

Distribuição vertical da comunidade fitoplanctônica do lago dos Tigres (Goiás, Brasil)

João Carlos Nabout* e Ina de Souza Nogueira

Departamento de Biologia, Laboratório de Limnologia, Universidade Federal de Goiás, Cx. Postal 131, 74001-970, Goiânia, Goiás Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: naboutjc@hotmail.com

RESUMO. O lago dos Tigres é um lago do tipo vale bloqueado, sendo que não foi registrado estudo evidenciando a distribuição vertical fitoplanctônica para esse tipo de lago; dessa forma, esta pesquisa assume um caráter pioneiro. Objetivou-se, nesse trabalho, o reconhecimento temporal e espacial dos padrões verticais de atributos da comunidade fitoplanctônica, detectar os grupos funcionais fitoplanctônicos dominantes e descritivos do sistema e relacioná-los com características limnológicas. O lago estudado foi caracterizado como polimítico quente, sendo que ocorreram eventuais estratificações térmicas nas estações de maior profundidade. Os períodos de seca e início de chuva apresentaram-se tanto limnologicamente (evidenciado pela ACP) quanto biologicamente (observado pela ACC) distintos. Os meses de seca apresentaram maiores concentrações de nutrientes e maiores transparências. Nesses meses, também foi registrado predomínio dos grupos funcionais **Lo**, **Y**, **N** e **W1**. Os meses de chuvas apresentaram maiores temperaturas e menores transparências, sendo que os grupos funcionais predominantes foram **S1**, **T** e **N**. Avaliando conjuntamente as características limnológicas, o biovolume e os grupos funcionais, pode-se concluir que o perfil vertical do lago dos Tigres é oligo-mesotrófico.

Palavras-chave: distribuição vertical, fitoplâncton, limnology, vale bloqueado.

ABSTRACT. Vertical distribution of phytoplankton communities in Tigres Lake (Goiás, Brazil). Tigres Lake is a blocked valley lake, with no registered studies of phytoplankton vertical distribution for that lake type; as such, our work assumes a pioneering nature. The aim of this study was to recognize temporally and spatially the vertical patterns of phytoplankton community attributes, to detect the dominant and descriptive phytoplankton functional groups, and relate them to limnological characteristics. Tigres Lake was characterized as a warm polymictic lake, featuring occasional thermal stratification in deeper stations. The dry and early rainy seasons presented limnological (evidenced by PCA) and biological (observed by CCA) differences. The dry months presented more nutrient concentrations and greater transparency level; on those months, phytoplankton functional groups **Lo**, **Y**, **N** and **W1** were predominant; while the rainy months featured higher temperatures and lower transparency levels, and the predominant phytoplankton functional groups were **S1**, **T** and **N**. By jointly evaluating limnological characteristics, biovolume and phytoplankton functional groups, it can be concluded that the vertical profile of Tigres lake is oligo-mesotrophic.

Key words: vertical distribution, phytoplankton, limnology, blocked valley.

Introdução

Uma grande variedade de trabalhos tem reportado à dinâmica vertical da comunidade fitoplanctônica em lagos tropicais e subtropicais (Garcia de Emiliani, 1990; Reynolds, 1997a; Ibañez, 1998; Melo e Huszar, 2000; Izaguirre *et al.*, 2001; Melo *et al.*, 2004). Para Padisák (2003), inúmeras variáveis ambientais são importantes para a estrutura vertical da comunidade fitoplanctônica (p.e., atenuação e espectro da luz, nutrientes, distribuição vertical do zooplâncton). Para Melo *et al.* (2004), a

distribuição vertical da comunidade fitoplanctônica depende das propriedades de mistura e da movimentação e resistência das populações na coluna d'água (espécies com flagelos ou aerótopos).

No Brasil, a maioria dos trabalhos com gradientes verticais da comunidade fitoplanctônica, em lagos fluviais, encontra-se na região Amazônica e lagoas de inundação do rio Paraná, destacando-se as pesquisas de Melo *et al.* (2004) e Garcia de Emiliani (1997). Dessa forma, o estudo vertical da comunidade fitoplanctônica, na bacia Tocantins-Araguaia, torna-se pioneiro. É importante ressaltar

que o lago estudado foi um lago fluvial do tipo vale bloqueado, e que não há nenhum estudo da distribuição vertical da comunidade fitoplanctônica para esse tipo de lago. Nesse sentido, esse trabalho faz parte de um projeto maior que busca avaliar com abordagem taxonômica, ecológica e sanitária da comunidade de algas (planctônicas e perifíticas) do lago dos Tigres.

Atualmente, inúmeros trabalhos tem abordado o uso de grupos funcionais fitoplanctônicos para caracterizar a dinâmica da comunidade. Os grupos funcionais foram, inicialmente estudados em ambientes temperados, no entanto, tem-se mostrado adequado para ambientes tropicais (Huszar e Reynolds, 1997; Melo e Huszar, 2000; Marinho e Huszar, 2002; Nabout *et al.*, 2006). Os grupos funcionais fitoplanctônicos são grupos de espécies, em geral polifiléticos, que respondem similarmente a um determinado conjunto de condições ambientais (Reynolds, 1997b; Reynolds *et al.*, 2002). Os grupos funcionais tem o objetivo de prever as distribuições e dinâmicas de populações fitoplanctônicas naturais. Atualmente, são descritos 31 grupos funcionais diferentes (Reynolds *et al.*, 2002).

Objetivou-se, nesse trabalho, o reconhecimento temporal e espacial dos padrões verticais de atributos da comunidade fitoplanctônica, detectar os grupos funcionais fitoplanctônicos dominantes e descritivos do sistema e relaciona-los com características limnológicas.

Material e métodos

O lago dos Tigres (Figura 1) é caracterizado como vale bloqueado e está localizado no município de Britânia (Estado de Goiás).

