Almeida, F.F.M.** 1974. Fundamentos geológicos do relevo paulista. Instituto Geográfico da Universidade de São Paulo: teses e monografias, 14: 5-99.
- Barbosa, F.A.R.** 1981. Variações diurnas (24 horas) de parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária do fitoplâncton na lagoa Carioca, Parque Florestal do Rio Doce, MG, Brasil. Tese de Doutorado. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. 207 p.
- Barbosa, F.A.R. & Padisák, J.** 2002. The forgotten lake stratification pattern: atelomixis and its ecological importance. International Association of Theoretical and Applied Limnology, 28: 1385-1395.
- Barbosa, L.G.** 2003. Variações diurnas na composição, estrutura e biomassa da comunidade fitoplanctônica da lagoa Carioca-Parque Estadual do Rio Doce, MG. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 144 p.
- Barbosa, L.M., Potomati, A. & Peccinini, A.A.** 2002. O PEFI; histórico e legislação. *In: Bicudo, D.C., Forti, M.C. & Bicudo, C.E.M.* (eds.). 2002. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo; Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, p. 13-26.
- Bicudo, C.E.M., Carmo, C.F, Bicudo, D.C., Henry, R., Pião, A.C.S., Santos, C.M. & Lopes, M.R.M.** 2002. Morfologia e morfometria de três reservatórios no PEFI. *In: Bicudo, D.C., Forti, M.C. & Bicudo, C.E.M.* (eds.) Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo- São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, p. 141-158.
- Bicudo, D.C.** 1990. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. Acta Limnologica Brasiliensia, 3: 459-475.
- Bicudo, D.C., Forti, M.C., Carmo, C.F., Bourotte, C., Bicudo, C.E.M., Melfi, A.J., Lucas, Y.** 2002. A atmosfera, as águas superficiais e os reservatórios do PEFI:

- caracterização química. *In: Bicudo, D.C., Forti, M.C. & Bicudo, C.E.M.* (eds.) Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo- São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, p. 161-200.
- Calijuri, M.C.** 1999. A comunidade fitoplanctônica em um reservatório tropical (Barra Bonita, SP). Tese de Livre Docência. São Carlos: Universidade de São Paulo. 211 p.
- Coesel, P.F.M.** 1982. Structural characteristics and adaptations of desmid communities. *Journal of Ecology*, 70: 163-177.
- Crossetti, L.O.** 2002. Efeitos do empobrecimento experimental de nutrientes sobre a comunidade fitoplanctônica em reservatório eutrófico raso, Lago das Garças, São Paulo. Dissertação de Mestrado. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo. 119 p.
- Esteves, F.A., Ishii, I.H., Camargo, A.F.M.** 1984. Pesquisas limnológicas em 14 lagoas do estado do Rio de Janeiro. *In: Lacerda, L.O., Araújo, D.S.D., Cerqueira, R. & Turcq, B.* (eds.). Restingas: origem, estruturas e processos. Rio de Janeiro, FINEP, p. 441-452.
- Ferragut, C.** 2004. Respostas das algas perifíticas e planctônicas a manipulação de nutrientes (N e P) em reservatório urbano (Lago do IAG), São Paulo. Tese de doutorado. Rio Claro: Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista. 184p.
- Ganf, G.G. & Horne, A.J.** 1975. Diurnal stratification, photosynthesis and nitrogen fixation in a shallow, equatorial lake (Lake George, Uganda). *Freshwater Biology*, 5: 13-39.
- Gil-Gil, F.** 2004. Fracionamento da produção primária em dois sistemas com diferentes níveis tróficos no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo. 149 p.
- Huszar, V.L.M., Werneck, A.M. & Esteves, F.A.** 1992. Dinâmica nictemeral (48 h) da comunidade fitoplanctônica em relação aos principais fatores abióticos na lagoa Juparanã, Linhares, Espírito Santo, Brasil: Fevereiro de 1987. *Revista Brasileira de Biologia*, 54(1): 111-134.
- Huszar, V.L.M. & Giani, A.** 2004. Amostragem da comunidade fitoplanctônica em águas continentais: reconhecimento de padrões espaciais e temporais. *In: Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C.* (eds.). Amostragem em Limnologia. São Carlos: RiMa Editora. p. 133-145.
- Kalff, J. & Watson, S.** 1986. Phytoplankton and its dynamics in two tropical lakes: a tropical and temperate zone comparison. *Hydrobiology*, 138: 161-176.

- Klaveness, D.** 1988. Ecology of the Cryptomonadida: a first review. *In*: Sandgren, C.D. (ed.). Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press. p. 103-133.
- Krebs, C.J.** 1994. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. New York: Harper Collins College Publications. 801 p. (4^a ed.).
- Lewis Jr., W.M.** 1978. Spatial distribution of the phytoplankton in a tropical lake. *International Revue ges. Hydrobiol. Hydrogr.* 63(3): 619-635.
- Lobo, E.A. & Leighon, G.** 1986. Estruturas de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de Chile. *Revista de Biología Marina*, 22(1): 143-170.
- Lopes, M.R.M.** 1999. Eventos perturbatórios que afetam a biomassa, a composição e a diversidade de espécies do fitoplâncton em um lago tropical oligotrófico raso (Lago do Instituto Astronômico Geofísico, São Paulo, SP). Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo. 213 p.
- Lound, J.W.G., Kipling, C. & LeCren, E.D.** 1958. The invert microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia*, 11: 143-170.
- Moura, A.T.N.** 1996. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica numa lagoa eutrófica, São Paulo, SP, Brasil, a curtos intervalos de tempo: comparação entre épocas de chuva e seca. Dissertação de Mestrado. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista. 172 p.
- Nusch, E.A.** 1980. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *In*: **Rai, H.** (ed.). Proceedings of the workshop on the measurement of photosynthetic pigments in freshwaters and standardization of methods. *Archiv für Hydrobiologie Ergebnisse Limnologie*, 14: 14-36.
- O'Grady, K., Brown, L.M., Wehr, J.D.** 1985. Physiological ecology of the bloom-forming alga *Chrysochromulina breviturrita* (Prymnesiophyceae) from lakes influenced by acid precipitation. *Canadian Journal of Botany*, 63: 2231-2239.
- O'Grady, K., Brown, L.M., Wehr, J.D.** 1987. Highly specialized nitrogen metabolism in a freshwater phytoplankter, *Chrysochromulina breviturrita*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 44: 736-742
- Pádisák, J., Barbosa, F.A.R., Koshel, R. & Krinittz, L.** 2003. Deep layer cyanoprokariota maxima in temperate and tropical lakes. *Archiv für Hidrobiologie*, 58: 175-199.

- Pearl, H.W.** 1988. Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae (Cyanobacteria). *In: Sandgren, C.D.* (ed.). Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press. p. 261-314.
- Payne, A.I.** 1986. The ecology of tropical lakes and rivers. New York: John Wiley & Sons. 310 p.
- Pielou, E.C.** 1975. Ecological diversity. New York: John Wiley & Sons. 165 p.
- Ramírez R., J.J.** 1996. Variações espacial vertical e nictemeral da estrutura da comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais em quatro dias de amostragem de diferentes épocas do ano no Lago das Garças, São Paulo. Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo. 283 p.
- Reynolds, C.S.** 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press. 365 p.
- Ros, J.** 1979. Práticas de ecologia. Barcelona: Editorial Omega. 181 p.
- Round, F. E.** 1983. Biologia das Algas. Tradução de **Neto, F.P.** Rio de Janeiro: Editora Guanabara. 207 p. (2^a ed.).
- Sandgren, C.D.** 1988. The ecology of Chrysophyte flagellates: their growth and penneration strategies as freshwater phytoplankton. *In: Sandgren, C.G.* (ed.). Grwoth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press. p. 9-102.
- Santos, P.M. & Funari, F.L.** 2002. Clima local. *In: Bicudo, D.C., Forti, M.C. & Bicudo, C.E.M.* (eds.) Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Pauto. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 27-46.
- Sartory, D.P. & Grobbelaar, J.E.** 1984. Extraction of chiorophyll *a* from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. *Hydrobiologia*, 114: 177-187.
- Shannon, C.E. & Weaver, W.** 1963. The mathematical theory of communication. Urbana: University of Illinois Press. 173 p.
- Sieburth, J.M., Smetacek, V. & Lenz, J.** 1978. Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnology and Oceanography*, 23: 1256-1263.
- Simpson, E.H.** 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688-692.
- Sondergaard, M. & Moss, B.** 1998. Impact of submerged macrophytes on phytoplankton in shaloww freshwater lakes. *In: Jeppesen, E., Sondergaard, M. & Christoffersen, K.* (eds.). The structuring role of submerged macrophytes in lakes. Tokyo: Springer Verlag. p. 115-132.

- Struffaldi-De-Vuono, Y.** 1985. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta da Reserva Biológica do Instituto de Botânica (São Paulo, SP). Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo. 213 p.
- Talling, J.F.** 1966. The annual cycle of stratification and phytoplankton growth in lake Victoria (East Africa). *Int. Revue ges Hydrobiol.*, 51(4): 545-621.
- Tell, G. & Conforti, V.** 1986. Euglenophyta pigmentadas de la Argentina. *Bibliotheca Phycologica*, 75: 1-301.
- Tilzer, M.M.** 1973. Diurnal periodicity in the phytoplankton assemblage of a high mountain lake. *Limnology and Oceanography*, 18: 15-30.
- Utermöhl, H.** 1958. Zur Vervollkomnung der quantitativen Phytoplankton-Metodik. *Mitt. Int. Verein. Theor. Ange. Limnol.*, 9: 1-38.
- Wehr, J.D. & Brow, L.M.** 1985. Selenium requirement of a bloom-forming planktonic alga from softwater and acidified lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42: 1783-1788.
- Wehr, J.D. & Sheath, R.G.** (eds.) 2003. *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*. San Diego: California: Academic Press. 918 p.
- Wetzel, R.G.** 2001. *Limnology: lake and river ecosystems*. San Diego: Academic Press. 1006 p. (3^a ed.).
- Xavier, M.B.** 1993. Distribuição vertical das Euglenaceae pigmentadas do rio Grande, represa Billings, São Paulo, Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 6: 11-30.

Tabela 2. Táxons encontrados nos períodos de seca e chuva ao longo de 24 horas no Lago das Ninféias; São Paulo. (C): presente na estação de chuvas; (S): presente na estação de seca; (*): descritor ambiental.

Bacillariophyceae		
Diatomácea sp.	C	
Chlorophyceae		
<i>Ankistrodesmus bibrainus</i> (Reinsch) Korschikoff	C	
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda	C	S
<i>Ankistrodesmus gracilis</i> (Reinsch) Korschikoff	C	
<i>Ankistrodesmus</i> sp. 1	C	
<i>Ankistrodesmus</i> sp. 2	C	
<i>Ankistrodesmus</i> sp. 3	C	
<i>Ankistrodesmus</i> sp. 4	C	
<i>Ankistrodesmus spiralis</i> (Turner) Lemmermann		S
<i>Chlamydomonas</i> cf. <i>sordida</i> Ettl		S
<i>Chlamydomonas</i> sp. 1	C*	
<i>Chlamydomonas</i> sp. 2	C	
<i>Chlamydomonas</i> sp. 3	C	
<i>Chlorella</i> sp.	C	
<i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck	C*	S*
<i>Chlorococum</i> sp.		S
Chlorophyceae sp.	C	
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) West & West	C	S
<i>Dictyosphaerium pulchelum</i> Wood	C	
<i>Dictyosphaerium pulchelum</i> Wood var. <i>minutum</i> Delflandre		S
<i>Dictyosphaerium</i> sp. 1		S
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat (Voronichin) Koršikov	C	S
<i>Hormotilopsis</i> sp.	C*	
<i>Kirchineriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius	C	
<i>Micratinium pusillum</i> Fresenius	C	S
<i>Monoraphidium circinale</i> Nygaard	C	
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	C*	S*
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	C*	S
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G.M. Smith) Komárková-Legnerová	C*	S*
<i>Monoraphidium nanum</i> (Ettl) Hindák	C	S
<i>Monoraphidium</i> sp.	C	
<i>Oocystis</i> cf. <i>lacustris</i> Chodat		S
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs		S
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim)	C	
<i>Scenedesmus denticulatus</i> Lagerheim		S
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ralfs) Chodat	C	S
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ralfs) Chodat var. <i>disciformis</i> Chodat		S
<i>Scenedesmus kissii</i> Hortobágyi		S
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson		S
<i>Scenedesmus serratus</i> (Corda) Bohlin	C	
<i>Scenedesmus</i> sp. 1	C	
<i>Scenedesmus</i> sp. 2	C	
<i>Scenedesmus</i> sp. 3	C	
<i>Scenedesmus</i> sp. 4	C	
<i>Tetraedron minimum</i> (Chodat) Komárek	C	S
Chrysophyceae		
<i>Bicosoeca turrigera</i> Nygaard	C*	
<i>Bitrichia ollula</i> (Fott) Bourrely		S
<i>Chromulina</i> sp. 1		S
<i>Chromulina</i> sp. 2	C*	

Tabela 2. Táxons encontrados nos períodos de seca e chuva ao longo de 24 horas no Lago das Ninféias; São Paulo. (C): presente na estação de chuvas; (S): presente na estação de seca; (*): descritor ambiental. (continuação)

<i>Chromulina</i> sp. 3	C*	
<i>Dinobryon bavaricum</i> Imhof var. <i>bavaricum</i>	C	S*
<i>Mallomonas</i> sp. 1		S*
<i>Mallomonas</i> sp. 2	C*	
<i>Spiniferomonas</i> sp.	C*	
<i>Stokesiella</i> sp.	C*	
Cryptophyceae		
<i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, C. Bicudo & D. Bicudo	C*	
<i>Cryptomonas curvata</i> Ehrenberg emend. Penard		S
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg	C*	S
<i>Cryptomonas marssoni</i> Skuja	C	S
<i>Cryptomonas phaseolus</i> Skuja		S
<i>Cryptomonas pusilla</i> Bachmann	C*	S*
Cryptophyceae sp. 2	C	
Cryptophyceae sp. 3	C	
Cryptophyceae sp. 4	C	
Cryptophyceae sp1	C	
Cyanophyceae		
<i>Aphanocapsa elachista</i> West & West	C*	S*
<i>Aphanocapsa kordesii</i> Strøm	C	
<i>Arthrospira jennerii</i> (Hassall) Stizenberger	C*	
Cyanophyceae sp. 1		S
Cyanophyceae sp. 2		S
<i>Lemmermanniella</i> sp.	C*	
<i>Lyngbya limnetica</i> Lemmermann	C*	S
<i>Snowella</i> sp. 1		S*
<i>Snowella</i> sp. 2	C*	
<i>Snowella</i> sp. 3	C	
Dinophyceae		
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>paradoxum</i> Schilling	C	S
<i>Gymnodinium</i> sp.	C	
<i>Gymnodinium</i> sp.		S
<i>Peridinium</i> cf. <i>gatunense</i> Nygaard	C*	S
<i>Peridinium</i> cf. <i>umbonatum</i> Stein		S
Euglenophyceae		
<i>Euglena acus</i> Ehrenberg var. <i>acus</i>	C*	S
<i>Euglena agilis</i> Carter	C	
<i>Euglena anabaena</i> Mainx	C	S
<i>Euglena anabaena</i> Mainx var. <i>anabaena</i>		S
<i>Euglena</i> sp. 1	C*	
<i>Euglena</i> sp. 2	C	
<i>Euglena</i> sp. 3	C	
<i>Euglena</i> sp. 4	C	
<i>Euglena</i> sp. 5	C	
<i>Euglena</i> sp. 6	C	
<i>Euglena</i> sp. 7	C	
<i>Euglena</i> sp. 8	C	
<i>Euglena</i> sp. 9	C	
Euglenophyceae sp. 1	C	
Euglenophyceae sp. 2	C	
Euglenophyceae sp. 3	C	
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenberg) Lemmermann var. <i>conica</i>	C	S

