

# Estrutura da comunidade fitoplanctônica de um lago de inundação amazônico (Lago Catalão, Amazonas, Brasil)

## Phytoplankton community structure in an Amazon floodplain lake (Lago Catalão, Amazonas, Brazil)

Fabiane Ferreira de Almeida<sup>1,2</sup>  
fabiane.ecologia@gmail.com

Sérgio Melo<sup>1,3</sup>  
sergio.melo@pq.cnpq.br

### RESUMO

Este estudo analisou os atributos da comunidade fitoplanctônica (riqueza de espécies, diversidade, equitabilidade, densidade, estrutura de tamanho e taxa de modificação da comunidade) associados com algumas características físicas e químicas de um lago de água mista (branca e preta) durante quatro semanas consecutivas na cheia e na seca, em quatro estações amostrais e três profundidades (superfície, meio e fundo). O lago apresentou diferentes características limnológicas entre os períodos de seca e cheia. O fitoplâncton foi composto principalmente por algas nanoplânctônicas, especialmente Chlorophyceae e Cyanobacteria. Em ambos os períodos, o grupo funcional X1 foi a associação predominante no que se refere à densidade de organismos. Com relação aos períodos de amostragem, os maiores valores de riqueza, equitabilidade e diversidade foram registrados no período de seca, sendo Chlorophyceae, Euglenophyceae, Bacillariophyceae e Cyanobacteria os grupos com maior número de espécies, enquanto, no período de cheia, Chlorophyceae e Cyanobacteria foram os grupos com maior riqueza de espécies. As variáveis físicas e químicas determinantes na distribuição das espécies foram oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade elétrica e razão zona de mistura:zona eufótica.

**Palavras-chave:** fitoplâncton, planície de inundação, lago amazônico.

### ABSTRACT

This study analyzed the attributes of the phytoplankton community (species richness, diversity, equitability, density, size structure and rate of community compositional change) associated with some physical and chemical characteristics of a mixed water lake (white and black water) for four consecutive weeks in the dry and rain season, in four sampling sites and at three depths (surface, middle and bottom). The presented differences in limnological characteristics in the rainy and the dry season. The phytoplankton was composed, mainly by nanoplanktonic algae, especially Chlorophyceae and Cyanobacteria. In both periods the functional group X1 was the predominant association in terms of organism density. Considering the sampling seasons, the highest values of richness, equitability and diversity were recorded in the dry season. Chlorophyceae, Euglenophyceae, Bacillariophyceae and Cyanobacteria were the groups with the highest number of species in the dry season, while Chlorophyceae and Cyanobacteria were the groups with the highest species richness in the rainy season. The main physical and chemical variables that determine the distribution of the species were dissolved oxygen, temperature, electrical conductivity and ratio of mixing zone to euphotic depth.

**Key words:** phytoplankton, floodplain, Amazon Lake.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior. Av. André Araújo, 2936, Aleixo, Manaus, AM, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade do Estado do Amazonas. Av. Djalma Batista, 3578, Flores, 69050-030, Manaus, AM, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará. Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Campus Tapajós. Av. Vera Paz, s/n, Bairro Salé, 68035-110, Santarém, PA, Brasil.

## Introdução

O fitoplâncton de lagos de inundação está submetido a marcante sazonalidade determinada pelas variáveis ambientais associadas ao pulso de inundação, que foi apontado por Junk *et al.* (1989) como uma das maiores forças controladoras da dinâmica dos ecossistemas aquáticos amazônicos. Além disto, há diferentes tipos naturais de água, caracterizados, principalmente, pela coloração e pelas diferentes concentrações de nutrientes, como apresentado em Sioli (1984), que podem influenciar a estrutura da comunidade fitoplanctônica.

Estudos ecológicos sobre as algas planctônicas em lagos de planície de inundação da América do Sul têm sido realizados nas bacias dos rios Orinoco, na Venezuela (Sánchez e Vásquez, 1989) e na bacia do rio Paraná, na Argentina e no Brasil (García de Emiliani, 1980, 1981, 1997; García de Emiliani e Manavella, 1983; Train e Rodrigues, 1997, 1998; Matsubara *et al.*, 2008). Em especial para a região amazônica, destacam-se os trabalhos realizados em escala sazonal e/ou nictemeral em um lago de águas claras do estado do Pará (Huszar e Reynolds, 1997; Melo e Huszar, 2000; Melo *et al.*, 2004), em um lago de águas brancas no estado do Amazonas (Ibañez, 1998) e, mais recentemente, os trabalhos de Nabout *et al.* (2006), em um lago de águas claras na bacia do rio Araguaia, de Pinilla (2006), em um lago de águas claras na planície de inundação da Amazônia Colombiana, e de Raupp *et al.* (2009), na planície de inundação do rio Negro no estado do Amazonas, em um lago de águas pretas.

De um modo geral, os estudos da comunidade fitoplanctônica em lagos de inundação têm apresentado como resultado uma marcada influência do pulso de inundação sobre esta, sendo que, em geral, os maiores valores dos atributos da comunidade fitoplanctônica estão associados à seca (Huszar e Reynolds, 1997; Ibañez, 1998; Raupp

*et al.*, 2009). Além das respostas às flutuações das variáveis limnológicas dos ambientes em escala sazonal, alguns trabalhos têm demonstrado que o fitoplâncton de lagos amazônicos, de modo similar a alguns outros lagos tropicais, têm apresentado interessantes respostas a variações em curta escala de tempo, seja em escala nictemeral (Melo e Huszar, 2000; Melo *et al.*, 2004), seja semanal (Huszar e Reynolds, 1997). Tais variações podem estar associadas ao curto tempo de geração das algas planctônicas (1-10 dias) e à variabilidade dos fatores físicos, químicos e biológicos que interferem nos processos de crescimento e perda do fitoplâncton (Huszar e Giani, 2004), evidenciando, assim, a importância da realização de estudos sobre o fitoplâncton em escala mais próxima ao tempo de geração das algas.