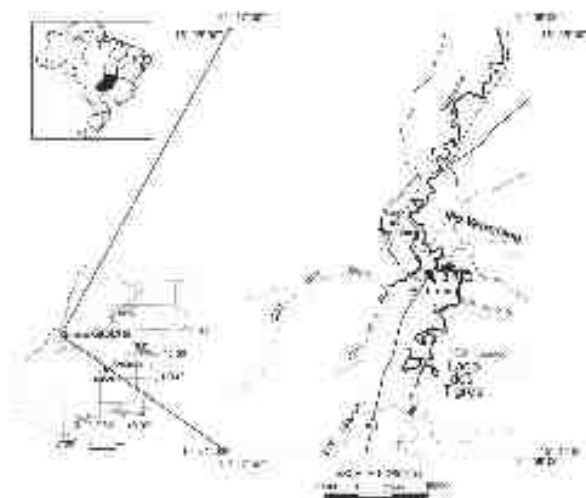


Figura 1. Localização da área de estudo, indicando as estações de amostragem.

É originado pelo rio Água Limpa, recebendo dois afluentes (córrego Arco Íris e córrego Luanda) e localiza-se na bacia Tocantins-Araguaia, sendo afluente do rio Vermelho.

As amostras foram coletadas em 2004, durante o período de seca (julho, agosto e setembro) e início de chuva (outubro e novembro). O lago dos Tigres foi amostrado em três Estações (Tabela 1). As coletas foram realizadas a cada metro de profundidade até 30 cm acima do sedimento. A fim de evitar influência do horário da coleta em variáveis ambientais e biológicas, procurou-se sempre fazer as coletas nos mesmos horários, todos os meses. A localização geográfica das estações foi feita por equipamento GPS (modelo Garmin-38).

Tabela 1. Localização geográfica das estações de amostragem do lago dos Tigres.

Estação	Localidade	Latitude	Longitude
1	Baía Ilha das Perdas	15°17'57"S	51°10'07"W
2	Retiro da Fazenda Santo Antônio	15°16'17"S	51°09'10"W
3	Cidade de Britânia	15°14'09"S	51°09'27"W

As características morfométricas do lago (área, perímetro, largura máxima e mínima) foram obtidas a partir de material cartográfico, sensoriamento remoto e ambiente computacional. Para a identificação, mapeamento e obtenção dos parâmetros morfométricos primários (área, comprimento, perímetro), foram utilizadas imagens *Cbers*, captadas no mês de junho de 2004 (período de seca). Utilizou-se o software *Spring* para o processamento e tratamento das imagens.

Os dados climáticos (temperatura atmosférica e precipitação pluviométrica) foram obtidos na Estação meteorológica (PCDs), instalada na Fazenda Água Limpa, no município de Britânia, Estado de Goiás. Esses dados foram cedidos pela Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás (Sectec)/Simego.

A caracterização limnológica do lago dos Tigres foi baseada em informações físico-químicas da água, medidas na mesma profundidade daquelas das amostragens de algas, em cada estação de coleta. As variáveis determinadas foram: temperatura da água, pH, condutividade elétrica e saturação de oxigênio por meio do multianalisador de água (Horiba, modelo U-21). A profundidade foi determinada por uma trena, enquanto que a transparência da água foi determinada pelo disco de Secchi. A zona eufótica foi calculada como três vezes a profundidade de extinção do disco de Secchi (Cole, 1994).

Nas estações, foram também coletadas amostras de 500 mL de água, em cada profundidade, para

análise posterior de nitrogênio total e fósforo total. Estas foram fixadas em campo, com 0,5 mL de ácido sulfúrico absoluto. O procedimento de coleta e processamento laboratorial, adotados para estas variáveis, encontram-se descritos em Carmouze (1994), Mackereth *et al.* (1978) e Clesceri *et al.* (1992). As análises de nitrogênio e fósforo foram processadas no Laboratório da Agência Ambiental de Goiás.

Para o estudo quantitativo do fitoplâncton, amostras de 100 mL foram acondicionadas em frascos escuros, fixadas com solução de lugol-acético modificada (Vollenweider, 1974). A densidade do fitoplâncton foi estimada pelo método de Utermöhl (1958), em microscópio invertido Zeiss Axiovert 25 a 450 aumentos, usando-se tempo de sedimentação de, pelo menos, 3h para cada centímetro de altura da câmara (Margalef, 1983). O volume sedimentado por amostra foi de 10 mL.

Foram contados organismos (células, cenóbios, colônias e filamentos) em campos aleatórios (Uhlenger, 1964), até atingir 100 do táxon mais abundante, de modo que o erro da contagem fosse inferior a 20%, com o coeficiente de confiança de 95% (Lund *et al.*, 1958). Quando este procedimento não foi possível, foram contadas as algas de tantos campos aleatórios quantos fossem necessários para estabilizar o número de espécies, isto é, até não ser mais adicionadas espécies por campo (área mínima de compensação).

O biovolume das algas foi estimado, conforme sugerido em Edler (1979) e Hillebrand *et al.* (1999). Os grupos funcionais fitoplancônicos foram determinados a partir de espécies que representaram mais de 5% de biovolume de, pelo menos, uma unidade de amostragem (Kruk *et al.*, 2002). Os grupos funcionais foram definidos de acordo com Reynolds (1997b) e Reynolds *et al.* (2002).

A Anova (fator único) foi utilizada para todas as variáveis abióticas, a fim de detectar se houve alguma diferença entre os períodos amostrais. As variáveis abióticas também foram sintetizadas por análise de componentes principais (ACP) (matriz de correlação). As relações entre os dados abióticos e os dados de biovolume foram analisadas por análise de correspondência canônica (ACC) (Ter Braak, 1986). Deste modo, a variação dos grupos funcionais foi diretamente analisada em função dos dados abióticos. A hipótese nula de ausência de relação entre as matrizes (biótica e abiótica) foi testada pelos procedimentos de Monte Carlo. Para tanto, as linhas da matriz de dados abióticos foram alocadas de modo aleatório, e a ACC foi calculada novamente. O procedimento, como um todo, foi repetido 1.000 vezes.

Os dados de biovolume e os dados abióticos foram previamente transformados ($\log(n+1)$), excetuando-se o pH. Todos os cálculos foram realizados no programa PC-ORD (McCune e Mefford, 1997).