Tabela 2. Táxons encontrados nos períodos de seca e chuva ao longo de 24 horas no Lago das Ninféias; São Paulo. (C): presente na estação de chuvas; (S): presente na estação de seca; (*): descritor ambiental. (continuação)

<i>Phacus</i> sp. 1	C	
<i>Phacus</i> sp. 2	C	
<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmermann	C	S
<i>Trachelomonas</i> sp. 1	C*	
<i>Trachelomonas</i> sp. 2	C	
<i>Trachelomonas</i> sp. 3	C	
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swirenko	C	S
Prasinophyceae		
<i>Prototractomonas rotundata</i> Skvortzov ex C. Bicudo		S*
Prymnesiophyceae		
<i>Chrysochromulina</i> cf. <i>breviturrata</i> Nicholls		S*
Xantophyceae		
<i>Centritractus belenophorus</i> Lemmermann	C	
Zygnematophyceae		
<i>Closterium gracile</i> Brébisson ex Ralfs	C*	
<i>Closterium jenneri</i> Ralfs		S
<i>Closterium setacerum</i> Ehrenberg ex Ralfs	C	
<i>Closterium</i> sp. 1		S
<i>Cosmarium</i> cf. <i>moniliforme</i> Turpin (Ralfs)	C	
<i>Cosmarium margaritatum</i> Roy & Bisset var. <i>margaritatum</i> f. <i>minor</i> West & West	C	S
<i>Cosmarium phaseolus</i> var. <i>phaseolus</i> f. <i>minus</i> Boldt	C	
<i>Cosmarium regnesii</i> Reinsch	C	
<i>Cosmarium</i> sp. 1	C	
<i>Cosmarium</i> sp. 2		S
<i>Cosmarium</i> sp. 3		S
<i>Cosmocladium</i> cf. <i>pusillum</i> Hilse		S
Desmidiácea sp.		S
<i>Euastrum</i> sp.		S
<i>Gonatozygon</i> sp.	C	
<i>Staurastrum quadrangulare</i> Brébisson	C	
<i>Staurastrum quadrangulare</i> Brébisson var. <i>longispinum</i>	C	S
<i>Staurastrum rotula</i> Nordstedt		S
<i>Staurastrum</i> sp.	C	
<i>Staurastrum tetracerum</i> (Kützing) Ralfs	C	S
<i>Staurodesmus glaber</i> (Ehrenberh)	C	S
<i>Staurodesmus pachyrhynchus</i> (Nordstedt) Teiling	C	
<i>Staurodesmus</i> sp.		S
<i>Teilingia granulata</i> (Roy & Bissett) Bourrelly var. <i>granulata</i>	C	S

Tabela 3. Lista das espécies consideradas descritoras biológicas e respectivos valores de densidade relativa (%), nos estratos superior, médio e inferior ao longo de 24 horas no período seco.

Descritoras Biológicas				
Classe	Espécie	Superior	Médio	Inferior
Chrysophyceae	<i>Mallomonas</i> sp. 1	30,7	26,55	26,20
Prymnesiophyceae	<i>Chrysochromulina</i> cf. <i>breviturrita</i>	20,3	30,02	31,51
Chrysophyceae	<i>Dinobryon bavaricum</i> var. <i>bavaricum</i>	19,2	16,43	10,10
Prasinophyceae	<i>Prototractomonas rotundata</i>	9,8	7,28	5,37
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas pusilla</i>	5,8	5,01	7,22
Chlorophyceae	<i>Chlorella vulgaris</i>	1,3	1,48	
Chlorophyceae	<i>Monoraphidium irregulare</i>	1,3	1,33	2,16
Chlorophyceae	<i>Monoraphidium contortum</i>	1,1	1,29	2,40
Cyanophyceae	<i>Snowella</i> sp. 1			1,99
Cyanophyceae	<i>Aphanocapsa elachista</i>			1,32

Tabela 4. Lista das espécies que ocorreram somente no estrato superior ao longo de 24 horas no período chuvoso.

Estrato Superior	
Classe	Espécies
Chlorophyceae	<i>Ankistrodesmus gracilis</i>
Chlorophyceae	<i>Dictyosphaerium pulchelum</i>
Chlorophyceae	<i>Tetraedron minimum</i>
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas marssoni</i>
Euglenophyceae	<i>Euglena agilis</i>
Euglenophyceae	<i>Euglena</i> sp. 3
Euglenophyceae	<i>Euglena</i> sp. 7
Euglenophyceae	<i>Euglena</i> sp. 8
Euglenophyceae	<i>Euglena</i> sp. 9
Euglenophyceae	Euglenophyceae sp. 3
Euglenophyceae	<i>Phacus</i> sp. 1
Zygnematophyceae	<i>Gonatozygon</i> sp.
Zygnematophyceae	<i>Staurastrum quadrangulare</i>
Zygnematophyceae	<i>Staurodesmus pachyrhuchus</i>
Zygnematophyceae	<i>Teilingia granulata</i> var. <i>granulata</i>

Tabela 5. Lista das descritoras biológicas e respectivos valores de densidade relativa (%) que ocorreram nos estratos superior, médio e inferior ao longo de 24 horas no período chuvoso.

		Descritoras Biológicas		
		Superior	Médio	Inferior
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas brasiliensis</i>	24,0	24,0	28,4
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas pusilla</i>	2,8	15,1	28,7
Chlorophyceae	<i>Chlamydomonas</i> sp. 1	6,5	4,0	3,3
Euglenophyceae	<i>Euglena acus</i> var. <i>acus</i>	1,1	2,0	2,5
Chlorophyceae	<i>Chlorella vulgaris</i>	8,8	5,4	
Chrysophyceae	<i>Bicosoeca turrigera</i>	5,7	1,5	
Chrysophyceae	<i>Stokesiella</i> sp.	5,2	1,6	
Chrysophyceae	<i>Chromulina</i> sp. 1	1,5	1,7	
Euglenophyceae	<i>Euglena</i> sp. 1	1,1		1,3
Cyanophyceae	<i>Snowella</i> sp. 2		3,7	4,7
Chlorophyceae	<i>Hormotilopsis</i> sp.		23,1	9,2
Cyanophyceae	<i>Arthrospira jennnerii</i>		3,6	8,1
Cyanophyceae	<i>Lemmermanniella</i> sp.	8,6		
Chrysophyceae	<i>Spiniferomonas</i> sp.	2,1		
Chrysophyceae	<i>Mallomonas</i> sp.	2,0		
Zygnematophyceae	<i>Closterium gracile</i>	1,9		
Chlorophyceae	<i>Monoraphidium contortum</i>	1,8		
Cyanophyceae	<i>Aphanocapsa elachista</i>	1,8		
Chrysophyceae	<i>Chromulina</i> sp. 2	1,4		
Chlorophyceae	<i>Monoraphidium griffithii</i>	1,2		
Dinophyceae	<i>Peridinium gatunense</i>	1,2		
Euglenophyceae	<i>Trachelomonas</i> sp. 1	1,1		
Chlorophyceae	<i>Monoraphidium irregulare</i>	1,1		
Cyanophyceae	<i>Lynghya limnetica</i>			3,7

Tabela 6. Coeficiente canônico, correlações “intra-set” e de Pearson e Kendall das variáveis ambientais com os eixos de ordenação para as 24 espécies no período seco e chuvoso ao longo de 24 horas.

Período seco e chuvoso						
Variável	Coeficiente Canônico		Correlação (“intra-set”)		Correlação Pearson e Kendall	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
NT	-0.040	-0.226	-0.089	-0.551	0,052	-0,579
RTR	-0.007	-0.700	0.662	0.064	0,686	-0,026
PT	0.261	-0.007	0.666	-0.221	0,693	-0,337
CO2	0.662	-0.974	0.868	-0.443	0,875	-0,572
Temp	0.854	1.451	0.891	0.386	0,872	0,280

Tabela 7. Coeficiente de correlação de Pearson e Kendall das espécies com o eixo 1 e 2 da análise de correspondência canônica.

Espécies associadas ao período seco					
Grupo	Espécies	Legenda	Eixo 1	Eixo 2	Período
Chlorophyceae	<i>Chlamydomonas</i> sp. 1	Chsp	-0,381	0,182	C
Prymnesiophyceae	<i>Chrysochromulina</i> cf. <i>breviturrata</i>	Pczo	-0,973	0,136	S
Chrysophyceae	<i>Mallomonas</i> sp. 1	Msp1	-0,959	0,135	S
Chrysophyceae	<i>Dinobyon bavaricum</i> var. <i>bavaricum</i>	Dbav	-0,896	0,272	S e C
Prasinophyceae	<i>Prototractomonas rotundata</i>	Prot	-0,889	0,105	S
Cyanophyceae	<i>Snowella</i> sp. 1	Snsp	-0,888	0,116	S
Chlorophyceae	<i>Monoraphidium irregulare</i>	Mirr	-0,716	0,337	S e C
Chorophyceae	<i>Monoraphidium contortum</i>	Mcon	-0,565	0,568	S e C
Espécies associadas ao período chuvoso					
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas brasiliensis</i>	Cbra	0,973	-0,124	C
Chrysophyceae	<i>Chromulina</i> sp. 2	Csp1	0,798	-0,073	C
Zygnematophyceae	<i>Closterium gracile</i>	Cgra	0,719	0,208	C
Chlorophyceae	<i>Hormotilopsis</i> sp.	Hsp	0,690	-0,546	C
Euglenophyceae	<i>Euglena</i> sp. 1	Esp1	0,686	-0,069	C
Euglenophyceae	<i>Euglena acus</i> var. <i>acus</i>	Eacu	0,668	-0,089	S e C
Cyanophyceae	<i>Snowella</i> sp. 2	Ssp2	0,658	-0,382	C
Chrysophyceae	<i>Stokesiella</i> sp.	Stsp	0,567	0,579	C
Espécies associadas à estratificação (eixo 2)					
Cyanophyceae	<i>Aphanocapsa elachista</i>	Aela	-0,442	0,562	S e C
Chlorophyceae	<i>Chlorella vulgaris</i>	Cvul	-0,131	0,587	C
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas erosa</i>	Cero	-0,286	0,767	S e C
Chrysophyceae	<i>Spiniferomonas</i> sp.	Ssp	0,514	0,593	C
Chlorophyceae	<i>Hormotilopsis</i> sp.	Hsp	0,690	-0,546	C
Espécies não associadas às condições ambientais					
Cyanophyceae	<i>Lyngbya limnetica</i>	Llim	-0,282	0,232	S e C
Dinophyceae	<i>Peridinium</i> cf. <i>gatunense</i>	Pgat	-0,109	0,333	S e C

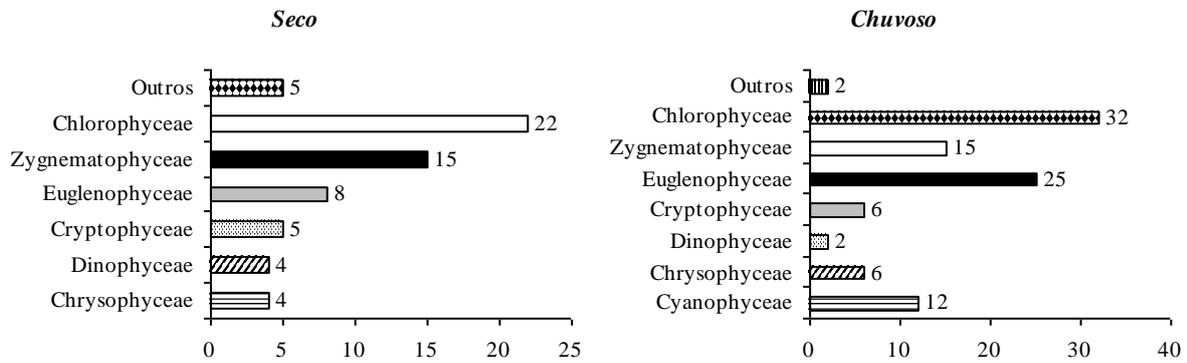


Figura 2. Número de espécies, por classe, das algas fitoplanctônicas identificadas para o Lago das Ninféias ao longo de 24 horas nos períodos seco e chuvoso.

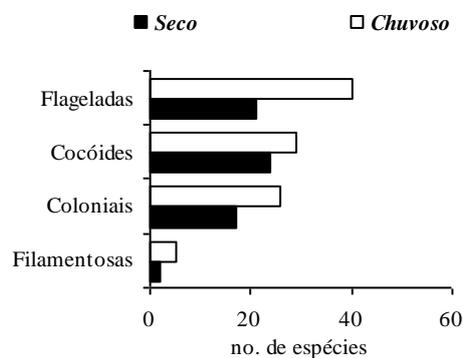


Figura 3. Número de espécies e porcentagem de contribuição do fitoplâncton, quanto ao hábito, registrados ao longo de 24 horas nos períodos seco e chuvoso no Lago das Ninféias.

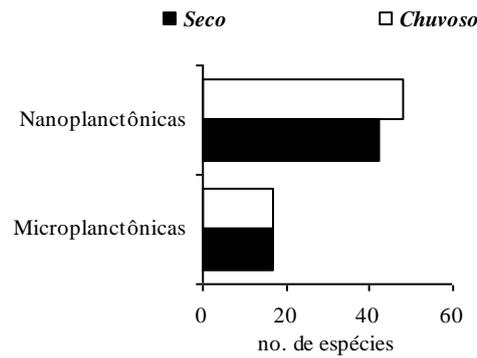


Figura 4. Número de espécies e porcentagem de contribuição do fitoplâncton, quanto ao tamanho, registrados ao longo de 24 horas nos períodos seco e chuvoso no Lago das Ninféias.