Com base na bibliografia disponível, pode-se observar que, além de escassos, os trabalhos sobre ecologia do fitoplâncton com ênfase na quantificação e identificação das espécies na região amazônica estão concentrados em lagos de águas claras e brancas; entretanto, parece haver uma diferença na composição e abundância de espécies (Huszar e Reynolds, 1997; Melo e Huszar, 2000; Melo *et al.*, 2004, Ibañez, 1998) que precisa ser melhor

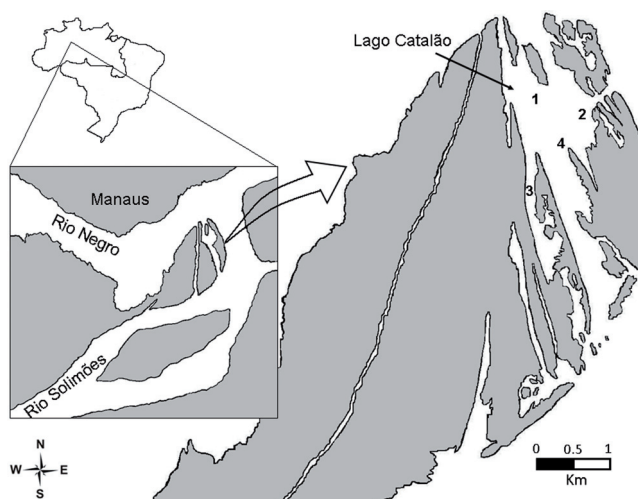
avaliada. Para lagos de inundação de águas pretas, cita-se apenas o trabalho de Raupp *et al.* (2009), porém ele aborda unicamente populações de diatomáceas, não havendo informações sobre a dinâmica destes organismos em ambientes de águas pretas e águas mistas (pretas e brancas) na região amazônica.

Neste contexto, o presente estudo teve por objetivo analisar a estrutura da comunidade fitoplanctônica, em escala semanal e sazonal, em diferentes estações e profundidades de coleta em um lago de inundação amazônico de águas mistas, o lago Catalão.

## Material e Métodos

### Área de estudos

O Catalão (Figura 1) é um lago de inundação situado próximo à confluência do rio Solimões com o rio Negro, próximo à cidade de Manaus (3°10'04"S e 59°54'45"W), sendo influenciado pelo rio Negro no início da enchente, rio que se caracteriza por apresentar reduzidos valores de pH, geralmente inferiores a 5, com condutividade elétrica em torno de 8-10  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , e pelo rio Solimões no final da enchente e cheia, que, por sua vez é caracterizado por apresentar elevada



**Figura 1.** Mapa do Lago Catalão indicando as estações de amostragem.  
**Figure 1.** Map of the Catalão Lake indicating the sampling sites.

turbidez, pH próximo da neutralidade (6-7) e condutividade elétrica em torno de 60-90  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (Sioli, 1984). Desta forma, o balanço hidrológico do lago Catalão é grandemente influenciado pelas magnitudes relativas dos influxos dos rios Solimões e Negro, podendo ser descrito como uma mistura variável destas duas fontes quimicamente distintas, havendo, portanto, uma sequência temporal e espacial bastante particular de variação das características físicas e químicas para este lago (Almeida e Melo, 2009).

### Amostragem e análises

As coletas foram realizadas semanalmente durante quatro semanas no período de seca (outubro-novembro/2006) e de cheia (abril-maio/2007). No período de seca, o lago se apresentava sem comunicação com os rios adjacentes; por outro lado, na cheia o lago recebia influência dos rios adjacentes. A definição dos períodos deu-se com base na cota hidrométrica do rio Negro e de acordo com Bittencourt e Amadio (2007).

Amostras foram coletadas em quatro diferentes estações (Tabela 1) ao longo da zona limnética do lago (Figura 1). A definição das estações de amostragem levou em consideração se estas eram perenes, ou seja, estavam disponíveis para amostragem tanto na seca quanto na cheia. Cada estação foi amostrada em três diferentes profundidades (superfície, meio e fundo) com auxílio de garrafa de van Dorn. As profundidades de amostragem fo-

ram definidas de acordo com a profundidade total do lago.

As amostras de fitoplâncton foram acondicionadas em frascos de 100 ml, fixadas com solução de lugol acético a 1% (Vollenweider, 1974) e mantidas no escuro até a quantificação. A quantificação dos indivíduos foi realizada em microscópio óptico invertido pelo método de Utermöhl (1958), utilizando câmaras de sedimentação de tamanhos variados – volumes entre 5 e 25 ml, dependendo da concentração de algas e de material em suspensão. Em cada amostra, unidades (células, colônias e filamentos) foram quantificadas de acordo com o método de campos aleatórios (Uehlinger, 1964). A partir do método da área mínima foi estabelecido um número constante de campos a serem contados (30), que foi baseado no padrão das amostras, adquirido a partir da averiguação da estabilidade de novas espécies, considerando as amostras que apresentaram maior riqueza. Para a análise da estrutura da comunidade fitoplancônica os seguintes atributos foram utilizados: riqueza de espécies (número total de táxons inventariados), densidade populacional (indivíduos por mililitro), equitabilidade ( $J_s$ ) de acordo com Pielou (1966), e a diversidade específica ( $H_o$ ) foi calculada segundo o Índice de Shannon-Wiener (Shannon e Weaver, 1963). Para melhor organização do estudo da comunidade, o tamanho das algas foi calculado e classes de tamanho foram definidas de acordo com Sieburth *et al.* (1978) como na-

noplâncton (2-20  $\mu\text{m}$ ) e microplâncton (2-2000  $\mu\text{m}$ ) e o tamanho das algas foi calculado a partir do Maior Eixo Linear (GALD). A taxa de modificação da comunidade foi estimada a partir das amostras semanais dentro de cada período amostrado, pelo índice da Diferenças Somadas (SD), de acordo com Lewis (1978). O sistema de classificação adotado para as classes taxonômicas foi o de Van Den Hoeck *et al.* (1995).