Resultados e discussão

O lago dos Tigres é um lago do tipo vale bloqueado, sendo formado pela sedimentação que toma lugar quando uma corrente tributária desemboca em um vale aluvial. Esse tipo de lago apresenta morfologia alongada e margens irregulares, posicionando perpendicularmente ao canal principal (Drago, 1976; Kalff, 2002). O lago dos Tigres apresenta área de 50 km², perímetro de 60,83 km, largura máxima de 1,1 km e mínima de 0,017 km.

Características ambientais

O lago dos Tigres, durante o período de estudo, foi um lago raso, (profundidade média de 2,72 m) e pouco transparente (transparência média de 0,4 m) (Tabela 2). De forma geral, nos meses de seca, a transparência foi maior do que nos meses de início de chuva, provavelmente por causa do escoamento superficial. Com exceção da Estação 3, as demais estações apresentaram os menores valores de zona eufótica no mês de maior precipitação (novembro).

Tabela 2. Profundidade, transparência e zona eufótica das três estações de amostragem, no lago dos Tigres, em todo o período de estudo.

Estações		Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
1	Profundidade (m)	2,6	2,08	1,8	1,8	1,8
	Transparência (m)	0,625	0,435	0,385	0,43	0,31
	Zona eufótica (m)	1,875	1,305	1,155	1,29	0,93
2	Profundidade (m)	4,6	5	4,2	4,3	4,65
	Transparência (m)	0,4	0,475	0,45	0,415	0,315
	Zona eufótica (m)	1,2	1,425	1,35	1,245	0,945
3	Profundidade (m)	4,8	4	4	4,1	4,6
	Transparência (m)	0,425	0,485	0,42	0,55	0,45
	Zona eufótica (m)	1,275	1,455	1,26	1,65	1,35

Em geral, a temperatura foi sofrendo acréscimo nos valores de julho para novembro, sendo este último o mês com maiores valores registrados, tanto em superfície quanto em profundidade, evidenciada uma distinção temporal entre os períodos de seca e início de chuva (Figura 2).

A Estação 1, durante todo período de estudo, apresentou perfis isotérmicos, enquanto que as Estações 2 e 3 apresentaram estratificações térmicas, no mês de agosto (Estações 2 e 3) e no mês de novembro (somente Estação 3) (Figura 2).

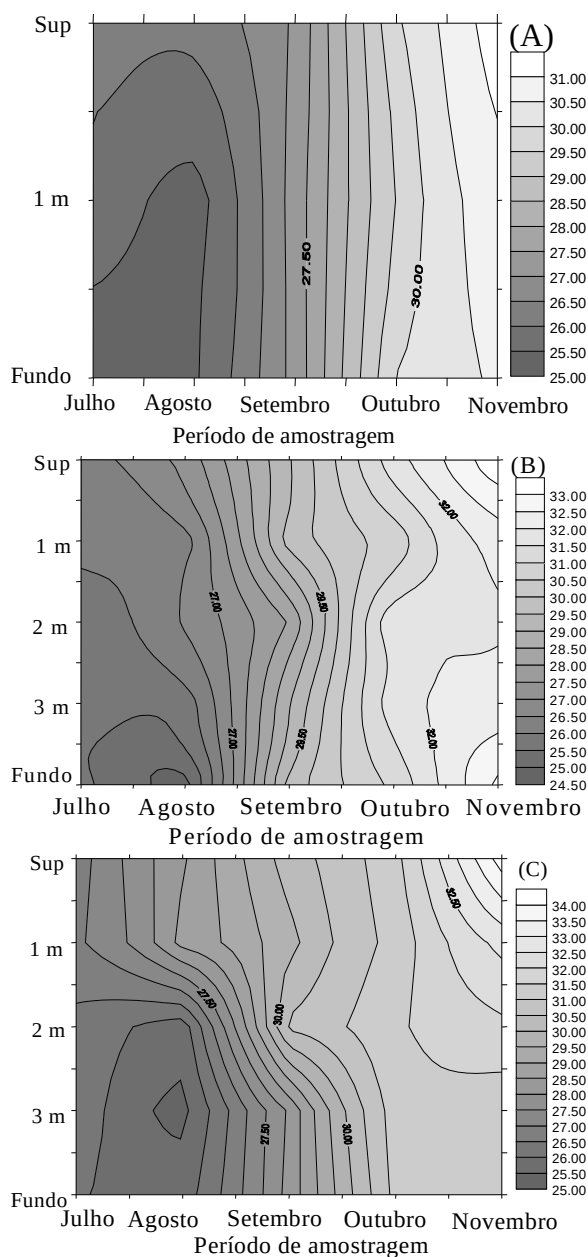


Figura 2. Valores de temperatura da água (°C), distribuídos verticalmente na coluna d'água, durante os períodos de amostragem. Em (A) perfis térmicos da Estação 1, (B) da Estação 2 e (C) da Estação 3.

As Estações de amostragem 2 e 3 são as mais profundas do lago dos Tigres, sendo sempre superior a 3 m. Segundo Kalff (2002), estratificações em lagoas de inundação, no Brasil, ocorrem em lagos com mais de 3 metros de profundidade. No lago dos Tigres, a Estação 1 não apresentou estratificação térmica e sempre apresentou uma profundidade inferior a 3 m, favorecendo a isotermia. No entanto, nas Estações 2 e 3, observaram-se estratificações térmicas. Dessa forma,

o lago dos Tigres, por não apresentar estratificações duradouras, durante o período de estudo, foi categorizado como lago polimítico quente.

De acordo com Henry *et al.* (1997) a regulação térmica dos lagos está relacionada à climatologia e à morfometria (profundidade máxima). Assim, as Estações 2 e 3, por ser mais profundas, apresentaram um maior período de estratificação térmica. Entretanto, para confirmar a duração dos períodos de estabilidade e circulação, seria necessário o acompanhamento de, pelo menos, um ciclo anual.