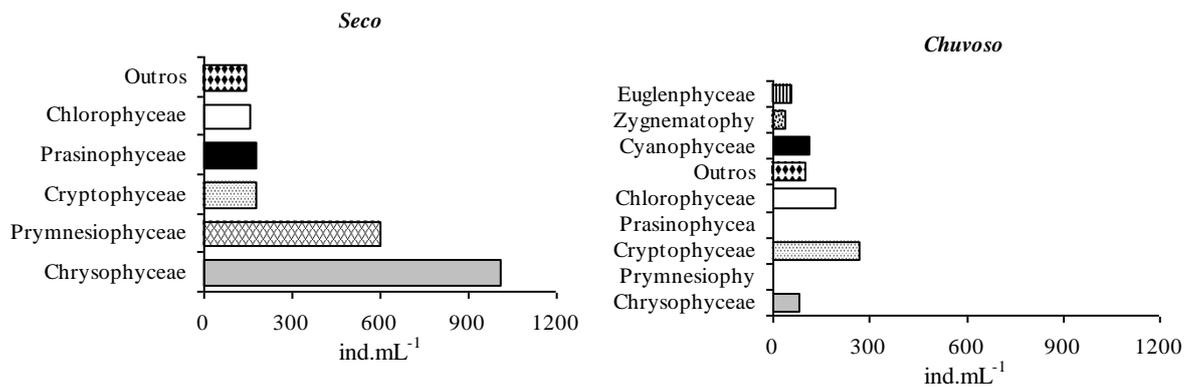


Figura 5. Densidade total das classes taxonômicas, registrada ao longo de 24 horas nos períodos seco e chuvoso no Lago das Ninféias.

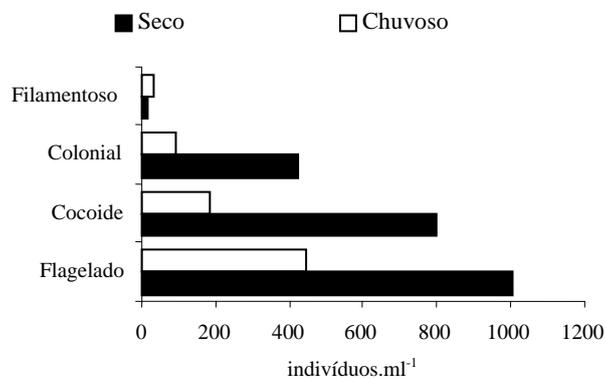


Figura 6. Densidade total das formas de vida (hábito) registradas ao longo de 24 horas nos períodos seco e chuvoso no lago das Ninféias.

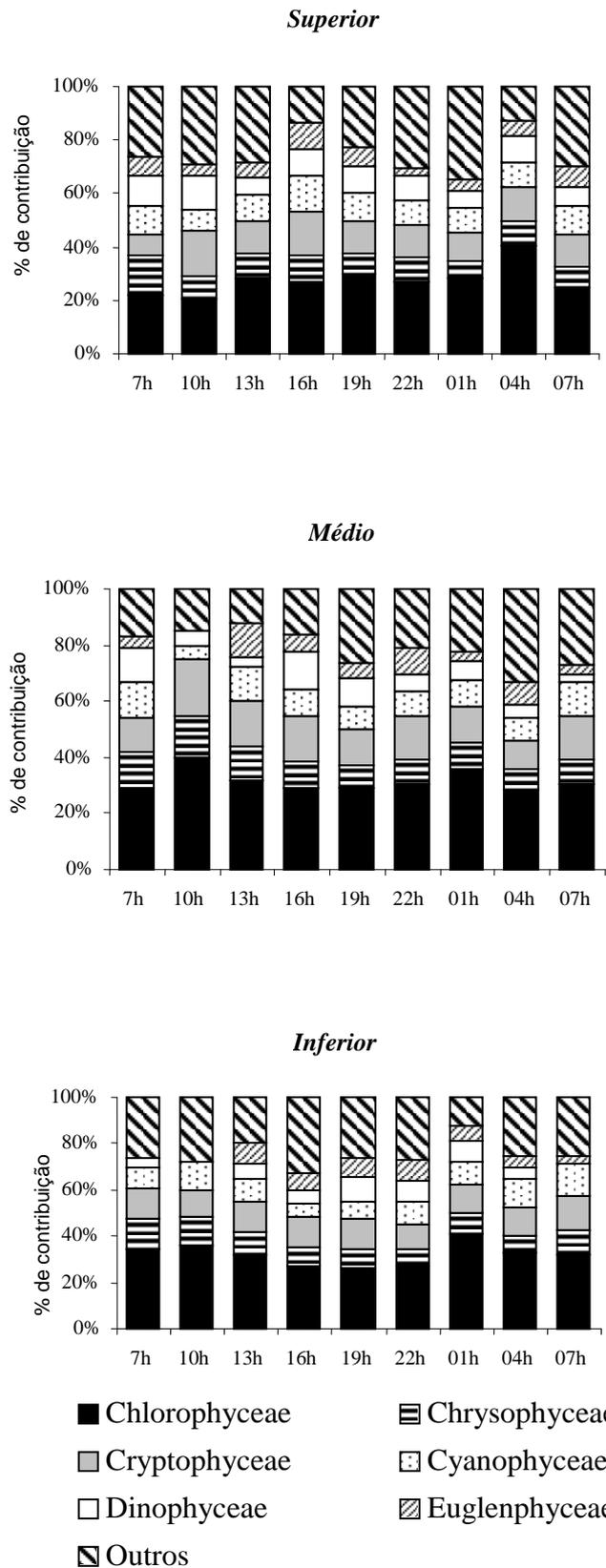


Figura 7. Porcentagem de contribuição das classes para o número de espécies ao longo de um ciclo de 24 horas no período seco para o Lago das Ninféias.

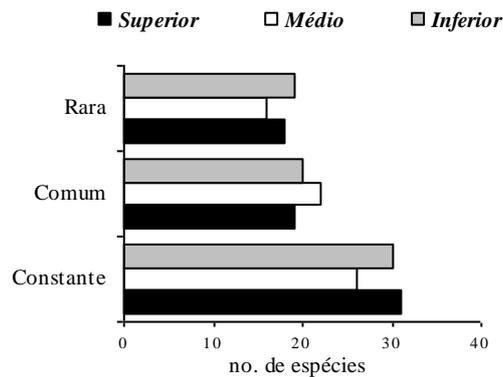


Figura 8. Número de espécies, em relação à frequência, nos estratos superior, médio e inferior, no período seco, ao longo de 24 horas; Lago das Ninféias.

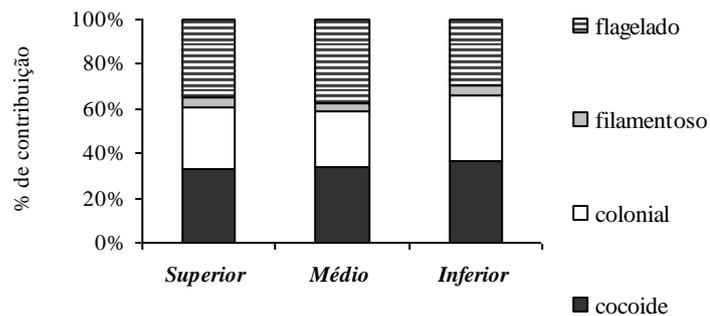


Figura 9. Porcentagem de contribuição para o número de espécies, em relação ao hábito, no período seco ao longo de 24 horas nos estrato superior, médio e inferior para o Lago das Ninféias.

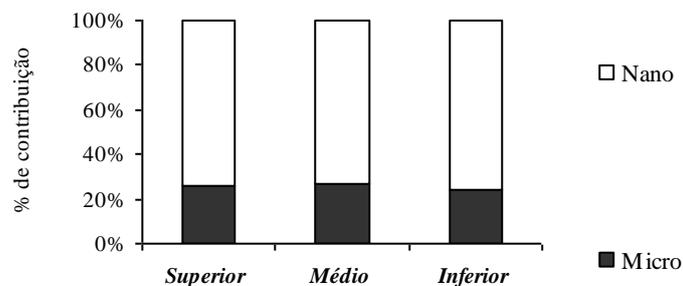


Figura 10. Porcentagem de contribuição para o número de espécies, em relação ao tamanho, no período seco do Lago das Ninféias ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior.

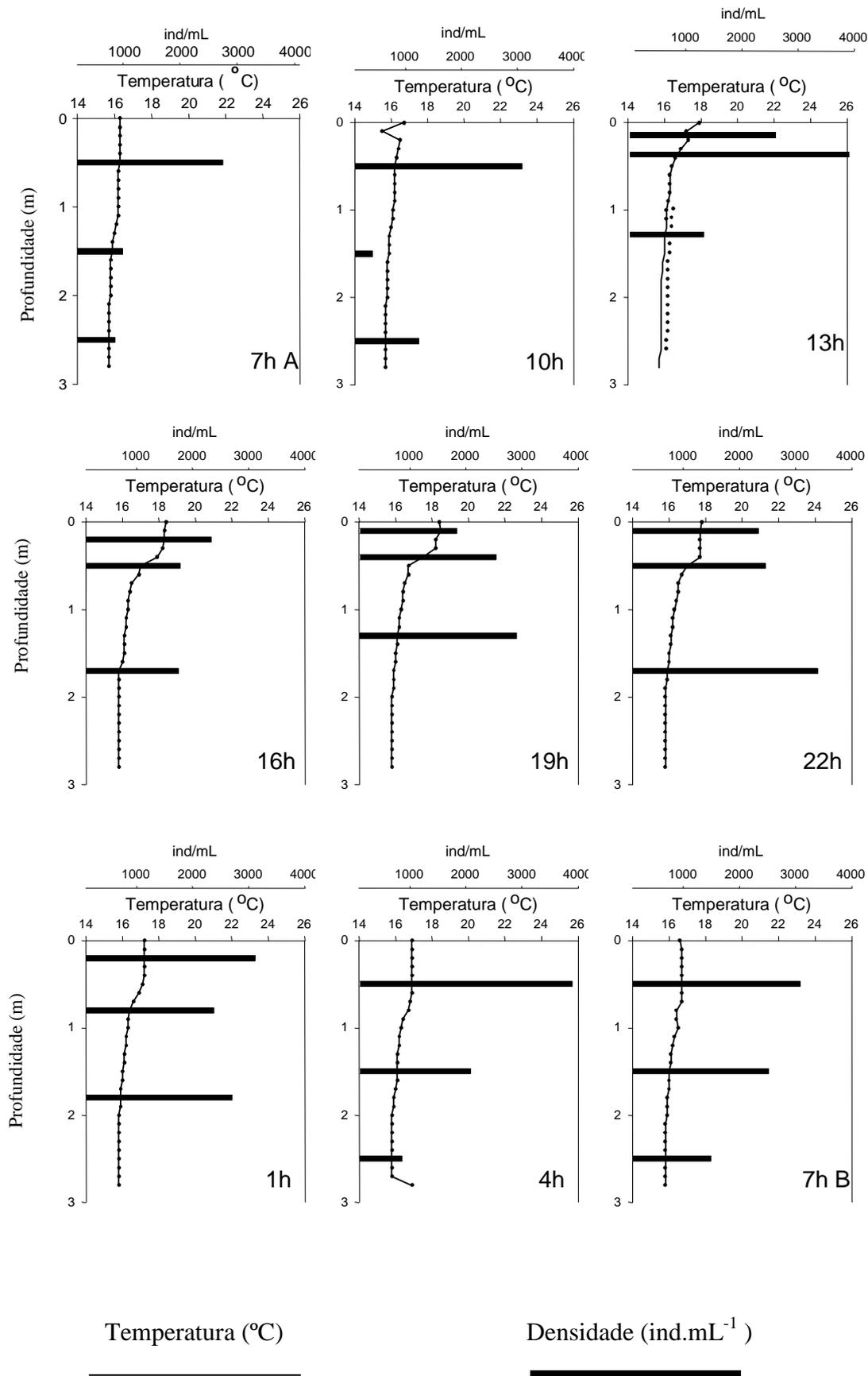


Figura 11. Densidade total de espécies e temperatura da água nos três estratos ao longo de 24 horas no período seco no Lago das Ninféias.

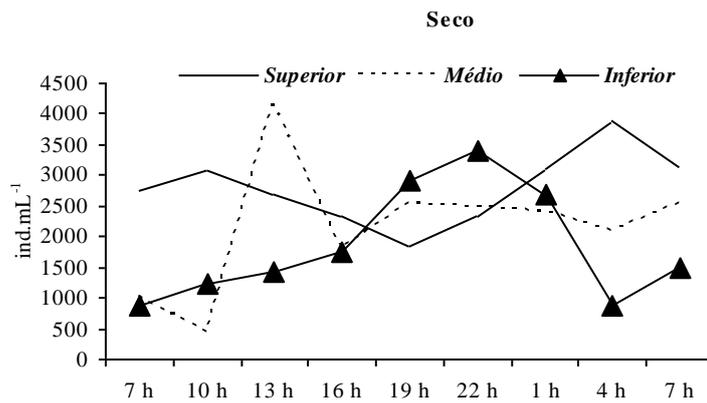


Figura 12. Variação da densidade total de espécies fitoplancônicas ao longo das 24 horas nos estratos superior, médio e inferior no período seco, no Lago das Ninféias.

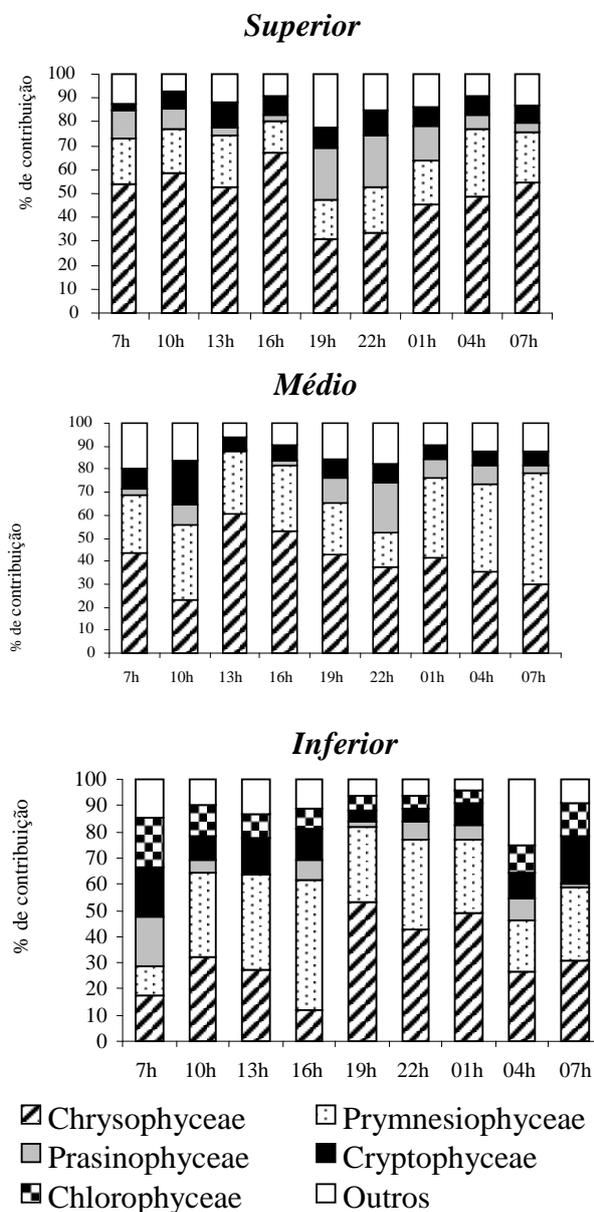


Figura 13. Porcentagem de contribuição das classes para a densidade total nos estratos superior, médio e inferior, no período seco, ao longo de 24 horas no Lago das Ninféias.