As variáveis abióticas temperatura (TEMP) ( $^{\circ}\text{C}$ ) e condutividade elétrica (COND) ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) foram analisadas com equipamento marca YSI modelo 63, e o oxigênio dissolvido (OD) ( $\text{mg L}^{-1}$ ) com o auxílio do equipamento marca YSI modelo 55. A transparência - m (TRANSP) foi analisada com o auxílio de um disco de Secchi e utilizada para estimar a zona de mistura e zona eufótica e, posteriormente, a razão entre estas duas variáveis (Zmix:Zeu) através do método proposto por Naselli-Flores (2000). Os teores de nitrogênio total -  $\text{mg L}^{-1}$  (NT) e fósforo total -  $\text{mg L}^{-1}$  (PT) foram calculados somente para a cheia e segundo as técnicas descritas em Golterman *et al.* (1978).

### Análise de dados

Diferentes estratégias de análise foram utilizadas para evidenciar a relação entre as variáveis abióticas e a densidade algal. Primeiramente, a existência desta relação foi avaliada através de uma análise de correspondência canônica (ACC). A hipótese

**Tabela 1.** Localização das quatro estações de amostragem ao longo do Lago Catalão.

**Table 1.** Location of the four sampling sites along the Catalão Lake.

Ponto	Localização		Características principais
	Latitude	Longitude	
Estação 1	3° 9' 41.20"	59° 54' 54.20"	localiza-se mais ao norte do lago próximo ao canal de conexão do lago com o rio Negro
Estação 2	3° 9' 45.68"	59° 54' 35.78"	localiza-se mais à leste no lago, localiza-se próximo à várzea por onde ocorre uma das entradas do rio Solimões
Estação 3	3° 10' 06.85"	59° 55' 01.71"	localizado na região rasa do lago, margeada pela floresta de várzea, em uma área mais isolada do lago
Estação 4	3° 9' 59.30"	59° 54' 37.80"	localiza-se na região centro-leste do lago, é a região mais profunda do mesmo

nula de ausência de relação entre as matrizes (biótica e abiótica) foi verificada através de um teste de Monte Carlo. As linhas das variáveis ambientais foram alocadas randomicamente e a ACC foi calculada. Para a realização da ACC foram utilizadas 1.000 randomizações, resultados de linhas e colunas padronizadas por Centralização e Normalização, e os resultados para o gráfico foram derivados das espécies, pois, segundo Oksanen *et al.* (2007), este método é mais robusto aos ruídos existentes na amostragem. Todas as análises foram realizadas no programa Pc-ORD (McCune e Mefford, 1997).

A segunda estratégia utilizada foi uma análise de componentes principais (ACP) com rotação VARIMAX para reduzir a dimensionalidade dos dados ambientais (Legendre e Legendre, 1998; Heino *et al.*, 2003; Bini *et al.*, 2007). O padrão de variação da comunidade fitoplancônica foi sumarizado através de uma análise de Escalonamento Multidimensional Não-Mé-

trica (NMS). Posteriormente, os valores derivados da solução em uma dimensão da NMS (sumarizando os dados biológicos) foram utilizados em uma regressão simples (Zar, 1974) juntamente com os valores encontrados para o primeiro eixo da ACP.

Na análise de dados para a seca foram consideradas as seguintes variáveis físicas e químicas: OD, COND, TEMP, Zmix:Zeu e PROF; para a cheia, além das citadas anteriormente, foram acrescentados os valores de NT e PT. Todos os cálculos foram realizados no programa PC-ORD (McCune e Mefford, 1997). Todos os gráficos apresentados foram confeccionados com o auxílio do programa SigmaPlot 2001.

## Resultados e Discussão

O ambiente estudado apresentou uma acentuada variação nos valores de profundidade entre as estações e entre os períodos, refletindo as influências morfológicas e morfométricas

do lago, bem como a variação sazonal do ciclo hidrológico. Concomitantemente a isto foi observada uma forte variação sazonal entre as variáveis físicas e químicas da água do lago, especialmente no que se refere aos valores de condutividade elétrica, que também apresentaram uma marcada flutuação entre as estações no período de seca (Tabela 2). Os altos valores de condutividade elétrica (Tabela 2) observados na seca podem estar associados ao fato do lago apresentar menor profundidade, estando mais exposto à ação do vento e devido à menor profundidade permitir a circulação de búfalos (*Bubalus bubalis*) que pastam na área no entorno do lago. Estes fatores favorecem a res-suspensão de sedimentos conduzindo a uma redução nos valores de transparência da água e a um aumento nos valores de condutividade elétrica. De um modo geral, foi observada uma forte variação entre as estações de amostragem (variação espacial) durante a seca, enquanto que no período

**Tabela 2.** Valores das variáveis limnológicas e atributos da comunidade fitoplancônica (riqueza, diversidade e equitabilidade) para o Lago Catalão nos períodos de seca e cheia. PROF – profundidade; TRANS – transparência; OD – oxigênio dissolvido; COND – condutividade elétrica; TEMP – temperatura; NT – nitrogênio total; PT – fósforo total (– dados ausentes).

**Table 2.** Values of limnological variables and attributes of the phytoplankton community (species richness, diversity, equitability) of the Catalão Lake in the rainy and dry seasons. PROF - depth; TRANS - transparency; DO - dissolved oxygen; COND - electrical conductivity; TEMP - temperature; NT - total nitrogen; PT - total phosphorus (– missing data).