A análise de estruturação térmica, em lagoas de inundação do rio Paraná (Thomaz *et al.*, 1992), tem demonstrado que, a partir de cerca de 3 ms, estratificações relativamente duradouras podem ser registradas.

Além de polimítico e quente, o lago dos Tigres apresentou, durante o período de estudo, elevados valores de saturação de oxigênio (supersaturação), pouca variação temporal e espacial da condutividade elétrica, entre os períodos de amostragem, e, ainda, baixos valores de condutividade, sendo registrados maiores valores no mês de outubro. Enquanto que valores de pH tendendo a neutralidade e a baixos valores de nutrientes, sendo que foram registrados maiores valores de nitrogênio e fósforo total nos meses de seca (Tabela 3).

Tabela 3. Média de desvio-padrão (DP) de características limnológicas do lago dos Tigres, nos cinco meses de amostragem.

		Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Saturação de oxigênio (%)	pH	Nitrogênio total ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Julho	1 Média	30.00	108.33	7.56	160.00	10.00
	DP	0.00	2.89	0.75	101.49	5.00
	2 Média	30.00	114.60	7.07	162.00	42.00
	DP	0.00	3.78	0.20	20.49	10.95
	3 Média	30.00	117.40	7.05	136.00	96.00
	DP	0.00	1.82	0.19	41.59	37.82
Agosto	1 Média	24.27	143.00	6.86	63.33	13.33
	DP	3.16	4.58	0.16	58.59	5.77
	2 Média	24.40	139.80	6.89	104.00	32.00
	DP	0.55	2.77	0.08	51.77	13.04
	3 Média	23.40	132.80	6.88	158.00	64.00
	DP	1.52	4.60	0.07	115.84	44.50
Setembro	1 Média	27.33	193.00	6.85	96.67	10.00
	DP	2.52	7.21	0.22	117.19	0.00
	2 Média	21.80	184.20	6.53	82.00	28.00
	DP	0.84	1.64	0.09	104.74	16.43
	3 Média	22.20	178.80	6.77	142.00	70.00
	DP	3.27	4.92	0.06	61.40	31.62
Outubro	1 Média	58.50	140.10	8.22	75.00	12.50
	DP	3.54	4.10	0.39	70.71	3.54
	2 Média	47.27	139.73	7.83	115.00	73.33
	DP	7.85	6.57	0.06	80.47	46.19
	3 Média	32.68	137.98	7.36	150.00	28.00
	DP	1.70	2.47	0.15	78.34	24.65
Novembro	1 Média	30.33	156.23	7.25	93.33	10.67
	DP	4.04	1.94	0.23	20.82	3.06
	2 Média	27.20	165.16	6.97	84.00	28.80
	DP	0.45	11.77	0.26	62.29	23.45
	3 Média	26.00	154.60	6.91	125.80	51.00
	DP	0.00	4.22	0.12	45.81	25.59

Com o objetivo de sintetizar os dados das variáveis limnológicas, obtidos no lago dos Tigres, e evidenciar a diferença temporal entre os períodos amostrais, foi realizada ordenação pela análise de componentes principais (ACP) (Figura 3).

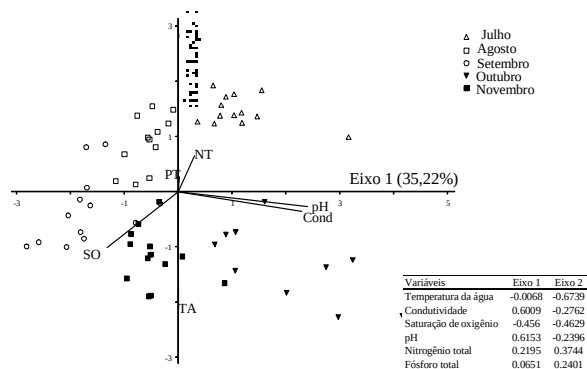


Figura 3. Escores derivados da ACP, aplicados aos dados ambientais. Os códigos são: Cond - condutividade; SO - saturação de oxigênio; NT - nitrogênio total; PT - fósforo total; TA - temperatura da água; pH - pH. Os pontos indicam as estações de amostragem. A Tabela ao lado indica a correlação das variáveis limnológicas com os dois primeiros eixos.

Os dois primeiros componentes principais explicaram 61,42% da variabilidade total dos dados, sendo que as variáveis que correlacionaram positivamente com o primeiro componente principal foram: condutividade, pH, nitrogênio e fósforo, enquanto que as variáveis que correlacionaram positivamente com o segundo componente foram: nitrogênio e fósforo.

A ACP demonstrou clara diferenciação temporal entre os períodos de amostragem, principalmente entre os períodos de seca e início de chuva. A ACP evidenciou também que as estações de amostragem, nos meses de julho e agosto, apresentaram maiores valores de nutrientes, o mês de setembro apresentou maiores valores de saturação de oxigênio, o mês de outubro apresentou valores de pH e condutividade mais representativos e, por fim, o mês de novembro foi caracterizado por elevadas temperaturas da água.

As concentrações de fósforo e nitrogênio, em ambientes lóticos e lênticos tropicais, sofrem considerável variação (Junk e Furch, 1993), sendo que, segundo Junk *et al.* (1989), esta variação está comumente associada ao regime hidrológico. A ACP evidenciou que os meses de seca (julho e agosto) apresentaram maiores concentrações de nitrogênio total e fósforo total, possivelmente pelo efeito do escoamento superficial.

No mês de setembro, os maiores valores de saturação de oxigênio, provavelmente, ocorreram, por causa das maiores taxas de produtividade

primária, dados aos maiores valores de biovolume registrados neste mês (Nabout e Nogueira, 2007), avaliando o padrão horizontal da comunidade fitoplanctônica). A ACP também evidenciou diferenciação entre os meses de maior precipitação (outubro e novembro). Nesses meses, a temperatura da água foi maior, possivelmente, por causa das maiores temperaturas atmosféricas que ocorreram nesse período do ano.