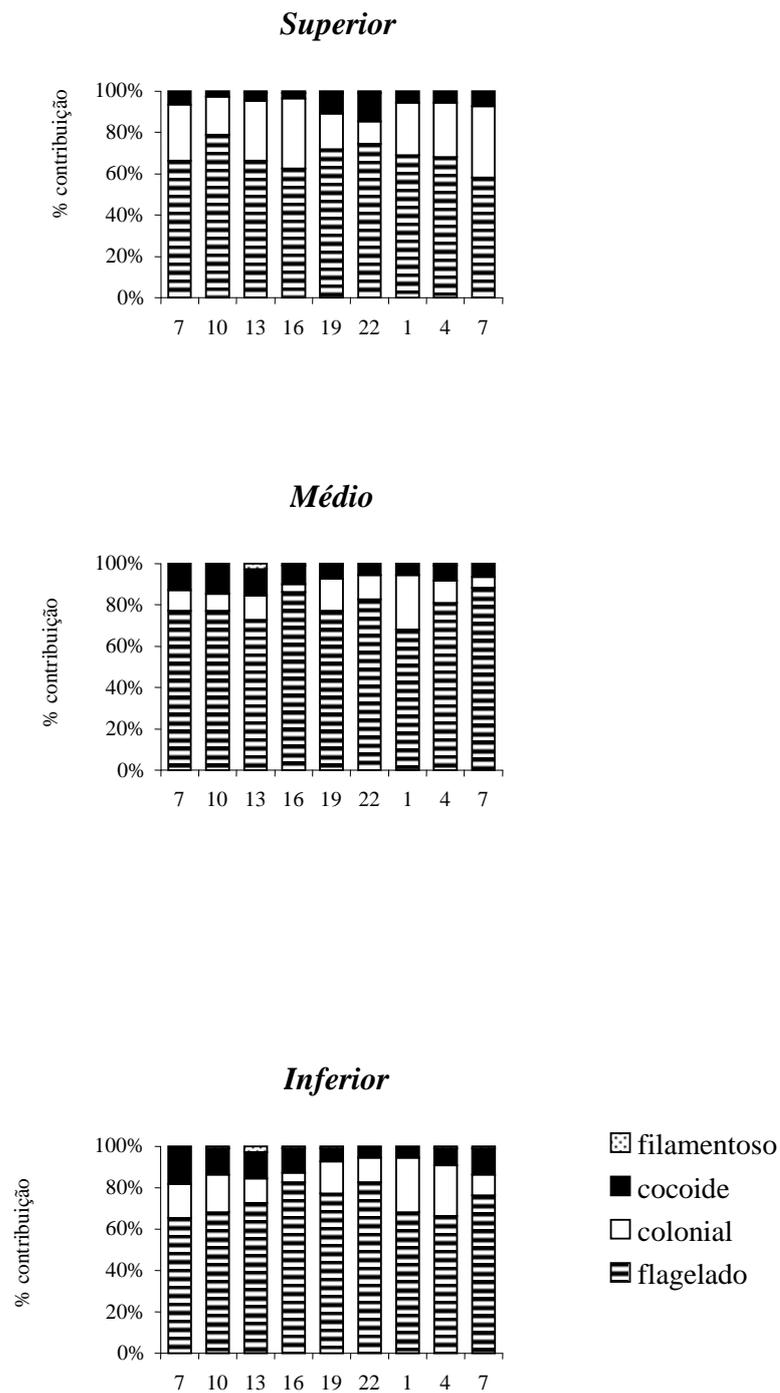


Figura 14. Porcentagem de contribuição, em relação ao hábito, para a densidade total, nos estratos superior, médio e inferior, ao longo de 24 horas, no período seco, Lago das Ninféias.

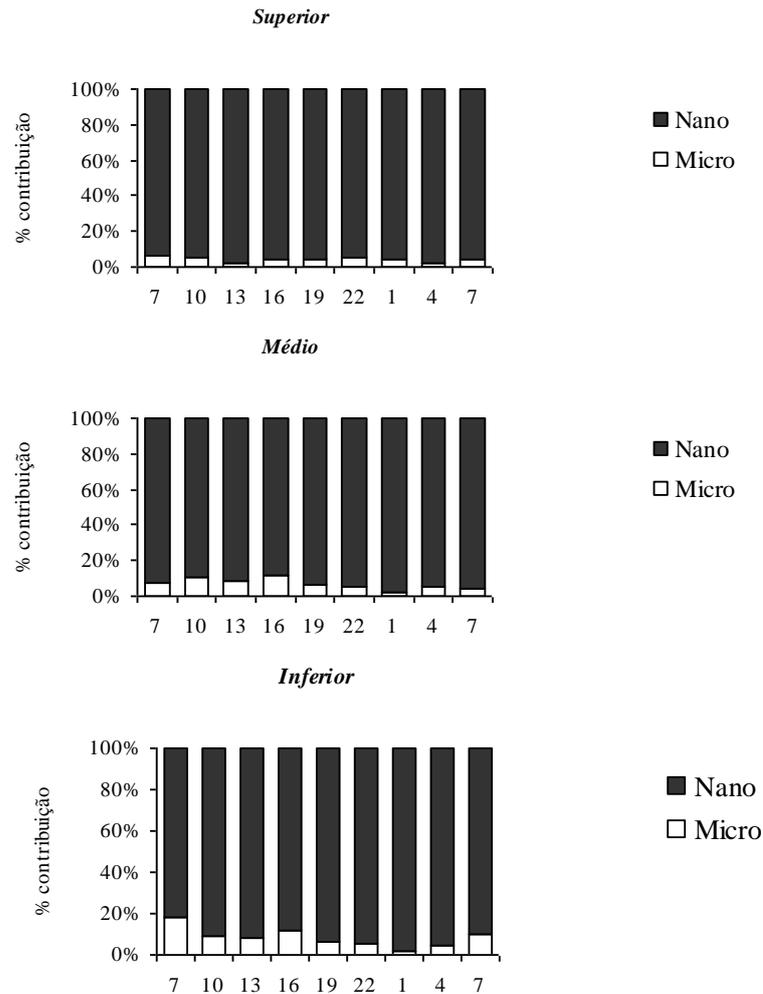


Figura 15. Porcentagem de contribuição, em relação ao tamanho, para a densidade total nos estratos superior, médio e inferior, ao longo de 24 horas, no período seco, Lago das Ninféias.

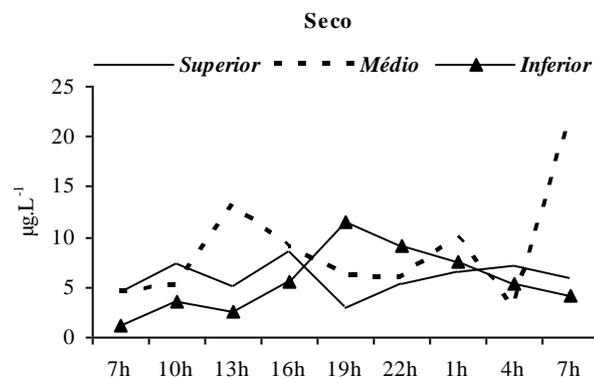


Figura 16. Variação da concentração de clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$) ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior no período seco para o Lago das Ninféias.

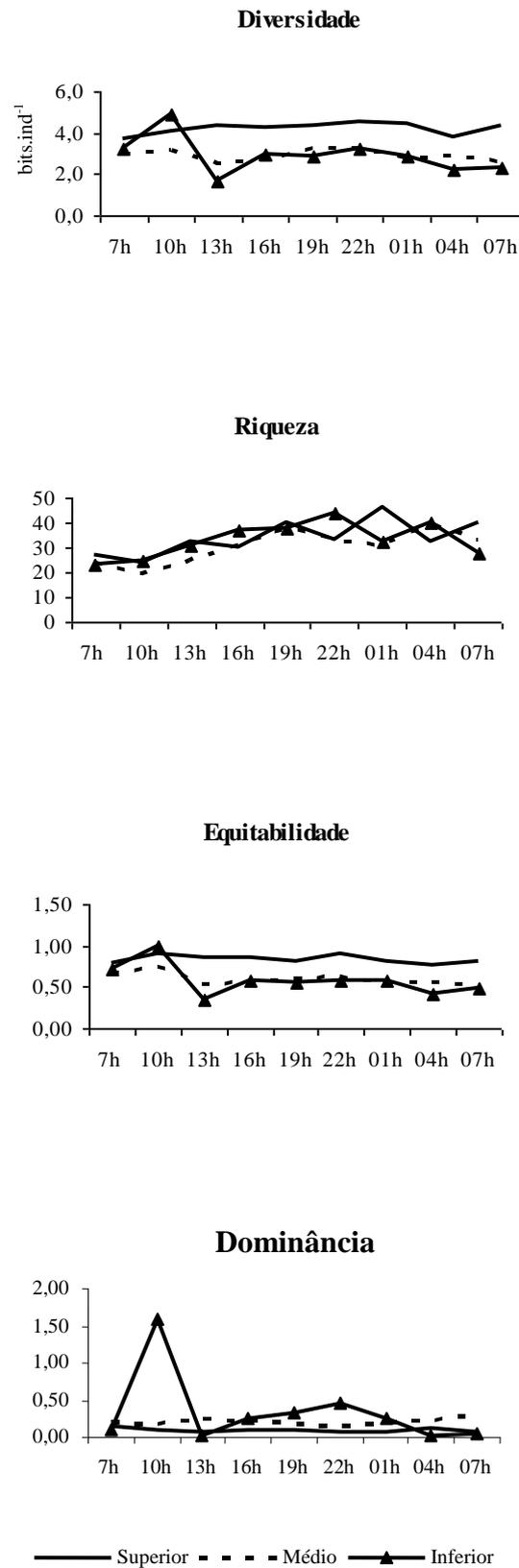


Figura 17. Valores calculados para os índices biológicos ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior, no período seco.

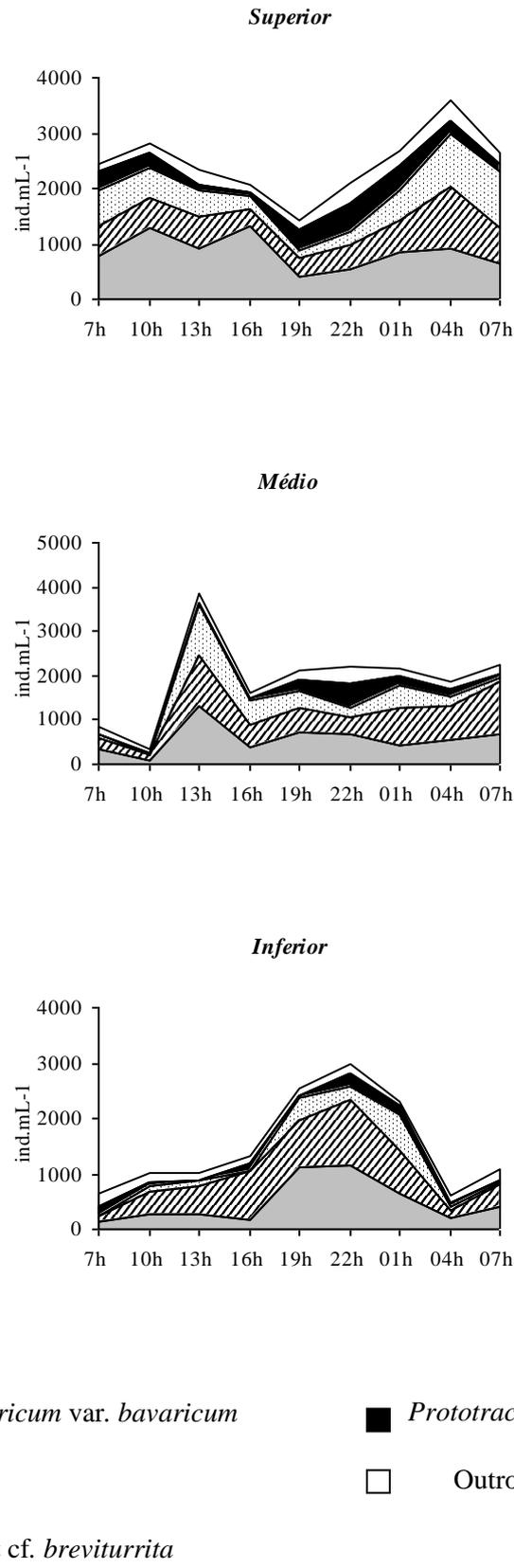


Figura 18. Variação da densidade das espécies descritoras que contribuíram com 60% da densidade total ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior, no período seco.