Variáveis	Seca				Cheia			
	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4
PROF (m)	1,37±0,40	1,23±0,20	0,9±0,08	4,50±2,12	9,75±1,25	9,87±2,65	8,75±0,95	13±1,15
TRANS (m)	0,25±0,040	0,36±0,04	0,15±0,04	0,50±0,08	0,63±0,20	0,81±0,37	0,82±0,21	0,70±0,20
TEMP (°C)	30,80±1,30	31,42±1,34	30,31±1,45	31,18±1,88	29,22±0,61	29,38±0,73	29,62±0,75	29,40±0,47
COND (µS cm <sup>-1</sup> )	186±8,80	194,21±9,24	355,74±53	194,53±9,27	59,13±18,79	53,66±17,93	50,33±18,10	56,33±17,83
OD (mg L <sup>-1</sup> )	3,50±0,80	2,71±0,78	2,83±0,54	2,27±1,83	1,90±0,51	2,32±0,37	1,72±0,84	1,83±0,48
NT (mg L <sup>-1</sup> )	--	--	--	--	0,36±0,16	0,44±0,23	0,28±0,08	0,47±0,41
PT (mg L <sup>-1</sup> )	--	--	--	--	0,25±0,10	0,28±0,09	0,27±0,17	0,26±0,16
NT:PT (razão de massa)	--	--	--	--	1,81±0,86	1,79±1,23	1,28±0,67	2,15±2,08
Riqueza	62±12	60±6	87±16	57±4	23±5	28±6	32±4	24±2,06
Diversidade	1,93±0,40	1,90±0,22	4,46±0,61	2,19±0,61	1,02±0,23	1,15±0,29	1,71±0,56	1,46±0,63
Equitabilidade	0,14±0,03	0,12±0,01	0,34±0,04	0,18±0,05	0,07 ±0,01	0,08±0,02	0,12±0,04	0,11±0,05



de cheia as maiores variações foram constatadas entre as semanas analisadas (variação temporal-semanal), conforme discutido por Almeida e Melo (2009).

Um total de 233 táxons foi registrado para o lago Catalão, pertencendo a 10 classes taxonômicas (Figura 2). A classe Chlorophyceae foi a que apresentou maior riqueza, com 98 táxons, destacando-se os gêneros *Desmodesmus* e *Monoraphidium*, com 10 espécies cada um. A importância da classe Chlorophyceae tem sido averiguada em diversos ambientes, tanto naturais (Melo e Huszar, 2000) como artificiais (Martins e Fernandes, 2006), sugerindo o caráter altamente cosmopolita das espécies desta classe. Com relação aos períodos de amostragem, o maior número de táxons foi registrado no período de seca, sendo Chlorophyceae, Euglenophyceae, Bacillariophyceae e Cyanobacteria os grupos com maior número de espécies, enquanto no período de cheia Chlorophyceae e Cyanobacteria foram os grupos com maior riqueza de espécies (Figura 2).

A diversidade específica apresentou valores médios variando de 1,02 bits.

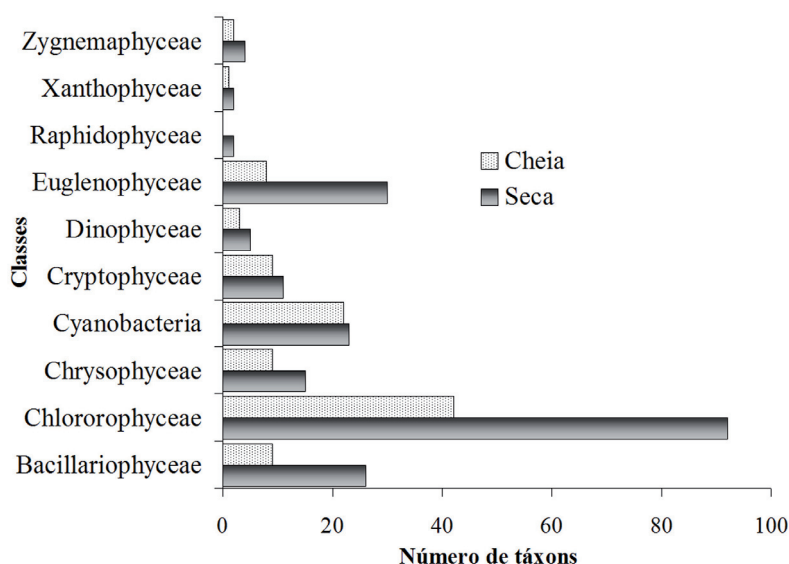
ind<sup>-1</sup> (E1 cheia) a 4,46 bits.ind<sup>-1</sup> (E3 seca); padrão semelhante foi apresentado pela equitabilidade, que variou de 0,07 a 0,34 nas mesmas estações referidas para a diversidade (Tabela 2). Estes atributos mostraram uma variação sazonal e espacial. Quando comparado com outro lago de inundação amazônico, o lago Batata (Melo e Huszar, 2000), os valores de diversidade específica e de equitabilidade foram menores em todas as fases do ciclo hidrológico, porém os valores de diversidade foram maiores que os encontrados por García de Emiliani e Manavella (1983) na bacia do médio rio Paraná (1,22 – 3,68 bits ind<sup>-1</sup>).

No lago Catalão, os maiores valores de diversidade, riqueza e equitabilidade foram observados na estação três, no período de seca, que apresentou os menores valores de profundidade e maiores valores de condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e Zmix:Zeu. Neste ponto é importante destacar a influência que os valores Zmix:Zeu parecem possuir sobre a dinâmica da comunidade fitoplancônica na seca. Isto porque os altos valores desta razão indicam que o limite da zona de mistura ultrapassa

em quase a totalidade das amostras o limite da zona eufótica, o que parece indicar que na seca a estrutura da comunidade fitoplancônica não possuiu limitação por luz. Nesta estação também foi observada proteção vegetal, que se constitui, também, como fonte enriquecimento através da entrada de matéria orgânica alóctone no ambiente.