Comunidade fitoplanctônica

Estudos, no Brasil, sobre a comunidade fitoplanctônica, em lagos rasos, tem demonstrado perfis verticais não-homogêneos (Huszar, 2000). No lago dos Tigres não há um padrão claro de diminuição do biovolume da superfície em direção ao sedimento, nota-se que, em alguns meses, o biovolume foi menor no fundo (Figura 4). No entanto, de forma geral, o biovolume foi reduzido (inferior a $3 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$), considerando todas as estações de amostragem.

Em razão das diferenças limnológicas, em cada período de amostragem, os grupos funcionais fitoplanctônicos foram relativamente heterogêneos em cada mês, mas sempre com o grupo funcional Y bem representativo, à exceção da Estação 3, no mês de outubro. As espécies que contribuíram pelo menos com 5% do biovolume total de cada unidade amostral foram representadas por 18 grupos funcionais, durante o período de estudo (Tabela 4).

Nos meses de seca, principalmente julho e agosto, houve predomínio do grupo funcional Y, enquanto que, no mês de agosto, além do grupo Y, houve aumento de grupos W1, Lo. Dessa forma, nos meses de seca, houve predomínio de grupos funcionais de fitoflagelados, na maior parte das estações de amostragem. Entretanto, nos meses de início de chuva, outros grupos funcionais como S1, Sn e T.

Os dois primeiros eixos da ACC (Figura 5) explicaram apenas 17,5% (11,2% eixo 1; 6,3% eixo 2) da variabilidade total dos dados, indicando variância restante não-explicada. No entanto, a significância das relações espécies-ambientes não foi prejudicada, pois a ACC produziu significativas correlações espécies-ambientes ($p < 0,1$), nos três eixos indicado pelo teste de monte Carlo (eixo1 $p = 0,1$; eixo2 $p = 0,09$ e eixo 3 $p = 0,03$).

As variáveis ambientais correlacionadas positivamente com o primeiro eixo foram temperatura da água, condutividade elétrica, nitrogênio e fósforo total, enquanto que as variáveis ambientais, correlacionadas negativamente com o segundo eixo, foi somente a temperatura da água.

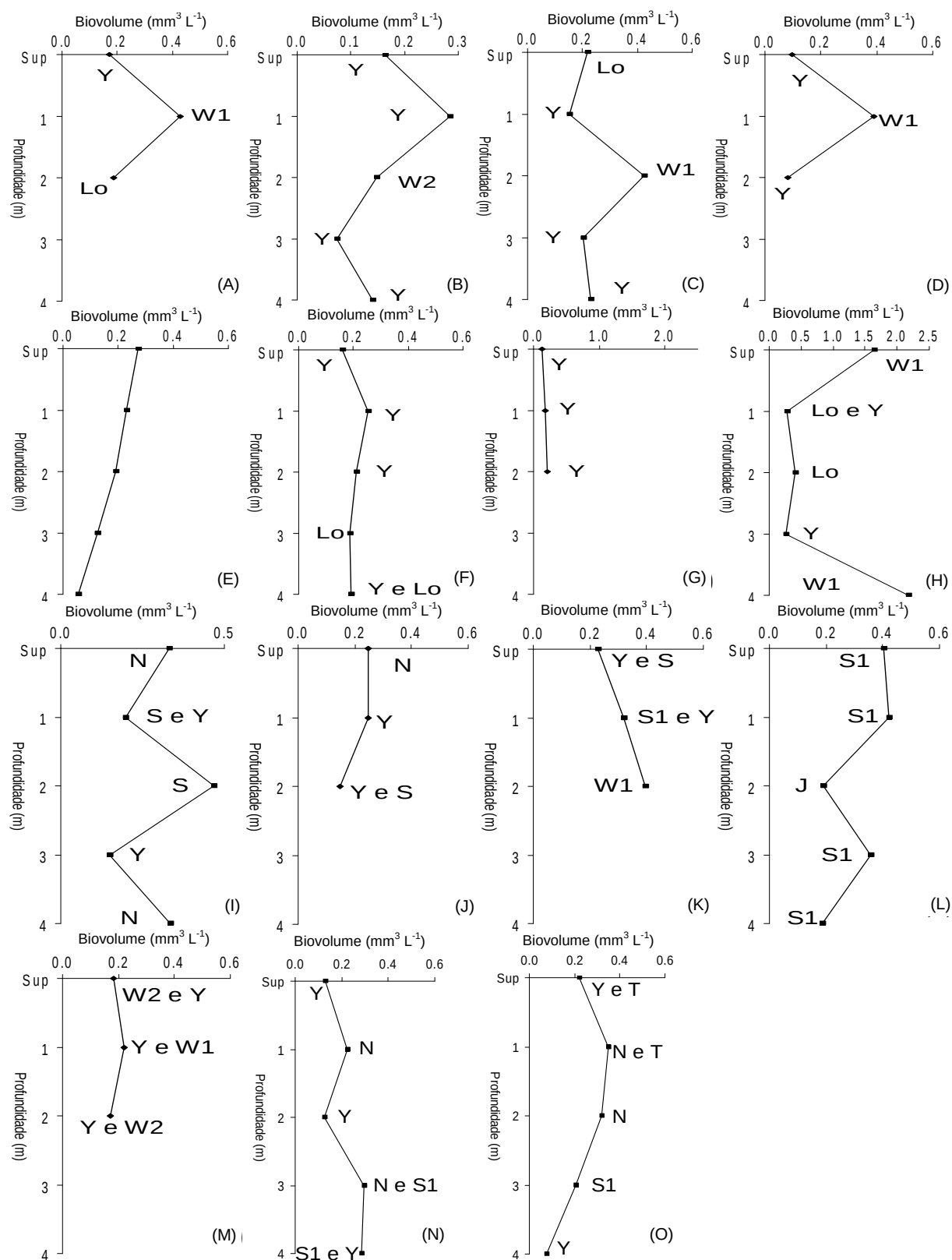


Figura 4. Perfis verticais do biovolume fitoplânctônico do lago dos Tigres, em todos os períodos de estudos. As letras indicam o grupo funcional, segundo Reynolds *et al.* (2002), predominantes. Em julho, Estação 1 (A), 2 (B) e 3 (C); em agosto, Estação 1 (D), 2 (E) e 3 (F); em setembro, Estação 1 (G), 2 (H) e 3 (I); em outubro, Estação 1 (J), 2 (K) e 3 (L); em novembro, Estação 1 (M), 2 (N) e 3 (O).