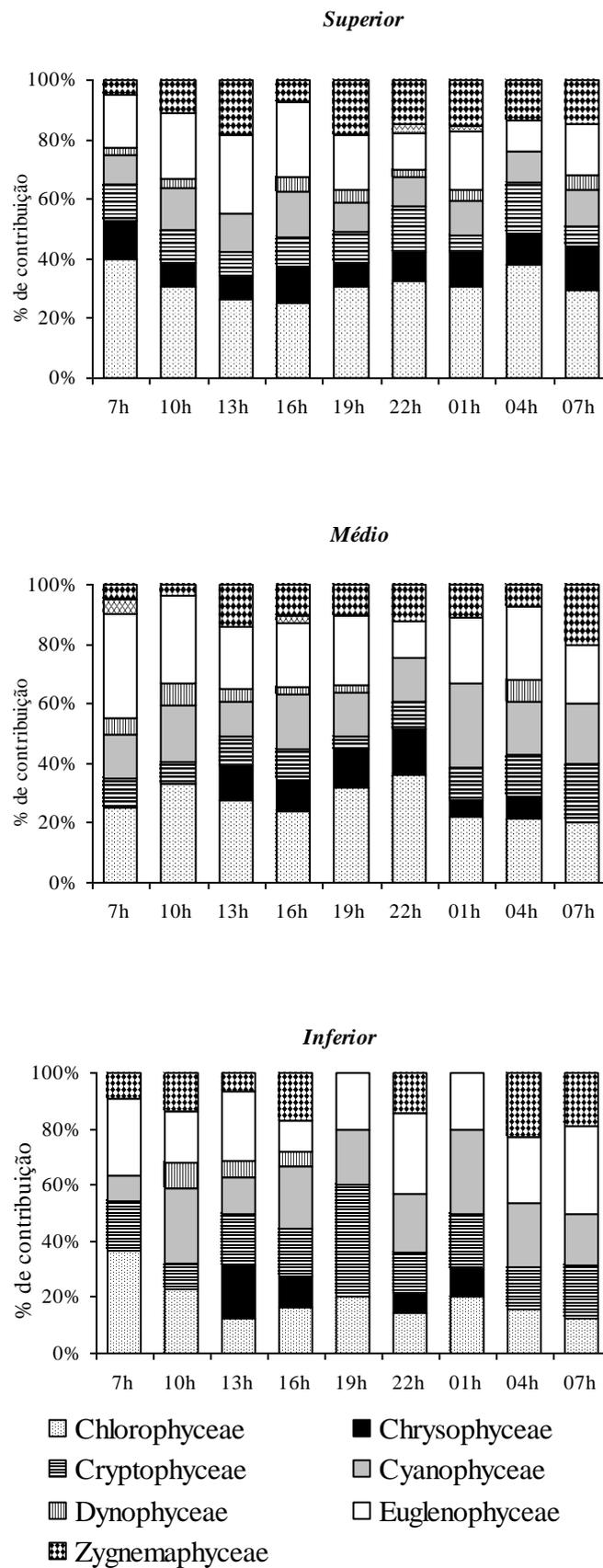


Figura 19. Porcentagem de contribuição das classes para a riqueza nos estratos superior, médio e inferior, registrada ao longo de 24 horas no período chuvoso para o Lago das Ninféias.

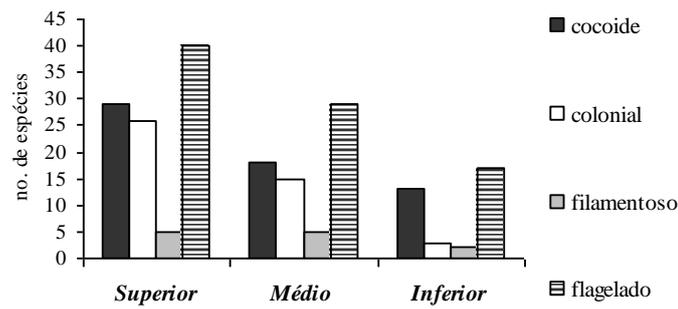


Figura 20. Número de espécies, em relação ao hábito, registrado ao longo de 24 horas no período chuvoso.

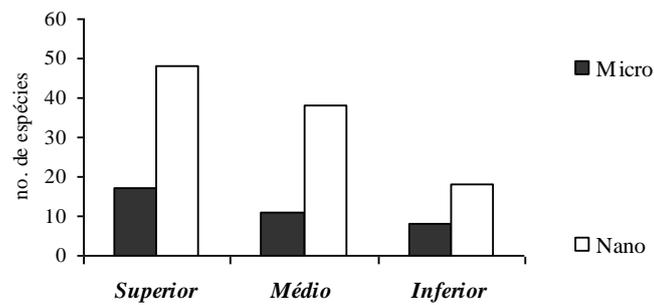


Figura 21. Número de espécies, em relação tamanho, registrado ao longo de 24 horas no período chuvoso.

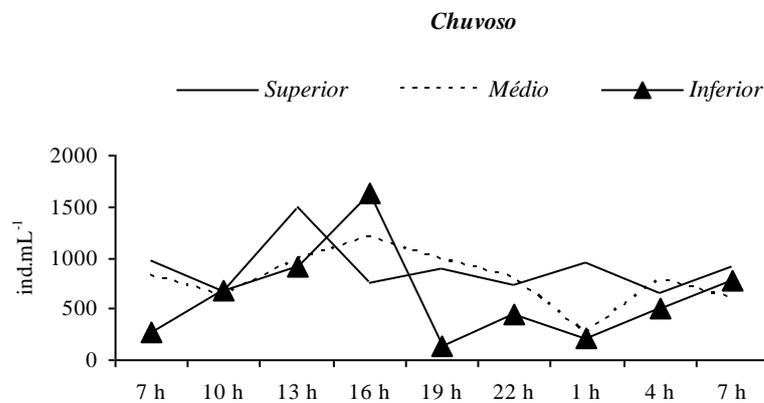


Figura 22. Variação da densidade total nos estratos superior, médio e inferior ao longo de 24 horas no período chuvoso.

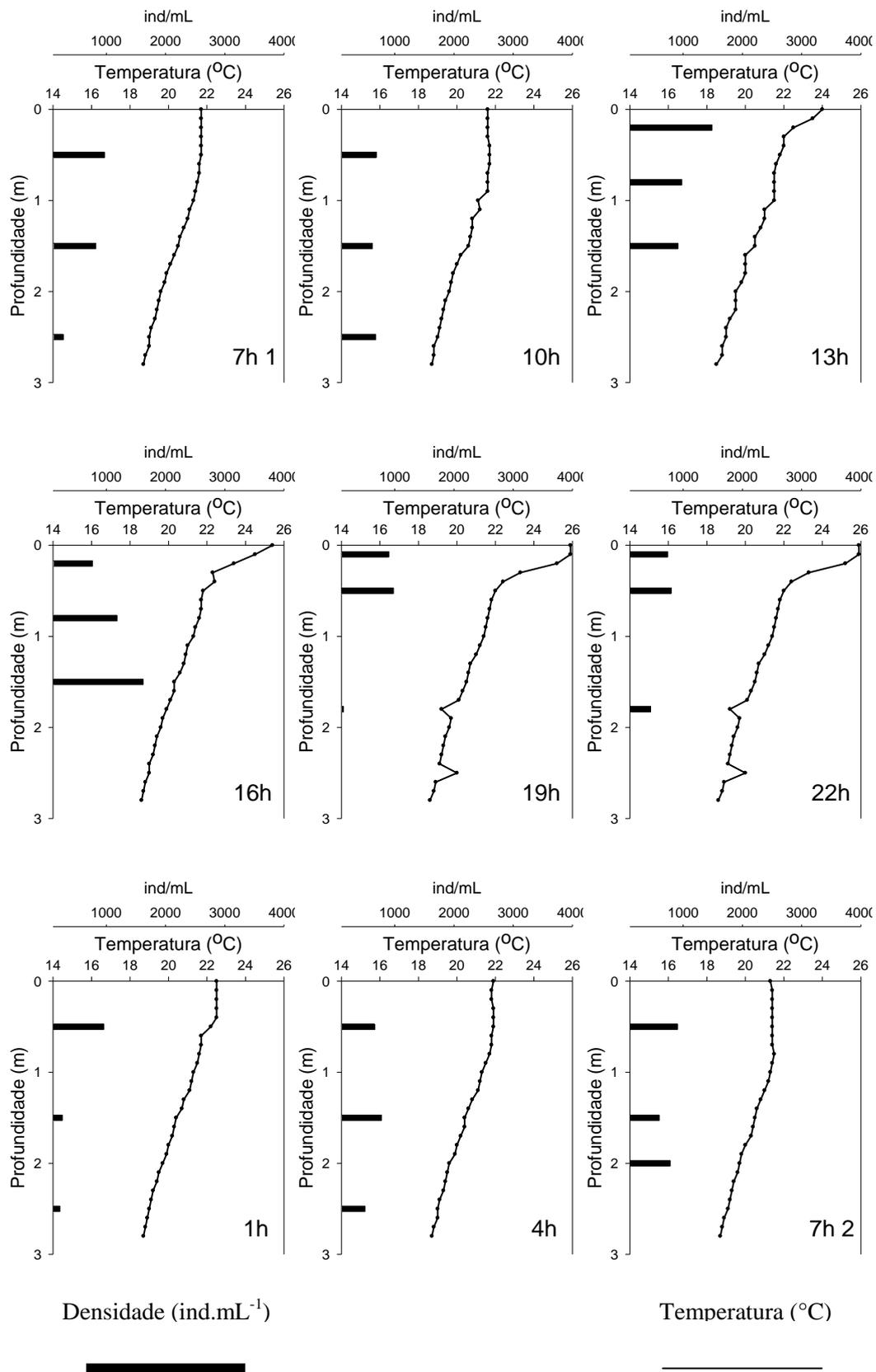


Figura 23. Densidade total de indivíduos e temperatura da água nos estratos superior, médio e inferior ao longo de 24 horas no período chuvoso, Lago das Ninféias.

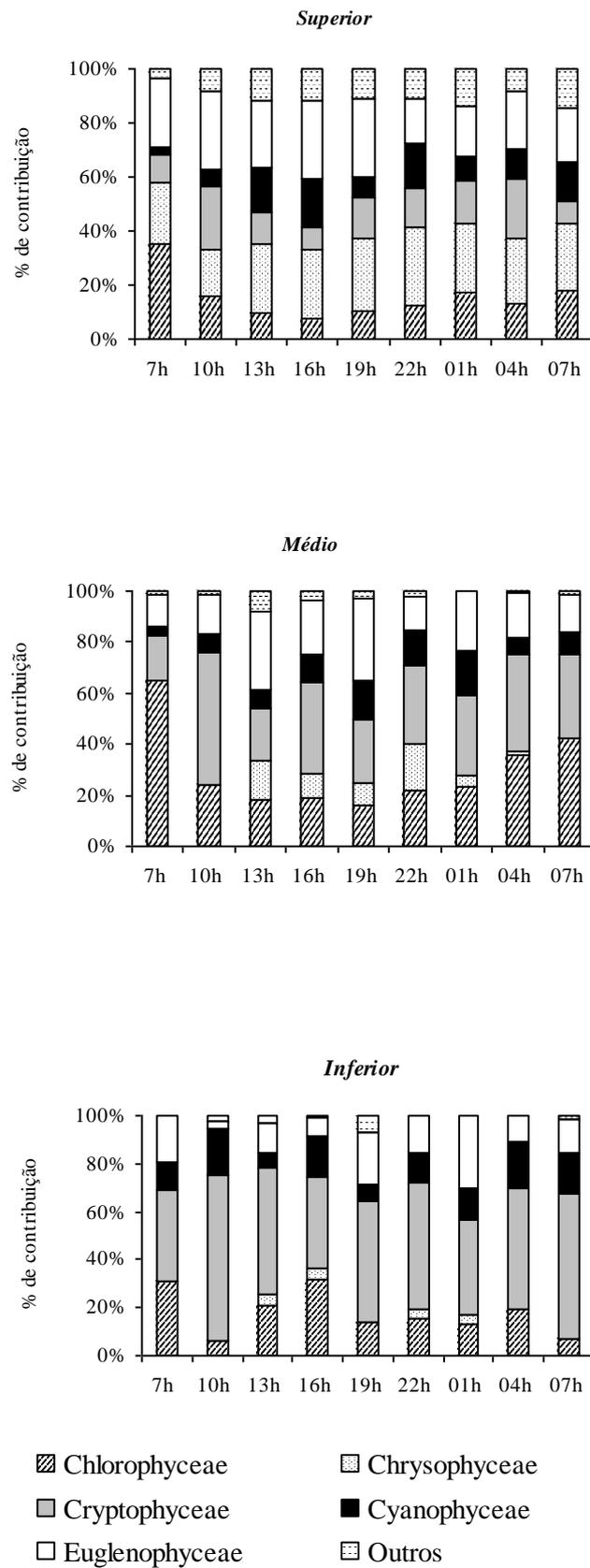


Figura 24. Variação da porcentagem de contribuição das classes para a densidade total ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior, no período chuvoso.

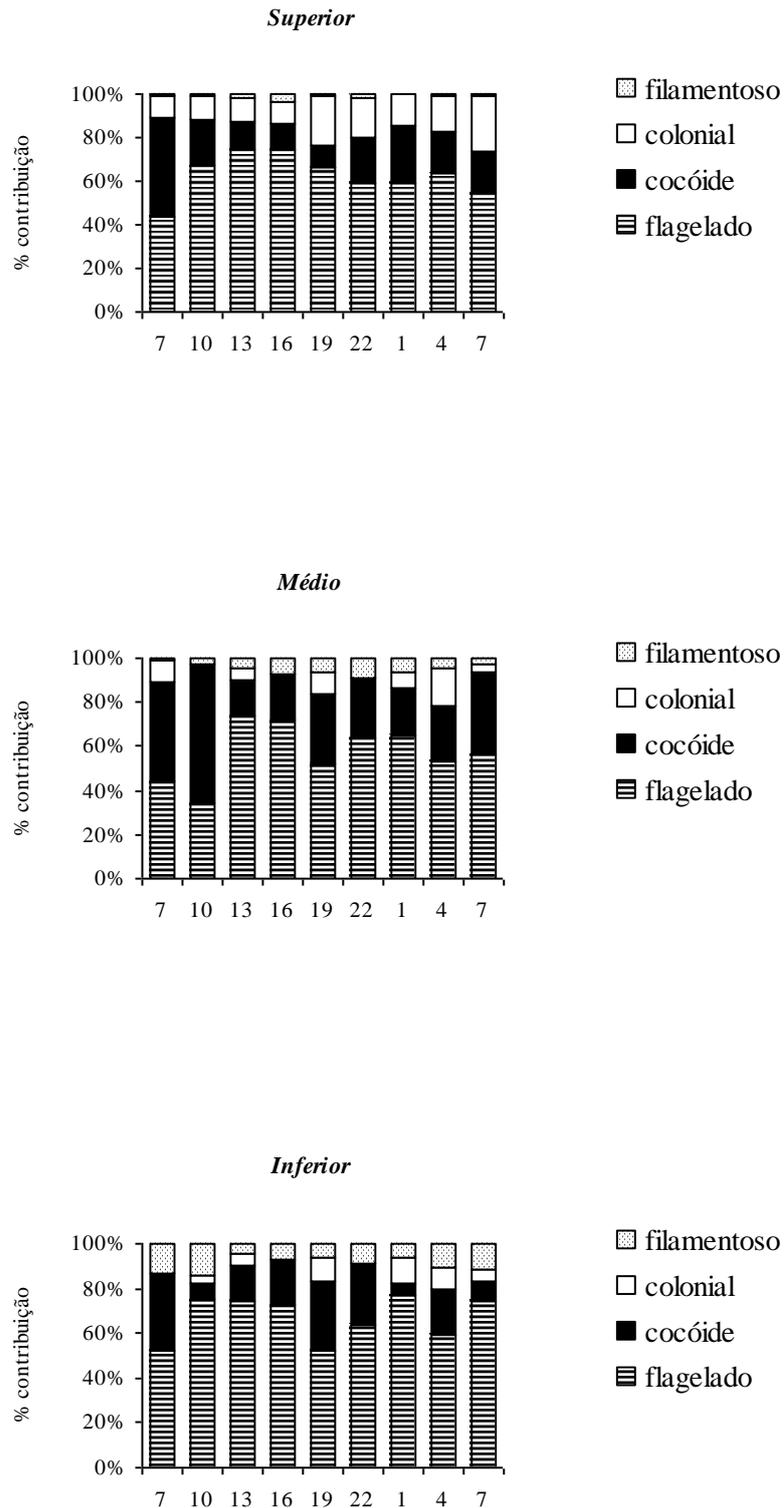


Figura 25. Variação da porcentagem de contribuição das espécies em relação ao hábito para a densidade total ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior, no período chuvoso.