Ecossistemas que possuem fontes de enriquecimento favorecem o aumento da diversidade e riqueza da comunidade fitoplancônica por permitir que as espécies raras tenham acesso aos novos recursos (Hillebrand *et al.*, 2007); este parece ser o caso do lago Catalão. No entanto, é importante destacar que o aumento da diversidade e da riqueza depende, dentre outros fatores, de quão equitativo é o ambiente que possui disponibilidade de recursos, em princípio. No caso do lago Catalão, os pontos amostrados com maiores valores de condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido e menor limitação por luz (maiores valores de Zmix:Zeu) também apresentaram os maiores valores de equitabilidade, o que favoreceu também o aumento da riqueza e diversidade (Tabela 2).

Com relação à densidade populacional do fitoplâncton, foram constatados elevados valores, estando estes entre  $5 \times 10^5$  e  $1 \times 10^3$  ind.ml<sup>-1</sup> na seca e entre  $11 \times 10^4$  e  $4 \times 10^3$  ind.ml<sup>-1</sup> na cheia. Assim como observado no presente estudo, maiores valores de densidade para a seca também foram relatados em estudos realizados em outros lagos de inundação amazônicos registrados por Ibañez (1998), Huszar e Reynolds (1997), Melo e Huszar (2000) e Raupp *et al.* (2009). No período de seca, Cyanobacteria constituiu o grupo predominante, seguido por Euglenophyceae, sendo *Synechococcus elongatus* Nägeli ( $10 \times 10^4$  ind mL<sup>-1</sup>) a espécie que apresentou a maior densidade nas estações 1, 2, 4 (Figura 3A); já na estação 3, *Planktothrix isothrix* (Bory de Gomon) Anagn. & Komárék ( $3 \times 10^4$  ind mL<sup>-1</sup>) foi a espécie dominante (Figura 3A). Neste período, quatro gru-



**Figura 2.** Riqueza de espécies total por classe taxonômica em cada período de amostragem (seca e cheia).

**Figure 2.** Species richness for taxonomic class in each sampling season (rainy and dry).

pos funcionais foram dominantes: **X1** (*S. elongatus*), **W1** (*Lepocinclis acus* Ehrenberg), **Y** (*Cryptomonas marssonii* Skuja e *Cryptomonas pyrenoidifera* Geitler) e **S1** (*P. isothrix*), grupos estes característicos de ambientes com grande quantidade de nutrientes e matéria orgânica (Reynolds *et al.*, 2002; Padisák *et al.*, 2009). Já no período de cheia, o maior valor de densidade populacional (Figura 3B) foi registrado na estação 2 ( $12 \times 10^4$  ind  $\text{mL}^{-1}$ ). Neste período, o grupo funcional dominante foi o **X1** (*S. elongatus*). As Cyanobacteria, assim como no período de seca, foram a classe dominante (Figura 3B), sendo acompanhadas pelas Chlorophyceae, em vez de Euglenophyceae, como na seca.

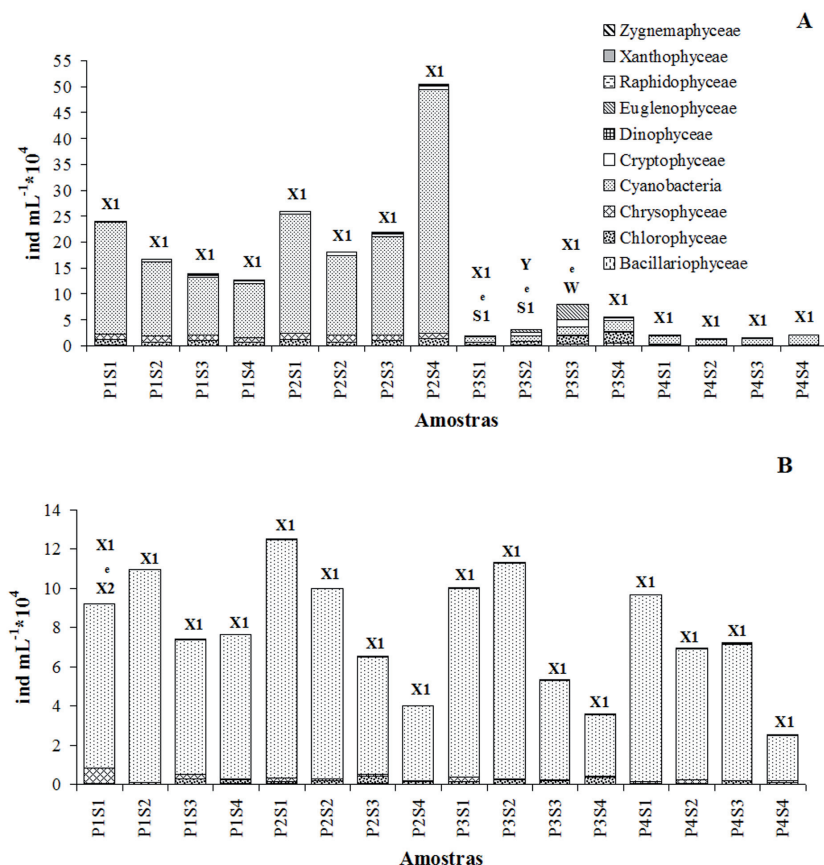
Na seca, 56% das amostras apresentaram valores de densidade fitoplancônica semelhantes entre as profundidades superfície e fundo (Figura 4A). Na cheia, 69% das amostras apresentaram valores de densidade maiores na superfície quando comparados com os valores de densidade registrados para o fundo (Figura 4B). Este fato pode estar associado ao lago Catalão ser um ambiente raso, principalmente na seca, favorecendo maior circulação da massa de água, conforme discutido por Almeida e Melo (2009).