Tabela 4. Contribuição relativa (%) para o biovolume total dos principais grupos funcionais fitoplanctônicos (negrito) para cada estação de amostragem. As letras indicam a profundidade da amostragem, aumentando 1 metro gradativamente até 30 cm acima do sedimento.

Julho					
1A	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (20%)	2A	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (58%)	3A	<i>Peridinium umbonatum</i> - Lo (38%) e <i>Cryptomonas</i> spp. - Y (32%)
1B	<i>Euglena</i> sp.1- W1 (49%)	2B	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (34%)	3B	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (62%)
1C	<i>Peridinium</i> sp.1 - Lo (22%)	2C	<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> - W2 (27%) e <i>Cryptomonas</i> spp. - Y (24%)	3C	<i>Euglena</i> sp.1- W1 (59%)
		2D	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (41%)	3D	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (31%)
		2E	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (25%) e <i>Tabelaria</i> sp1 - N (21%)	3E	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (37%)
Agosto					
1A	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (33%) e <i>Trachelomonas volvocinopsis</i> - W2 (31%)	2A	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (59%)	3A	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (65%)
1B	<i>Euglena</i> sp.1 - W1 (81%)	2B	<i>Haplotaenium minutum</i> - N (47%) e <i>Cryptomonas</i> spp. - Y (21%)	3B	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (49%)
1C	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (39%) e <i>Trachelomonas volvocina</i> - W2 (28%)	2C	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (72%)	3C	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (52%)
		2D	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (58%)	3D	<i>Peridinium wisconsinensis</i> - Lo (23%)
		2E	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (69%)	3E	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (41%) e <i>Peridinium umbonatum</i> - Lo (22%)
Setembro					
1A	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (46%)	2A	<i>Euglena</i> sp.3 W1 (82%)	3A	<i>Haplotaenium minutum</i> - N (30%) e <i>Desmatractum</i> - G (16%) e <i>Cryptomonas</i> spp. - Y (12%)
1B	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (47%)	2B	<i>Peridinium umbonatum</i> - Lo (24%) e <i>Cryptomonas</i> spp. - Y (17%)	3B	<i>Oscillatoria</i> sp.1 - S (28%) e <i>Cryptomonas</i> spp. - Y (27%)
1C	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (32%)	2C	<i>Peridinium umbonatum</i> - Lo (28%)	3C	<i>Oscillatoria</i> sp.1 e sp.2 - S (17%)
		2D	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (28%)	3D	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (26%) e <i>Oscillatoria</i> sp.1 e sp.2 - Sn (19%)
		2E	<i>Euglena</i> sp.3 W1 (88%)	3E	<i>Cosmarium</i> sp.3 - N (27%)
Outubro					
1A	<i>Haplotaenium minutum</i> - N (36%) e <i>Pseudoanabaenaceae</i> - S1 (25%)	2A	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (29%) e <i>Oscillatoria</i> sp.2 - S (25%)	3A	<i>Pseudoanabaenaceae</i> - S1 (57%)
1B	N.C.	2B	<i>Pseudoanabaenaceae</i> - S1 (51%) e <i>Cryptomonas</i> spp. - Y (13%)	3B	<i>Pseudoanabaenaceae</i> - S1 (55%)
1C	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (29%) e <i>Oscillatoria</i> sp.1 - S (28%)	2C	<i>Euglena acus</i> - W1 (31%)	3C	<i>Golenkinia paucispina</i> - J (41%)
		2D	N.C.	3D	<i>Pseudoanabaenaceae</i> - S1 (60%)
		2E	N.C.	3E	<i>Pseudoanabaenaceae</i> - S1 (32%)
Novembro					
1A	<i>Trachelomonas</i> sp.4 - W2 (21%) e <i>Cryptomonas</i> spp. - Y (18%)	2A	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (53%)	3A	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (19%) e <i>Peridinium umbonatum</i> - T (18%)
1B	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (42%) e <i>Euglena</i> sp.3 - W1 (19%)	2B	<i>Cosmarium</i> sp.3 - N (42%)	3B	<i>Cosmarium</i> sp.3 - N (28%) e <i>Pleurotenium minutum</i> - T (27%)
1C	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (35%) e <i>Strombomonas verrucosa</i> - W2 (16%)	2C	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (37%)	3C	<i>Haplotaenium minutum</i> - N (28%)
		2D	<i>Cosmarium obtusatum</i> e <i>C.</i> sp4 - N (36%) e <i>Pseudoanabaenaceae</i> - S1 (30%)	3D	<i>Pseudoanabaenaceae</i> - S1 (66%)
		2E	<i>Pseudoanabaenaceae</i> - S1 (39%) e <i>Cryptomonas</i> spp. - Y (29%)	3E	<i>Cryptomonas</i> spp. - Y (33%)

Obs.: N.C. - amostra não-coletada; *Cryptomonas* spp. - todas as espécies do gênero *Cryptomonas* que ocorreram no respectivo ponto amostral.

A ordenação de grupos funcionais pela ACC sugere que em grande parte das Estações de amostragem do mês de julho e agosto, as algas dos grupos **Lo**, **Y** e **N** estão correlacionadas com elevados valores de nutrientes. Segundo Reynolds *et al.* (2002), todos esses grupos são característicos de águas moderadamente enriquecidas. No mês de julho, não foi registrado termoclina, mas no mês de agosto, nas Estações 2 e 3, foram observadas termoclinas, no entanto, nessas estações, ocorreu o predomínio de organismos do grupo funcional **Y** (fitoflagelados), os quais tem capacidade de migrar na coluna d'água.