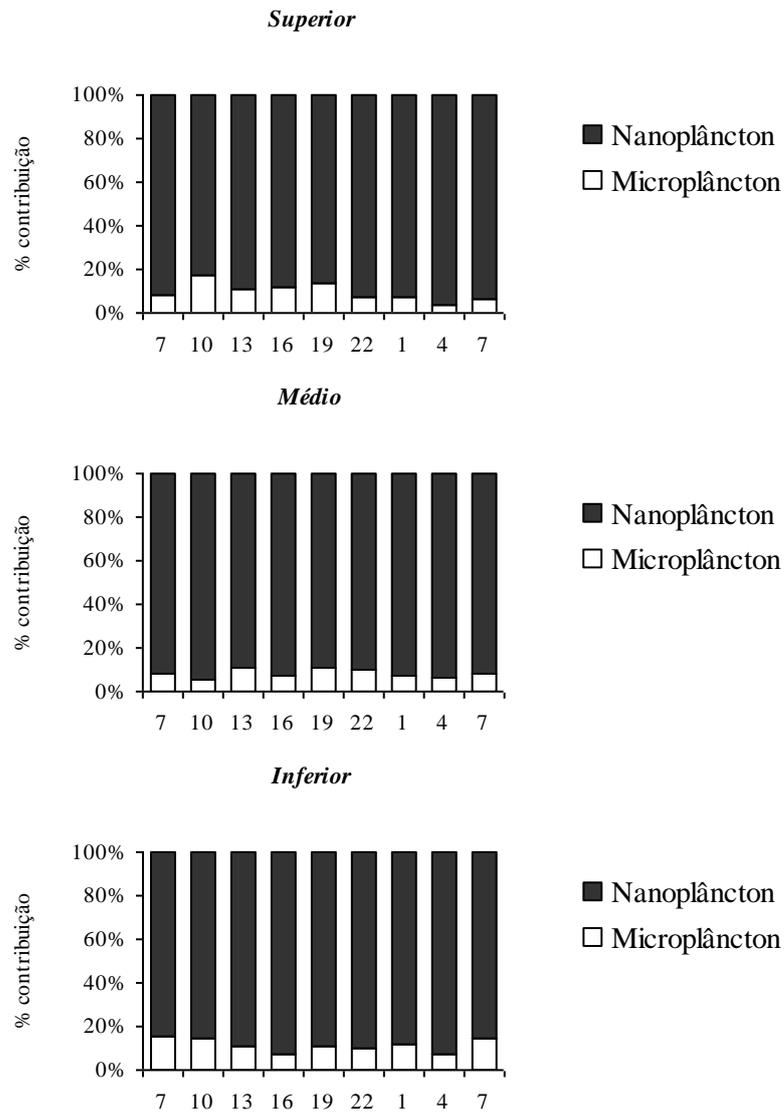


Figura 26. Variação da porcentagem de contribuição das espécies em função do tamanho para a densidade total ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior, no período chuvoso.

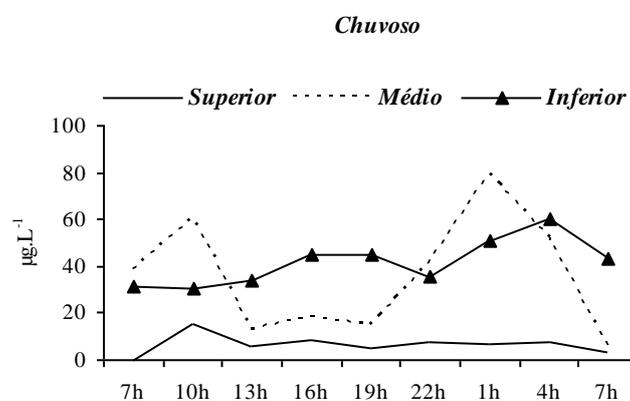


Figura 27. Variação da concentração de clorofila *a* ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior, no período chuvoso.

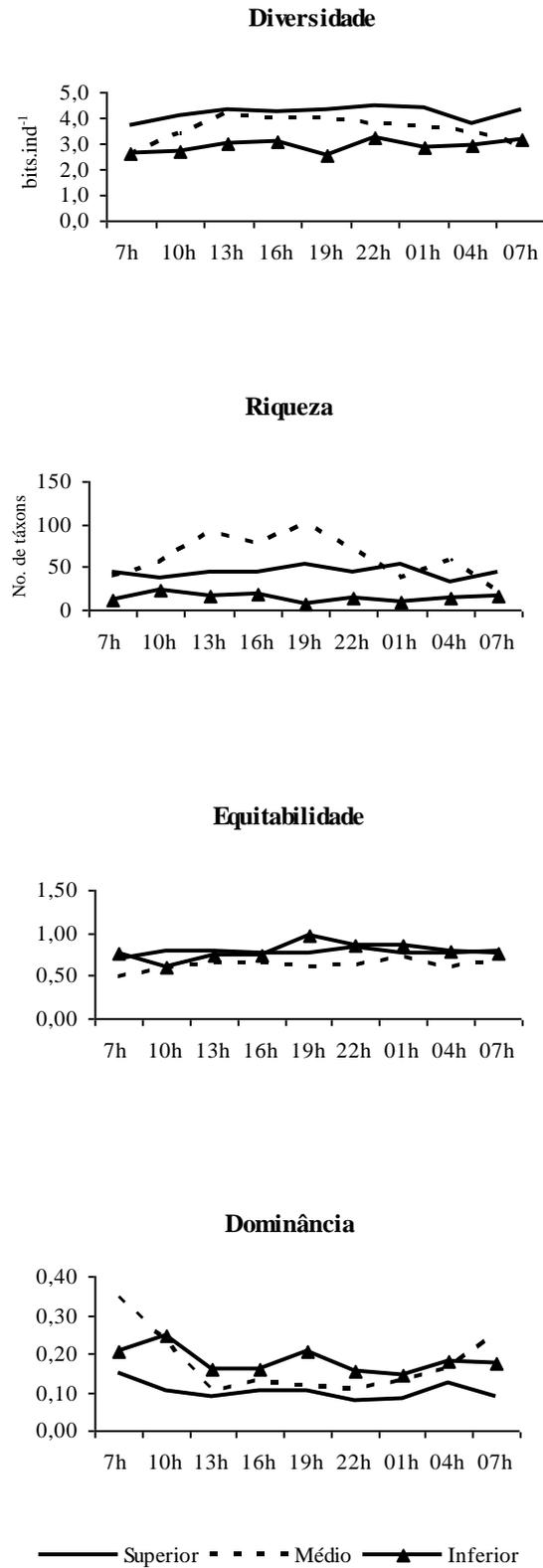


Figura 28. Variação dos Índices Biológicos ao longo de 24 horas nos estratos superior, médio e inferior, no período chuvoso.

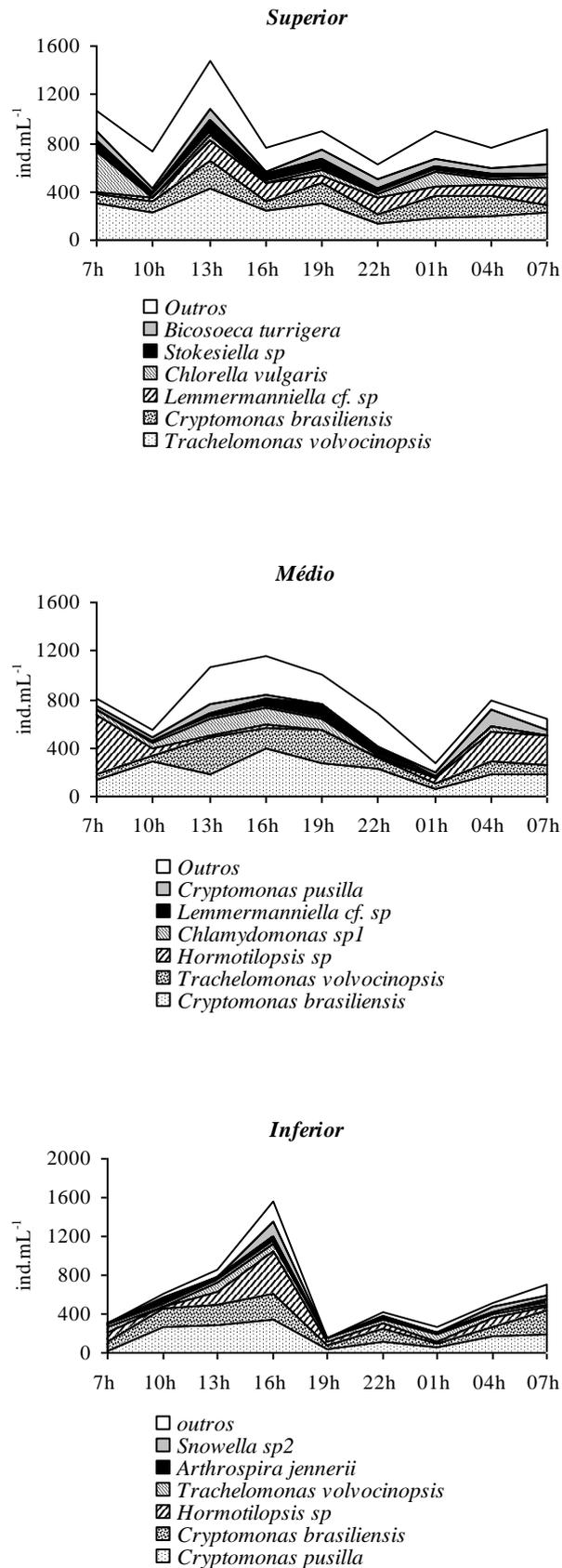


Figura 29. Variação da densidade total das espécies consideradas descritoras biológicas nos três estratos amostrados, ao longo de 24 horas no período chuvoso.

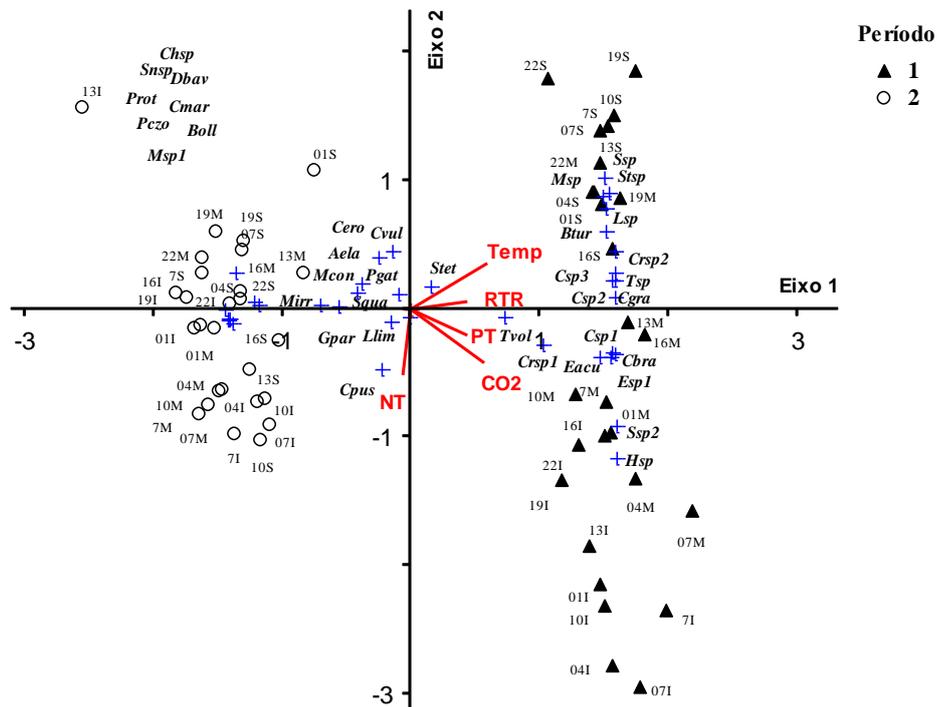


Fig. 30. Ordenação pela ACC das unidades amostrais nos períodos seco (o) e chuvoso (▲) a partir de 5 variáveis ambientais e 24 espécies. **Legenda das variáveis ambientais:** Temp (temperatura), RTR (resistência térmica relativa), CO₂ (gás carbônico livre), PT (fósforo total), NT (nitrogênio total). **Legenda das espécies:** *Chromulina* sp. 2 (Csp2), *Chromulina* sp. 1 (Csp1), *Cryptomonas* sp. 2 (Crsp2), *Trachelomonas* sp. 1 (Tsp), *Peridinium gatunense* (Pgat), *Arthrospira jennnerii* (Ajen), *Hormotilopsis* sp. (Hsp), *Trachelomonas volvocinopsis* (Tvol), *Lemmermanniella* sp. (Lsp), *Euglena acus* var *acus* (Eacu), *Staurastrum tetracerum* (Stet), *Stokesiella* sp. (Stsp), *Monoraphidium contortum* (Mcon), *Cryptomonas brasiliensis* (Cbra), *Mallomonas* sp. (Msp), *Snowella* sp. 2 (Ssp2), *Bicosoeca turrigera* (Btur), *Chlorella vulgaris* (Cvul), *Spiniferomonas* sp. (Ssp), *Cryptomonas erosa* (Cero), *Staurastrum quadrangulare* (Squa), *Euglena* sp. 1 (Esp1), *Cosmocladium* cf. *pusillum* (Cpus), *Lyngbya limnetica* (Llim).

DISCUSSÃO FINAL

Tanto no período de chuvas quanto no de seca, a temperatura do ar mostrou aumentos graduais no início do dia, picos de temperatura elevada à tarde e diminuição a partir de então. Em ambos os períodos, os valores obtidos para a velocidade do vento foram $< 3 \text{ m.s}^{-1}$ o que, segundo REYNOLDS (1984), é insuficiente para ultrapassar as barreiras de diferença de densidade ($> 0,02 \text{ kg.m}^{-1}$) que caracterizam o limite da zona de mistura.

A diferença de temperatura entre a superfície e o fundo do reservatório foram maiores no período de chuvas, evidenciando maior estabilidade térmica nesta época. Apesar da pequena diferença entre os estratos na estação seca, observou-se estratificação térmica neste período, com delimitação dos três estratos, epi, meta e hipolímnio. Os valores da RTR indicaram a presença de termoclina nas duas estações climáticas. Nos dois períodos, no meio da noite, com o resfriamento da camada superficial, a coluna d'água tornou-se novamente menos estável. Formação de estratificações temporárias na camada superficial nos horários mais quentes do dia foi também observada por RAMÍREZ (1996), LOPES (1999), HUSZAR *et al.* (1994) e BARBOSA (2003). BARBOSA & PADISÁK (2002) verificaram estratificações temporárias na camada superficial da Lagoa Carioca e denominaram o processo atelomixia parcial, por ser restrita à camada do epilímnio.