Com base na ACC para o período de seca, os dois primeiros eixos explicaram 44% da variabilidade. O teste de Monte Carlo indicou que os dois primeiros eixos derivados da ACC, com

as espécies dominantes e as variáveis ambientais para a seca, foram significativos (Tabela 3).

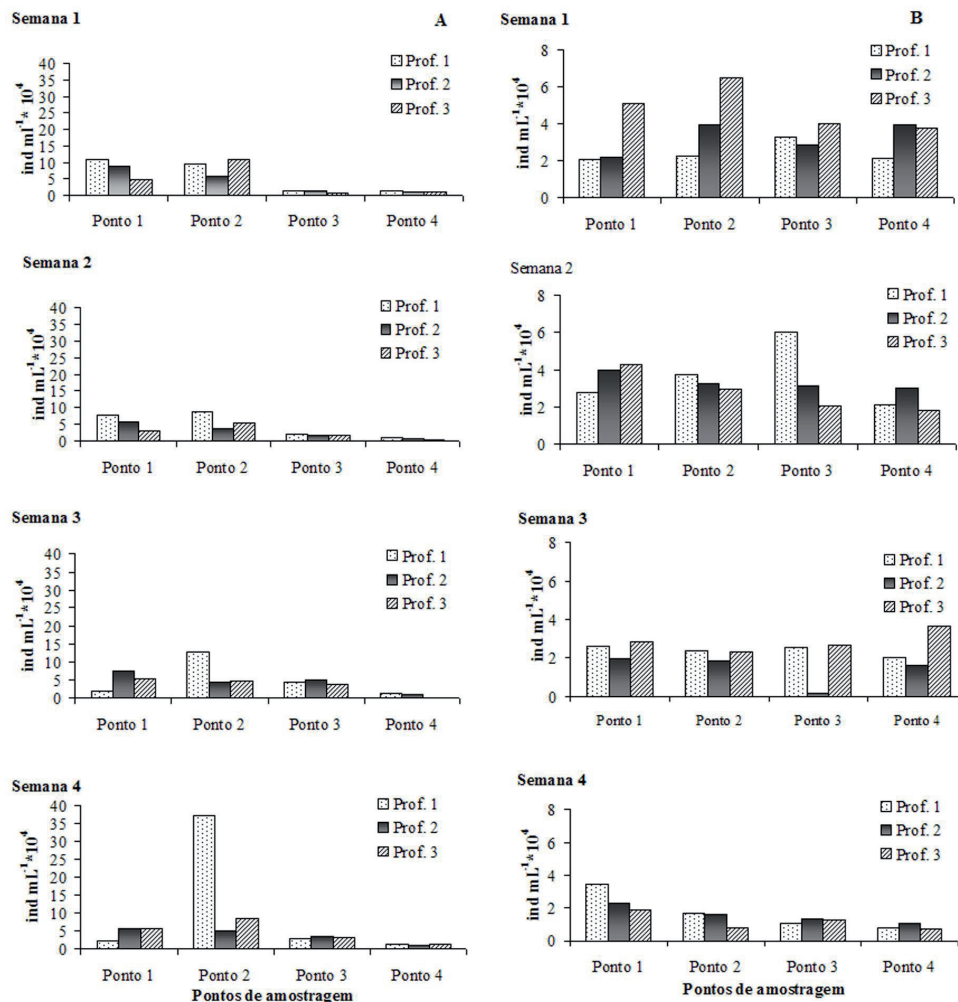
Analisando os valores para as espécies derivadas da ACC realizada para a seca, foi possível verificar que, ao longo do primeiro eixo (Figura 5A), as Chrysophyceae (*Chromulina* spp. Cienkowski, *Synura petersonii* (Petersen & Hansen) Korsikov, *Sphaleromantis* cf. *ochraceae* (Ehrenberg) Pascher, Cryptophyceae (*C. marssonii* e *C. pyrenoidifera*), Chlorophyceae (*Pedinomonas minutissima* Skuja) e Cyanobacteria nanoplancônicas (CIANO I – *S. elongatus*, *Synechococcus mundulus* Skuja, *Synechococcus elegans* (Wolosz.) Komárk e *Pseudanabaena voronichinii* Lauterborn) estiveram mais associadas aos maiores valores de PROF e TEMP (Figura 5A). Por outro lado, Cyanobacteria microplancônicas (CIANO II – *P. isothrix* e *Merismopedia warmigiana* Lagerheim) e Euglenophyceae (*Trachelomonas volvocina* Ehrenberg e *L. acus*) possuíam maiores dominâncias relacionadas aos maiores valores de COND e menores valores de profundidade. No segundo eixo (Figura 5B), os principais preditores da comunidade foram OD e Zmix:Zeu, sendo que CYANO I e II e Euglenophyceae foram associadas aos menores valores de OD e Zmix:Zeu. Por outro lado, Chrysophyceae, Cryptophyceae e Chlorophyceae dominaram nos locais que possuíam os maiores valores de OD e Zmix:Zeu.

Com relação à classe Cyanobacteria, destaca-se a espécie *P. isothrix*, que foi dominante na primeira semana de coleta no período de seca, mas que foi substituída, na segunda semana, por *T. volvocina*. A espécie *P. isothrix*, do grupo funcional S1, é tolerante à deficiência de luz, porém é sensível a descargas rápidas de água (Reynolds *et al.*, 2002; Padisák *et al.*, 2009). A sensibilidade de *Planktothrix* a fortes precipitações e consequente escoamento superficial também foi constatada em um típico lago de região temperada, onde houve uma perda considerável



**Figura 3.** Densidade fitoplancônica (ind  $\text{mL}^{-1} \times 10^4$ ) do Lago Catalão - (A) seca e (B) cheia. (P – estações amostradas e S – semanas amostradas). As letras acima das barras indicam o grupo funcional dominante de acordo com Reynolds *et al.* (2002).