Já, para as Estações do mês de setembro, o grupo funcional **Sn** correlacionou-se negativamente com elevados valores de temperatura da água, e o grupo

W1, registrado em algumas estações do mês de setembro (principalmente a Estação 2 com a dominância da espécie *Euglena* sp.3, na superfície e no fundo), correlacionou-se com elevados valores de saturação de oxigênio e reduzidos valores de nutrientes e condutividade elétrica. Segundo Reynolds *et al.* (2002), espécies pertencentes ao grupo funcional **W1** seriam encontradas em ambientes rasos, com vegetação ou outro aporte de matéria orgânica e com alta demanda de oxigênio dissolvido disponível.

Por fim, na maioria das estações do mês de novembro e algumas estações de amostragem de outubro apresentaram predomínio de algas dos grupos **S1** e **W2**, estes, por sua vez, estiveram correlacionados com elevados valores de

temperatura da água. Os meses de outubro e novembro, como evidenciado pela ACC (Figura 5), apresentaram grupos funcionais distintos dos demais meses, talvez pelas alterações limnológicas impostas pelo início do período chuvoso.

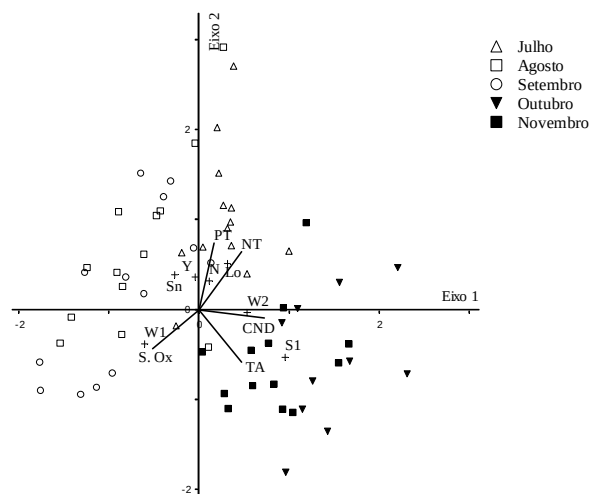


Figura 5. Escores derivados da ACC, aplicados aos dados de distribuição vertical de grupos funcionais fitoplanctônicos e dados ambientais. Os pontos indicam as Estações de amostragem, as letras indicam os grupos funcionais de acordo com Reynolds *et al.* (2002), os códigos das variáveis ambientais são: TA - temperatura da água; S, Ox - saturação de oxigênio; CND - condutividade; NT - nitrogênio total e PT - fósforo total.

No mês de outubro, as Cyanophyceae filamentosas (grupos funcionais **S1** e **Sn**) devem ter sido favorecidas pela isoterminia e baixa transparência, provavelmente, provocadas pela precipitação. As Cyanophyceae são aptas a viver em ambientes com elevada temperatura (Shapiro, 1990), alta turbulência (Ganf, 1983) e baixos teores de luz (Smith, 1986). Entretanto, para o mês de novembro, observou-se a presença de termoclina nas estações de amostragem 2 e 3. Nessas Estações, abaixo da termoclina, notou-se aumento de Cyanophyceae filamentosas (grupo funcional **S1**), enquanto acima da termoclina e algumas, no fundo, houve predomínio de fitoflagelados (Cryptophyceae – grupo funcional **Y**; Euglenophyceae – grupo funcional **W2**) e algumas Zygnemaphyceae unicelulares e filamentosas (grupo funcional **N** e **T**, respectivamente).

De forma geral, na distribuição vertical, houve uma distinção dos grupos funcionais fitoplanctônicos, entre os períodos de baixa precipitação (julho, agosto e setembro) e os de início da precipitação (outubro e novembro). As espécies C-estrategistas, formadas basicamente por fitoflagelados pertencentes aos grupos funcionais **Y**, **W1**, **W2** e **Lo**, foram favorecidas pelas condições deste vale bloqueado, no período de baixa

precipitação, pois, nesses períodos, o lago apresentou elevada concentração de nutrientes e saturação de oxigênio.

Já, nos períodos de elevada precipitação, as espécies fitoplanctônicas favorecidas no perfil vertical do lago dos Tigres foram SR-estrategistas, formadas basicamente por espécies filamentosas de maior dimensão linear e pertencente aos grupos funcionais **S1**, **T** e **N**. Essas espécies tem habilidade para minimizar a hebvoria (Olrik, 1994) e foram favorecidas pelo aumento da temperatura da água e diminuição da transparência.

Analisando conjuntamente os dados limnológicos, os de biovolume e os grupos funcionais predominantes, pode-se concluir que, durante o período de estudo, o lago dos Tigres apresentou perfil vertical oligo-mesotrófico, e que o ciclo hidrológico exerce importante influência na estrutura e dinâmica vertical da comunidade fitoplanctônica de um vale bloqueado.

Agradecimentos

Agradecemos à Secretaria de Ciência e Tecnologia de Goiás (Sectec, Estado de Goiás), pelo financiamento do projeto; ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos DTI-G; à J.C.N. (Proc. 507274/2004-0). Agradecemos, ainda, à Agência Ambiental do Estado de Goiás, pelas análises de nutrientes.

Referências

- CARMOUZE, J.P. *O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas*. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1994.
- CLESCERI, L.S. *et al. Métodos normalizados para el analisis de águas potables y residuales*. 17. ed. Madrid: Ediciones Diaz de Santos, 1992.
- COLE, G.A. *Textbook of limnology*. 4th ed. Illinois: Waveland Press, 1994.
- DRAGO, E.C. Origen y clasificación de ambientes leníticos en llanuras aluviales. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, Santa Fe, Argentina, v. 7, p. 123-137, 1976.
- EDLER, L. *Recommendations for marine biological studies in the Baltic Sea, phytoplankton and Chlorophyll*. [S.l.]: Unesco. Working Group 11. Baltic Marine Biologist, 1979.
- GANF, G.G. An ecological relationship between *Aphanizomenon* and *Daphnia pulex*. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, Melbourne, v. 34, n. 5, p. 755-773, 1983.
- GARCIA DE EMILIANI, M.O. Phytoplankton ecology of the middle Paraná River. *Acta Limnol. Bras.*, São Paulo, v. 3, p. 391-417, 1990.
- GARCIA DE EMILIANI, M.O. Effects of water level fluctuations on phytoplankton in a river-floodplain lake system (Paraná River, Argentina). *Hydrobiologia*, Bélgica, v. 357, p. 1-15, 1997.