Nos dois períodos foram os tores de PO_4 , NO_2 e NO_3 estiveram abaixo do nível de detecção do método analítico empregado e baixos valores de concentração de PDT. No período seco, a concentração de NH_4 também esteve abaixo do limite de detecção do método. As concentrações de PT e NT foram maiores na estação de chuvas.

As maiores concentrações de OD foram observadas na estação seca. Segundo REYNOLDS (1984) e WETZEL (2001), a extensão do período de estratificação térmica aliada às altas concentrações de matéria orgânica são os fatores mais importantes para determinar redução de O_2 . No período chuvoso, foi verificada anoxia no fundo indicando um elevado consumo deste gás nesta profundidade em função da respiração, decomposição e baixa taxa fotossintética. No fundo, também foram registrados os maiores teores de NH_4 .

Em relação à distribuição vertical da alcalinidade, CO_2 , HCO_3 e nutrientes, observou-se diferença entre os estratos somente no período chuvoso, com os valores mais elevados detectados no fundo do sistema coincidindo com os menores valores de OD e pH,

ou seja, no período seco observou-se distribuição vertical química homogênea indicando, com isso, a existência de circulação e distribuição dos nutrientes ao longo da coluna d'água e no período chuvoso distribuição química vertical heterogênea. A estratificação térmica, além de impedir a distribuição dos nutrientes na coluna d'água, facilita a formação de um fundo anóxico devido ao aumento da decomposição que, por sua vez, eleva a concentração de NT nesta profundidade (WETZEL, 2001).

Durante o período seco, as classes que mais contribuíram com a densidade total nos três estratos foram Chrysophyceae e Prymnesiophyceae. As crisofíceas são organismos nutricionalmente oportunistas, geralmente dominantes em lagos oligotróficos, com baixa alcalinidade e pH variável entre ácido e neutro (SANDGREN, 1988). A elevada densidade dessas classes no período seco esteve, provavelmente, associada aos valores de temperatura da água. Segundo REYNOLDS (1984), alguns representantes de Chrysophyceae e Prymnesiophyceae apresentam ótimo crescimento em baixas temperaturas. A elevada contribuição das Prymnesiophyceae deu-se, unicamente, por conta da espécie *Chrysochromulina* cf. *breviturrata*. No período chuvoso, houve nítida heterogeneidade na densidade de classes ao longo da coluna d'água. No estrato superior, Chrysophyceae e Euglenophyceae apresentaram as maiores contribuições, no intermediário Chlorophyceae e no inferior Cryptophyceae. As Cryptophyceae ocorreram nos dois períodos climáticos do ano, mas no chuvoso a densidade foi duas vezes maior do que no seco. No período chuvoso, as maiores densidades ocorreram nos estratos intermediário e inferior, sendo que neste último foram obtidas as maiores concentrações de nutrientes, principalmente NH_4 e baixos valores de OD. Segundo KLAVENESS (1988), o acúmulo de criptofíceas no fundo de lagos é bem documentado, desenvolvendo-se na interface sedimento água e no fundo anóxico com maior disponibilidade de nutrientes de lagos temperados.

Nos dois períodos ora estudados, os organismos mais abundantes foram os flagelados de pequeno tamanho (nanoplâncton), o que pode ser consequência de diversos fatores como a acidez da água, a presença de macrófitas e as baixas concentrações de nutrientes.

Com relação à densidade total de algas, não foi verificado qualquer padrão de distribuição vertical ao longo das 24 horas dos dois períodos estudados, isto é, dependendo do horário ocorreram maiores densidades num determinado estrato, o que pode ser explicado pela elevada densidade de organismos fitoplanctônicos flagelados que podem regular sua posição na coluna d'água. Segundo GANF & HORNE (1975), a variação nictemeral da posição das algas na coluna d'água é resultante da interação complexa de muitos fatores como, por exemplo, taxa de afundamento, turbulência da água, movimento

por conta de estruturas especializadas, diferenças na densidade da água, concentração de nutrientes, foto-inibição na superfície e herbivoria.

Através da ACC, oito espécies (*Chlamydomonas* sp. 1, *Chrysochromulina* sp., *Mallomonas* sp. 1, *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum*, *Prototractomonas rotundata*, *Snowella* sp, *Monoraphidium irregulare* e *Monoraphidium contortum*) apresentaram maior afinidade com as unidades amostrais do período seco, sendo todas elas associadas aos baixos valores de temperatura e CO₂ livre. Dentre essas espécies, destacam-se *Chrysochromulina* cf. *breviturrita*, *Mallomonas* sp. e *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum* que, juntas, representaram 60% da densidade total em todos os estratos. Além disso, *Chrysochromulina* cf. *breviturrita* foi registrada somente no período seco, associada a florações em lagos norte americanos e canadenses (O'GRADY *et al.*, 1987; O'GRADY *et al.*, 1985; WEHR & BROW, 1985). Estes pesquisadores verificaram que a dominância dessa espécie ocorre em lagos fortemente influenciados pela chuva ácida. De modo geral, as crisofíceas são abundantes em lagos ácidos com pouco nutriente, condições estas verificadas no presente estudo (WEHR & SHEATH, 2003). *Dinobryon* sp. prefere águas mais frias, porém, tolera uma grande amplitude de temperatura (WEHR & SHEATH, 2003). Através da ACC, observou-se que não ocorreu heterogeneidade na distribuição vertical do fitoplâncton no período seco nem variações temporais significativas das algas consideradas descritoras biológicas. Sendo assim, a estratificação térmica registrada neste período não foi suficiente para formar um gradiente de distribuição fitoplanctônica. Este fato também foi verificado por LOPES (1999) e RAMÍREZ (1996), respectivamente, no Lago do IAG e no Lago das Garças, ambos reservatórios situados no PEFL.

A ACC evidenciou que oito espécies (*Cryptomonas brasiliensis*, *Chromulina* sp. 1, *Closterium gracile*, *Hormotilopsis* sp., *Euglena* sp. 1, *Euglena acus* var. *acus Stokesiella* sp. e *Snowella* sp. 2) apresentaram grande afinidade com as unidades amostrais do período chuvoso, sendo associadas aos altos valores de temperatura e CO₂ livre. As euglenofíceas são, freqüentemente, encontradas em águas ricas de matéria orgânica e preferem meios com altos teores de nitrogênio amoniacal (WETZEL, 2001). Segundo REYNOLDS (1984), as *Cryptomonas* conseguem manter-se em grande variedade de condições ambientais, sobrevivendo tanto em períodos de mistura quanto de estratificação. Esse fato explica a presença dessas algas nos dois períodos climáticos ora analisados, apesar de sua densidade ser maior no chuvoso. Neste último período, a distribuição vertical de cinco espécies sugeriu alguma relação com estratificação térmica. São elas: *Aphanocapsa elachista*, *Chlorella vulgaris*, *Cryptomonas erosa* e *Spiniferomonas* sp., que se associaram aos baixos teores de NT e CO₂ que ocorreram na superfície do sistema; e *Hormotilopsis* sp. que se

associou às unidades amostrais do fundo e aos baixos teores de NT e CO₂. *Chlorella* geralmente ocorre em ambientes com maiores concentrações de nutrientes, com sedimento composto por matéria orgânica (ROUND, 1983). A presença de *Cryptomonas erosa* no estrato superior pode ser explicada pela elevada valência ecológica que essa alga tem, com estratégias de sobrevivência que lhe conferem tolerância a diversas situações ambientais (REYNOLDS, 1984). Estudos realizados em regiões temperadas mostraram que muitas espécies de *Spiniferomonas* não apresentam sazonalidade específica se comparada com outras crisofíceas e suportam elevada amplitude de temperatura e pH, além de baixas concentrações de P.

Em suma, foi verificada nos dois períodos a existência de uma termóclina principal, que persistiu durante as 24 horas, e de uma termóclina secundária, que ocorreu no 0,5 m superficial do reservatório, com duração temporária. Através dos dados químicos e biológicos, pôde-se observar que as estratificações térmicas ocorridas no período seco não condicionaram estratificação química nem biológica. Conseqüentemente, pôde-se inferir que, no período seco ocorreu estratificação térmica, porém, pouco estável e insuficiente para gerar gradientes verticais evidentes. No período chuvoso, a estratificação térmica que persistiu durante as 24 horas condicionou a estratificação química. Os elevados valores de NH₄⁺ e anoxia no fundo do sistema sugerem uma condição de não-circulação da água. Dessa maneira, observou-se que essa estratificação térmica foi mais estável do que a verificada no período seco e condicionou a distribuição vertical da concentração somente das espécies *Aphanocapsa elachista*, *Chlorella vulgaris*, *Cryptomonas erosa* e *Spiniferomonas* sp. no período chuvoso. A estratificação térmica superficial com a conseqüente circulação parcial noturna não influenciou a distribuição vertical da comunidade fitoplanctônica.

BARBOSA (1981) sugeriu a possibilidade das variações diurnas exercerem um papel mais significativo do que as variações sazonais no metabolismo da lagoa Carioca e que as características abióticas são fortemente influenciadas pelo comportamento térmico. Para esse autor, em função da grande diversidade de hábitat e de nichos ecológicos, nas regiões tropicais os ciclos limnológicos variam a intervalos diversos possibilitando, assim, que as variações que ocorram durante curtos intervalos de tempo sejam mais significativas para a dinâmica do ambiente do que as que ocorram a intervalos mensais ou sazonais. No presente estudo, a variabilidade limnológica não foi tão evidente ao longo de 24 horas quando comparada entre os períodos e estratos no período chuvoso (veja Tab. 2).

Dessa maneira, como sugestões para futuros trabalhos a serem realizados no Lago das Ninféias, recomenda-se amostragem nos períodos seco e chuvoso, visto que as

diferenças entre esses períodos foram bem marcadas. Além disso, como já foram registradas variações químicas e biológicas em curtos períodos (dias) em lagos do PEFI, amostragens em poucas horas por mais de sete dias podem registrar padrões de variações químicas e biológicas temporais que dependam da estratificação térmica.

REFERÊNCIAS CITADAS

- Barbosa, F.A.R.** 1981. Variações diurnas (24 horas) de parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária do fitoplâncton na lagoa Carioca, Parque Florestal do Rio Doce, MG, Brasil. Tese de Doutorado. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. 207 p.
- Barbosa, F.A.R. & Padisák, J.** 2002. The forgotten lake stratification pattern: atelomixis and its ecological importance. *International Association of Theoretical and Applied Limnology*, 28: 1385-1395.
- Barbosa, L.G.** 2003. Variações diurnas na composição, estrutura e biomassa da comunidade fitoplanctônica da lagoa Carioca-Parque Estadual do Rio Doce, MG. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 144 p.
- Esteves, F.A., Ishii, I.H., Camargo, A.F.M.** 1988. Pesquisas limnológicas em 14 lagoas do estado do Rio de Janeiro. *In: Lacerda, L.O., Araújo, D.S.D., Cerqueira, R. & Turcq, B.* (eds.). Restingas: origem, estruturas e processos. Rio de Janeiro: FINEP. p. 441-452.
- Ganf, G.G. & Horne, A.J.** 1975. Diurnal stratification, photosynthesis and nitrogen fixation in a shallow, equatorial lake (Lake George, Uganda). *Freshwater Biology*, 5: 13-39.
- Huszar, V.L.M., Werneck, A.M. & Esteves, F.A.** 1994. Dinâmica nictemeral (48) da comunidade fitoplanctônica em relação aos principais fatores abióticos na lagoa Juparanã, Linhares, Espírito Santo, Brasil: Fevereiro de 1987. *Revista Brasileira de Biologia*, 54(1): 111-134.
- Huszar, V.L.M. & Giani, A.** 2004. Amostragem da comunidade fitoplanctônica em águas continentais: reconhecimento de padrões espaciais e temporais. *In: Bicudo, C.E.M. &*

- Bicudo, D.C.** (orgs.). Amostragem em limnologia. São Carlos: RiMa Editora. p. 133-145.
- Klaveness, D.** 1988. Ecology of the Cryptomonadida: a first review. *In: Sandgren, C.D.* (ed.). Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press. p. 103-133.
- Lopes, M.R.M.** 1999. Eventos perturbatórios que afetam a biomassa, a composição e a diversidade de espécies do fitoplâncton em um lago tropical oligotrófico raso (Lago do Instituto Astronômico Geofísico, São Paulo, SP). Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo. 213 p.
- O'Grady, K., Brown, L. M., Wehr, J. D.** 1985. Physiological ecology of the bloom-forming alga *Chrysochromulina breviturrita* (Prymnesiophyceae) from lakes influenced by acid precipitation. *Canadian Journal of Botany*, 63: 2231-2239.
- O'Grady, K., Brown, L. M., Wehr, J.D.** 1987. Highly specialized nitrogen metabolism in a freshwater phytoplankter, *Chrysochromulina breviturrita*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 44: 736-742.
- Ramírez R., J.J.** 1996. Variações espacial vertical e nictemeral da estrutura da comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais em quatro dias de amostragem de diferentes épocas do ano no Lago das Garças, São Paulo. Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo. 283 p.
- Reynolds, C.S.** 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press. 365 p.
- Round, F.E.** 1983. Biologia das algas. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro: Editora Guanabara. 207 p. (2ª. Ed., tradução de F.P. Neto).
- Sandgren, C.G.** 1988. The ecology of Chrysophyte flagellates: their growth and penneration strategies as freshwater phytoplankton. *In: Sandgren, C.G.* (ed.). Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press. p. 9-102.
- Wehr, J.D. & Brow, L.M.** 1985. Selenium requirement of a bloom-forming planktonic alga from softwater and acidified lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42: 1783-1788.
- Wehr, J.D. & Sheath, R.G.** (ed.). 2003. Freshwater algae of North America: ecology and classification. California: Academic Press. 918 p.
- Wetzel, R.G.** 2001. Limnology: lake and river ecosystems. San Diego: Academic Press. 1006 p. (3a. ed.).