**Figure 3.** Phytoplankton density (ind  $\text{mL}^{-1} \times 10^4$ ) of the Catalão Lake - (A) dry season and (B) rainy season. (P – Sampling sites and S – sampling weeks). The letters above the bar indicate the dominant functional groups, according to Reynolds *et al.* (2002).



**Figura 4.** Densidade fitoplanctônica (ind mL<sup>-1</sup>\*10<sup>4</sup>) por profundidade no Lago Catalão - A) seca e B) cheia.  
**Figure 4.** Phytoplankton density (ind mL<sup>-1</sup>\*10<sup>4</sup>) for depth in the Catalão Lake - A) dry season and B) rainy season.

**Tabela 3.** Dados estatísticos do teste de Monte Carlo. Correlação das espécies e variáveis ambientais (seca/2006 e cheia/2007) (\*seca e cheia).

**Table 3.** Statistical data of Monte Carlo test. Species-environment correlations for the Catalão Lake (dry/2006 and rainy/2007) (\*dry and rain).

Eixos	Dados reais	Dados randomizados (1000 randomizações)			
	Correlação spp x ambiente	Média	Mínimo	Máximo	p 0,01
Seca-1	0,957	0,408	0,245	0,657	<b>0,001</b>
Seca-2	0,642	0,425	0,193	0,695	<b>0,006</b>
Seca-3	0,604	0,457	0,220	0,707	0,050
Cheia-1	0,79	0,648	0,468	0,827	<b>0,008</b>
Cheia-2	0,871	0,593	0,4	0,764	<b>0,001</b>
Cheia-3	0,682	0,551	0,375	0,742	0,028
*S&C-1	0,868	0,341	0,221	0,511	<b>0,001</b>
* S&C-2	0,491	0,319	0,19	0,565	<b>0,006</b>
* S&C-3	0,624	0,339	0,163	0,512	0,001

na população de *Planktothrix* após a descarga rápida de água (*flushing*) (Davis *et al.*, 2003; Davis e Walsby, 2007). Desta forma, os baixos valores de transparência encontrados na estação 3 não se caracterizaram como um fator limitante para a proliferação de *P. isothrix*; por outro lado, a intensa precipitação, seguida pelo escoamento superficial e entrada de água nas camadas superficiais do lago, além dos ventos fortes ocorridos neste período de estudo, inclusive no próprio dia da coleta, caracterizando uma rápida descarga de água e desestabilizando a coluna d'água, foram fatores que podem ter favorecido a substituição desta espécie por *T. volvocina*.

A importância de Euglenophyceae (*T. volvocina* e *L. acus*) em lagos de inundação também foi observada na planície de inundação do rio Paraná (Oliveira e Calheiros, 2000) e em lagoas de inundação do rio Araguaia (Nabout *et al.*, 2009), quando o ambiente apresentava condições de baixas concentrações de oxigênio dissolvido e altos valores de matéria orgânica e nutrientes (nitrogênio total), semelhantemente ao registrado no presente estudo (Tabela 2). Este grupo é oportunista, vivendo em ambientes com baixas quantidades de oxigênio dissolvido (Oliveira e Calheiros, 2000). A preferência destas espécies por locais com baixa quantidade de oxigênio dissolvido também pode ser constatada na análise de ACC realizada neste estudo.

Com relação à ACC para a cheia, os dois primeiros eixos explicaram 25% da variação. O teste de Monte Carlo indicou que os dois primeiros eixos derivados da ACC, com as espécies dominantes e as variáveis ambientais para a cheia, foram significativos (Tabela 3).

Ao analisar os valores para as espécies derivados da ACC realizada para a cheia, foi possível verificar que os principais preditores da comunidade, para o primeiro eixo, foram profundidade, OD e TEMP (Figura 5C). Neste período, as Cyanobacteria nanoplac-

tônicas (CYANO I – Chroococaceae 1, *Gloeocapsa* cf. *syderoclamis* (Skujaj) Starmach, *Planktolingbya minor* (Geitler & Rutner) Komárek & Cronberg, *Romeria* sp. e *S. elegans*) foram associadas fortemente às maiores profundidades e aos baixos valores de OD e TEMP, enquanto as demais classes apresentaram dominância positivamente relacionada aos maiores valores de OD e TEMP e menores valores de profundidade.

O segundo eixo (Figura 5D) evidenciou que Cyanobacteria nanoplantônias (CYANO II – *S. elongatus*, *S. mundulus* e *Rabdoglea smithii* Komárek) e Chlorophyceae (*Monoraphidium circinale* (Nigaard) Nigaard e *Monoraphidium contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová) estiveram associadas aos maiores valores de COND, nitrogênio e fósforo totais. As Cryptophyceae (*C. pyrenoidifera*) foram forte e positivamente influenciadas por maiores valores de PROF, OD e TEMP. Chrysophyceae (*Chromulina* sp.1 e *S. cf. ochraceae*) e CYANO I parecem não estar sendo influenciadas por estas variáveis, tendo apresentado valores intermediários no eixo 2 da ACC.

O teste de Monte Carlo (Tabela 3) indicou que os dois primeiros eixos derivados da ACC, com as espécies dominantes e as variáveis ambientais para a seca e cheia, em conjunto, foram significativos e explicaram 29,1% da variação, evidenciando a presença de espécies que são características de seca e aquelas que são características de cheia (Figura 5E). Desta forma, as Cyanobacteria nanoplantônicas (CYANO I) representadas, nesta análise, por *G. cf. syderochlamis*, Chroococcaceae, *S. elongatus*, *S. mundulus*, *S. elegans*, foram características da cheia. Por outro lado, Chlorophyceae (*P. minutissima*) e Cyanobacteria microplanctônicas (CYANO II), representadas, nesta análise, por *P. isothrix* e *M. warmigiana*, registraram maiores densidades na seca. As classes Chrysophyceae (*Chromulina* spp, *S.*