- HENRY, T. *et al.* A comparative study of thermal structure, heat content and stability of stratification in three lakes. In: TUNDISI, J.G.; SAIJO, Y. (Ed.). *Limnological studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1997. p. 69-77.
- HILLEBRAND, H. *et al.* Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *J. Phycol.*, Lawrence, v. 35, p. 403-424, 1999.
- HUSZAR, V.L.M. Fitoplâncton. In: BOZELLI, R.L. *et al.* (Ed.). *Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico*. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/SBL, 2000. p. 91-104.
- HUSZAR, V.L.M.; REYNOLDS, C.S. Phytoplankton periodicity and sequences of dominance in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Pará, Brazil): responses to gradual environmental change. *Hydrobiologia*, Bélgica, v. 346, p. 169-181, 1997.
- IBÁÑEZ, M.S.R. Phytoplankton composition and abundance of a Central Amazonian floodplain lake. *Hydrobiologia*, Bélgica, v. 362, p. 79-83, 1998.
- IZAGUIRRE, I. *et al.* Variation in phytoplankton composition and limnological features in a water-water ecotone of the Lower Paraná Basin (Argentina). *Freshwater Biol.*, Oxford, v. 46, p. 63-74, 2001.
- JUNK, W.J. *et al.* The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Can. Spec. Pbl. Fish. Aquat. Sci.*, Ottawa, v. 106, p. 110-127, 1989.
- JUNK, W.J.; FURCH, K.A. A general review of tropical South America floodplains. *Wetlands: Ecology and Management*, New York, v. 2, n. 4, p. 231-238, 1993.
- KALFF, J. *Limnology: inland water ecosystems*. New Jersey: Prentice-Hall, 2002.
- KRUK, C. *et al.* Classification schemes for phytoplankton: a local validation of a functional approach to the analysis of species temporal replacement. *J. Plankton Res.*, London, v. 24, p. 901-912, 2002.
- LUND, J.W.G. *et al.* The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. *Hydrobiologia*, Bélgica, v. 11, p. 143-170, 1958.
- MACKERETH, F.J.H. *et al.* *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Kendall: Titus Wilson and Sons, 1978. (Freshwater Biological Association Sci. Publ., 36).
- MARGALEF, R. *Ecologia*. Barcelona: Omega, 1983.
- MARINHO, M.M.; HUSZAR, V.L.M. Nitrogen availability and physical conditions as controlling factors of phytoplankton composition and biomass in a tropical reservoir (Southern Brasil). *Arch. Hydrobiol.*, Stuttgart, v. 153, n. 3, p. 443-468, 2002.
- MCCUNE, B.; MEFFORD M. J. *Multivariate analysis of ecological Data Version 3.0. MjM Software*. Oregon: Gleneden Beach, 1997.
- MELO, S.; HUSZAR, V.L.M. Phytoplankton in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Brazil): diel variation and species strategies. *J. Plankton Res.*, London, v. 22, n. 1, p. 63-76, 2000.
- MELO, S. *et al.* Phytoplankton diel variation and vertical distribution in two Amazonian floodplain lakes (Batata Lake and Mussura Lake, Pará-Brazil) with different mixing regimes. *Amazoniana*, Manaus, v. 18, n. 1-2, p. 1-10, 2004.
- NABOUT, J.C. *et al.* Phytoplankton community of floodplain lakes of the Araguaia River, Brazil, in the rainy and dry seasons. *J. Plankton Res.*, London, v. 28, n. 2, p. 181-193, 2006.
- NABOUT, J.C.; NOGUEIRA, I.S. Spatial and temporal dynamics of phytoplankton functional group in a blocked valley (Brazil). *Acta Limnol. Bras.*, São Paulo, v. 19, p. 305-314, 2007.
- OLRIK, K. *Phytoplankton ecology: determining factors for the distribution of phytoplankton in freshwater and the sea*. Denmark: Ministry of Environment, 1994.
- PADISÁK, J. Phytoplankton. In: O'SULLIVAN, P.E.; REYNOLDS, C.S. (Ed.). *The lakes handbook 1. limnology and limnetic ecology*. Oxford: Blackwell Science, 2003. p. 251-308.
- REYNOLDS, C.S. On the vertical distribution of phytoplankton in the middle rio Doce Vale lakes. In: TUNDISI, J. G.; SAIJO, Y. (Ed.). *Limnological studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1997a. p. 227-241.
- REYNOLDS, C.S. *Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory*. Germany: Ecology Institute, 1997b.
- REYNOLDS, C.S. *et al.* Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *J. Plankton Res.*, London, v. 24, p. 417-428, 2002.
- SHAPIRO, J. Currents beliefs regarding dominance by blue-greens: the case for the importance of CO₂ and pH. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, Stuttgart, v. 24, p. 38-54, 1990.
- SMITH, V. Light and nutrient effects on the relative biomass of blue-green algae in lake phytoplankton. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Ottawa, v. 43, p. 148-153, 1986.
- TER BRAAK, C.J.F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, Tempe, v. 67, p. 1167-1179, 1986.
- THOMAZ, S.M. *et al.* Seasonal variation of some limnological factors of a Lagoa do Guaraná, a varzea lake of the high Rio Paraná, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, France, v. 25, p. 269-276, 1992.
- UHELINGER, V. Étude statistique des methodes de dénombrement planctonique. *Archives des Sciences*, Geneve, v. 17, n. 2, p. 121-223, 1964.
- UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.*, Berlin, v. 9, p. 1-38, 1958.
- VOLLENWEIDER, R. A. (Ed.). *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments*. 2nd ed. Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1974.

Received on December 11, 2006.

Accepted on September 18, 2007.