RESUMO

O Lago das Ninféias está situado no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, sul do município de São Paulo. É um reservatório pequeno (7.170 m³) e raso ($Z_{\text{máx.}}$ 3 m). Em regiões tropicais, fatores como mistura, chuvas e padrões diários de aquecimento solar conduzem à estratificação térmica temporária desenvolvendo um padrão diário que influi na distribuição vertical de nutrientes e do fitoplâncton. Por isso, abordagens em curtos períodos de tempo permitem salientar fenômenos de grande importância, que possuem duração relativamente curta e frequências irregulares. O trabalho pretendeu entender as interações entre o perfil térmico da coluna d'água e suas características físicas, químicas e biológicas. As amostras foram coletadas no verão (estação de chuvas) e no inverno (estação seca) a cada três horas, começando às 07:00 h de um dia e terminando às 07:00 h do dia seguinte. Antes de cada coleta, foi identificado o perfil térmico da coluna d'água para determinar as profundidades de amostragem sendo elas: camada superior (epilímnio), camada média (metalímnio) e camada inferior (hipolímnio). As características físicas e químicas analisadas foram: perfil óptico, perfil térmico, condutividade, pH, gás carbônico, bicarbonato, formas de nitrogênio, fósforo e ortossilicato. Além de aspectos qualitativos e quantitativos da comunidade fitoplanctônica. As estratificações térmicas ocorreram nas duas estações do ano, porém, no chuvoso, foram mais estáveis, com estratificações de nutrientes e biológicas. Nos dois períodos, a zona de mistura atingiu até 1 m de profundidade e ocorreu formação de uma termoclina temporária com atelomixia superficial durante a noite, a qual não influenciou as características químicas e biológicas. As espécies *Mallomonas* sp, *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum* e, *Chrysochromulina* cf. *breviturrita* representaram aproximadamente 60% da densidade total no período seco. As espécies nanoplanctônicas e flageladas foram numerosas e ocorreram em maior densidade nos dois períodos. A análise de ordenação de Correspondência Canônica (ACC) mostrou que a temperatura da água foi a variável de maior peso na ordenação das unidades amostrais que as separou em dois períodos. Ao longo de 24 horas nos períodos seco e chuvoso a coluna d'água esteve estratificada termicamente. Entretanto, a influência da estratificação foi diferente entre períodos. No período seco ocorreu estratificação apenas de oxigênio dissolvido e no chuvoso, estratificação também dos nutrientes. Conseqüentemente, apenas no período chuvoso ocorreu distribuição vertical heterogênea do fitoplâncton, especificamente de cinco espécies: *Aphanocapsa elachista*, *Chlorella vulgaris*, *Cryptomonas erosa* e *Spiniferomonas* sp associadas aos baixos teores de NT e CO₂, que ocorreram nas unidades amostrais da superfície e *Hormotilopsis* sp. com as unidades amostrais do fundo associada com os elevados teores de NT e CO₂. As escala temporal sazonal (seca e chuva), seguida pela escala espacial vertical foram mais importantes para explicar a variabilidade limnológica do sistema do que as variações nictemerais.

Palavras-chave: variação nictemeral, variação vertical, reservatório raso tropical, comunidade fitoplanctônica, estratificação térmica.

SUMMARY

Ninféias Pond is a small (7,170 m³) shallow ($Z_{\text{máx.}} = 3$ m) reservoir located in the Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, south of municipality of São Paulo. In tropical regions, factors as mixing, precipitation, and solar heating daily patterns lead to a temporary thermal stratification developing a daily pattern that affects vertical distribution of nutrients and phytoplankton. Consequently, short time interval approaches allow emphasizing phenomena of great importance that have a relatively short duration and irregular frequencies. Present research aimed at understanding interactions between the water column thermal profile and its physical, chemical, and biological characteristics. Samples were gathered during the summer (rainy season) and winter (dry season) at 3 hr intervals, starting at 07:00 hr of one day and finishing up at 07:00 hr of the next day. Before each sampling, the water column temperature profile was identified to determine the collecting sampling depths: superficial layer (epilimnion), intermediate layer (metalimnion), and bottom layer (hypolimnion). Physical and chemical characteristics studied were: optical profile, thermal profile, electric conductivity, pH, carbonic gas, bicarbonates, nitrogen and phosphorus forms, and orthosilicates. Qualitative and quantitative aspects of phytoplankton community were also studied. Thermal stratification occurred in both climatic periods, however, during the rainy one it was more stable, with chemical and biological stratifications. In both periods, mixing zone reached up to 1 m deep and there was formation of a temporary thermocline with partial atelomixis during the dark period, which did not affect the chemical and biological characteristics of the system. Species *Mallomonas* sp., *Dinobryon bavaricum* var. *bavaricum*, and *Chrysochromulina* cf. *breviturrita* represented approximately 60% of the phytoplankton total density during the dry period. Nanoplanktonic flagellated species were numerous and occurred in greatest abundance in both periods. Canonic Correspondence Analysis (CCA) showed that water temperature was the variable with the greatest weight for the ordination of the sampling units, separating them according to the two climatic periods. In the dry period, Pearson and Kendall correlation values were low indicating homogeneity in the vertical distribution of species. During the rainy period, thermal stratification affected vertical distribution of chlorophyll *a* and that of four species (*Aphanocapsa elachista*, *Chlorella vulgaris*, and *Cryptomonas erosa*) associated with the greatest values of TN and CO₂ occurring in the reservoir bottom sampling units; and of *Spiniferomonas* sp. that was associated with the surface sampling units due to their low TN and CO₂ values. Variation in the phytoplankton species-specific composition at short time intervals (24 hours) was not detected in both periods studied.

Palavras-chave: variação nictemeral, variação vertical, reservatório raso tropical, comunidade fitoplanctônica, estratificação térmica.

ANEXOS

Anexo 1. Valores da densidade, média e coeficiente de variação (CV), em porcentagem, das classes nos estratos superior, médio e inferior ao longo de 24 horas no período seco.

Chlorophyceae										
	7h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	Média
Superior	165	62	171	95	225	232	213	189	199	172
Médio	101	61	131	75	238	309	133	147	147	149
Inferior	167	145	135	142	165	186	131	92	181	149
Média	144	89	146	104	209	242	159	143	176	
CV	26	54	15	33	19	26	29	34	15	9
Chrysophyceae										
Superior	1495	1810	1420	1555	566	793	1414	1893	1688	1404
Médio	430	94	2498	944	1079	920	993	728	764	939
Inferior	150	394	390	205	1545	1449	1315	230	462	682
Média	691	766	1436	901	1063	1054	1241	951	971	
CV	103	120	73	75	46	33	18	90	66	36
Cryptophyceae										
Superior	68	222	281	175	162	245	234	321	225	215
Médio	92	78	215	113	215	212	151	120	157	150
Inferior	164	114	192	208	111	162	223	83	268	169
Média	108	138	229	165	163	206	202	175	216	
CV	46	55	20	29	32	20	22	73	26	19
Cyanophyceae										
Superior	72	27	35	27	76	53	65	79	53	54
Médio	39	3	96	22	79	29	39	34	61	45
Inferior	97	79	89	42	65	69	55	126	95	80
Média	69	36	73	30	73	50	53	80	70	
CV	42	108	46	35	11	40	25	58	32	30
Dinophyceae										
Superior	61	86	44	65	43	18	59	47	43	52
Médio	22	3	9	51	17	11	18	15	30	20
Inferior	3	0	23	42	65	34	33	15	0	24
Média	29	30	25	53	41	21	36	26	24	
CV	104	165	70	23	58	56	56	71	90	55
Euglenophyceae										
Superior	18	9	13	27	13	4	10	11	63	19
Médio	18	0	18	13	13	34	7	15	15	15
Inferior	0	0	34	56	25	34	7	6	9	19
Média	12	3	22	32	17	24	8	11	29	
CV	87	173	52	68	40	71	22	43	101	13
Prasinophyceae										
Superior	326	270	79	59	390	504	461	221	136	272
Médio	22	36	48	43	278	526	194	169	91	156
Inferior	158	57	0	133	57	234	153	77	23	99
Média	169	121	42	79	242	421	269	156	83	
CV	90	107	94	61	70	39	62	47	68	50
Prymnesiophyceae										
Superior	527	570	592	317	308	447	571	1110	649	566
Médio	254	136	1126	508	569	377	821	799	1209	644
Inferior	100	403	516	866	835	1163	771	166	417	582
Média	294	370	745	564	571	663	721	692	758	
CV	74	59	45	49	46	66	18	70	54	7
Zygnematophyceae										
Superior	4	27	44	6	13	22	31	21	13	20
Médio	13	0	0	0	17	40	14	22	10	13
Inferior	8	22	34	27	18	31	15	12	32	22
Média	8	16	26	11	16	31	20	18	18	
CV	57	88	88	129	15	29	48	28	64	26

Anexo 2. Valores da densidade, médias e coeficiente de variação (CV), em porcentagem, das classes registradas nos estratos superior, médio e inferior ao longo de 24 horas no período seco.

Chlorophyceae										
	7h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	Média
Superior	485	160	216	85	139	127	226	123	229	199
Médio	560	154	229	242	193	188	68	310	272	246
Inferior	100	40	201	517	24	70	38	100	53	127
Média	382	118	216	281	119	128	111	178	185	
CV	65	57	6	78	73	46	91	65	63	
Chrysophyceae										
Superior	312	167	554	297	364	285	330	229	314	317
Médio	0	0	191	127	103	155	12	14	0	67
Inferior	0	0	42	70	0	20	13	0	0	16
Média	104	56	262	165	156	153	118	81	105	
CV	173	173	100	71	121	86	155	158	173	
Cryptophyceae										
Superior	144	231	263	102	203	145	209	208	102	178
Médio	157	331	250	454	292	263	92	329	215	265
Inferior	122	464	509	622	85	239	114	263	460	320
Média	141	342	341	393	193	216	138	267	259	
CV	12	34	43	68	54	29	45	23	71	
Cyanophyceae										
Superior	37	64	366	204	109	167	118	106	178	150
Médio	30	45	98	140	181	117	52	52	57	86
Inferior	36	128	64	270	12	60	38	100	131	93
Média	34	79	176	205	101	115	69	86	122	
CV	12	55	94	32	84	47	62	35	50	
Euglenophyceae										
Superior	349	288	554	339	391	167	246	204	259	311
Médio	106	98	382	276	386	113	68	150	91	185
Inferior	63	22	117	129	37	70	89	58	105	77
Média	173	136	351	248	271	116	134	137	152	
CV	89	101	63	43	75	42	73	54	61	

Anexo 3. Índices biológicos e coeficiente de variação (CV), em porcentagem, calculados para os estratos superior, médio e inferior ao longo de 24 horas no período seco.

Diversidade (bits. ind⁻¹)					
	Superior	Médio	Inferior	Média	CV
7h	3,7	3,0	3,2	3	11
10h	4,1	3,1	4,9	4	22
13h	4,3	2,5	1,7	3	47
16h	4,2	2,7	3,0	3	24
19h	4,3	3,2	2,9	3	21
22h	4,5	3,2	3,2	4	21
01h	4,4	2,8	2,9	3	27
04h	3,8	2,9	2,2	3	27
07h	4,3	2,6	2,3	3	35
Equitabilidade					
7h	0,78	0,65	0,71	0,71	9
10h	0,89	0,73	1,00	0,87	16
13h	0,86	0,54	0,34	0,58	45
16h	0,86	0,54	0,58	0,66	26
19h	0,81	0,61	0,55	0,66	20
22h	0,89	0,63	0,59	0,70	23
01h	0,80	0,57	0,58	0,65	20
04h	0,76	0,55	0,41	0,57	30
07h	0,81	0,52	0,48	0,60	30
Dominância					
7h	0,15	0,21	0,09	0,15	39
10h	0,10	0,17	1,58	0,62	135
13h	0,09	0,25	0,02	0,12	98
16h	0,10	0,23	0,26	0,20	43
19h	0,10	0,17	0,33	0,20	59
22h	0,08	0,16	0,47	0,24	88
01h	0,08	0,21	0,27	0,19	51
04h	0,12	0,23	0,02	0,12	86
07h	0,09	0,31	0,06	0,15	89
Riqueza					
7h	27	24	23	25	8
10h	24	19	25	23	14
13h	32	25	31	29	13
16h	30	31	37	33	12
19h	40	38	38	39	3
22h	33	33	44	37	17
01h	46	31	32	36	23
04h	32	39	40	37	12
07h	40	33	28	34	18

Anexo 4. Índices biológicos e coeficiente de variação (CV), em porcentagem, nos estratos superior, médio e inferior ao longo de 24 horas no período chuvoso.

Diversidade (bits.ind⁻¹)					
Hora	Superior	Médio	Inferior	Média	CV
7h	3,7	2,5	2,6	3	22
10h	4,1	3,4	2,7	3	20
13h	4,3	4,2	3,0	4	18
16h	4,2	4,0	3,1	4	16
19h	4,3	4,0	2,5	4	27
22h	4,5	3,8	3,3	4	16
01h	4,4	3,7	2,9	4	21
04h	3,8	3,5	2,9	3	14
07h	4,3	2,9	3,1	3	22
Riqueza					
7h	43	40	11	31	56
10h	37	56	23	39	43
13h	43	91	17	50	75
16h	44	78	18	47	64
19h	52	99	6	52	89
22h	45	71	14	43	66
01h	53	36	10	33	66
04h	32	58	13	34	66
07h	44	21	17	27	53
Equitabilidade					
7h	0,68	0,48	0,76	0,64	23
10h	0,79	0,58	0,60	0,66	17
13h	0,79	0,64	0,74	0,72	11
16h	0,77	0,64	0,73	0,72	9
19h	0,75	0,61	0,97	0,78	24
22h	0,82	0,61	0,85	0,76	17
01h	0,77	0,72	0,86	0,78	9
04h	0,76	0,59	0,78	0,71	14
07h	0,79	0,66	0,76	0,74	9
Dominância					
7h	0,15	0,21	0,09	0,15	39
10h	0,10	0,17	1,58	0,62	135
13h	0,09	0,25	0,02	0,12	98
16h	0,10	0,23	0,26	0,20	43
19h	0,10	0,17	0,33	0,20	59
22h	0,08	0,16	0,47	0,24	88
01h	0,08	0,21	0,27	0,19	51
04h	0,12	0,23	0,02	0,12	86
07h	0,09	0,31	0,06	0,15	89

Anexo 5. Valores de densidade total, médias e coeficiente de variação (CV), em porcentagem, nos estratos superior, médio e inferior ao longo de 24 horas nos períodos seco e chuvoso.

Densidade Total (org.ml⁻¹)											
Hora											
	Estratos	7 h	10 h	13 h	16 h	19 h	22 h	1 h	4 h	7 h	Média
Seco	Superior	2757	3091	2696	2326	1836	2345	3118	3892	3094	2795
	Médio	991	411	4146	1782	2535	2464	2387	2077	2524	2146
	Inferior	863	1236	1420	1747	2900	3397	2703	863	1492	1847
	Média	1537	1579	2754	1952	2424	2735	2736	2278	2370	
	CV	69	87	50	17	22	21	13	67	34	
Chuvoso	Superior	970	687	1487	767	897	739	957	658	906	896
	Médio	821	621	977	1181	979	797	257	775	597	779
	Inferior	273	678	914	1622	134	450	216	499	782	619
	Média	688	662	1126	1190	670	662	477	644	762	
	CV	53	5	28	36	70	28	87	22	20	