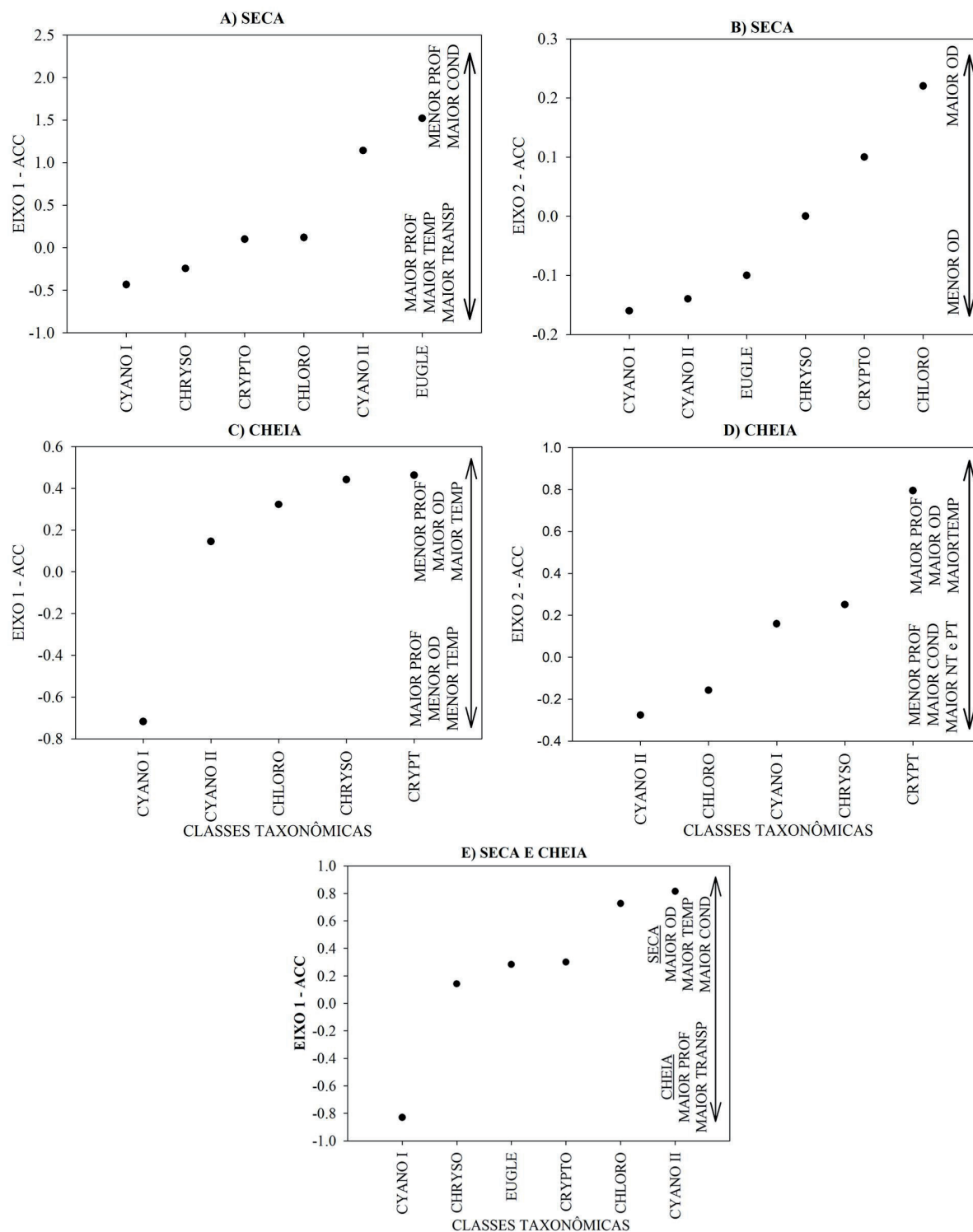
*petersinii*, *S. cf. ochraceae*), Euglenophyceae (*T. volvocina* e *L. acus*) e Cryptophyceae (*C. pyrenoidifera* e *C. marsonii*) foram encontradas em ambos os períodos sazonais; no entanto, parecem estar mais associadas ao período de seca.

O agrupamento referente à cheia, citado anteriormente, foi composto, basicamente, pelos grupos funcionais **Z** e **X1**, que apresentaram maiores valores de densidade na cheia, período em que foram observados, também, os maiores valores de transparência da água (Tabela 2). Por outro lado, o segundo grupo, composto por espécies pertencentes aos grupos funcionais **S1**, **W2**, **L0**, **Y**, **X1**, **E**, apresentou maiores valores de densidade na seca, período no qual foram registrados os maiores valores de temperatura, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido (Tabela 2).

Na NMS, realizada para ambos os períodos, a porcentagem de explicação com a solução em uma dimensão (1-D) foi bastante satisfatória (Tabela 4). O primeiro eixo da ACP para ambos os períodos também concentrou a maior parte da variação (Tabela 4). Regressões simples foram realizadas entre os valores dos sítios da NMS (sumarizaram os dados bióticos) e os valores dos sítios do primeiro eixo da ACP (sumarizaram os dados abióticos), indicando uma forte relação entre estes dois eixos para os períodos de seca e cheia, bem como para os dados de ambos os períodos analisados conjuntamente (Figuras 6A, 6B, 6C). É importante ressaltar que os resultados obtidos pelas análises acima foram consistentes com aqueles obtidos com a ACC.

A taxa de modificação da comunidade (Reynolds, 1984) ou taxa de sucessão (Lewis, 1978) é a medida quantitativa das variações na composição e biomassa das espécies. Uma análise de variância ( $p < 0,05$ ) indicou a não existência de diferença significativa na taxa de modificação da comunidade entre os períodos amostrados (teste T –  $p = 0,85$ ;  $T = 0,19$ ), tendo a seca, entretanto,



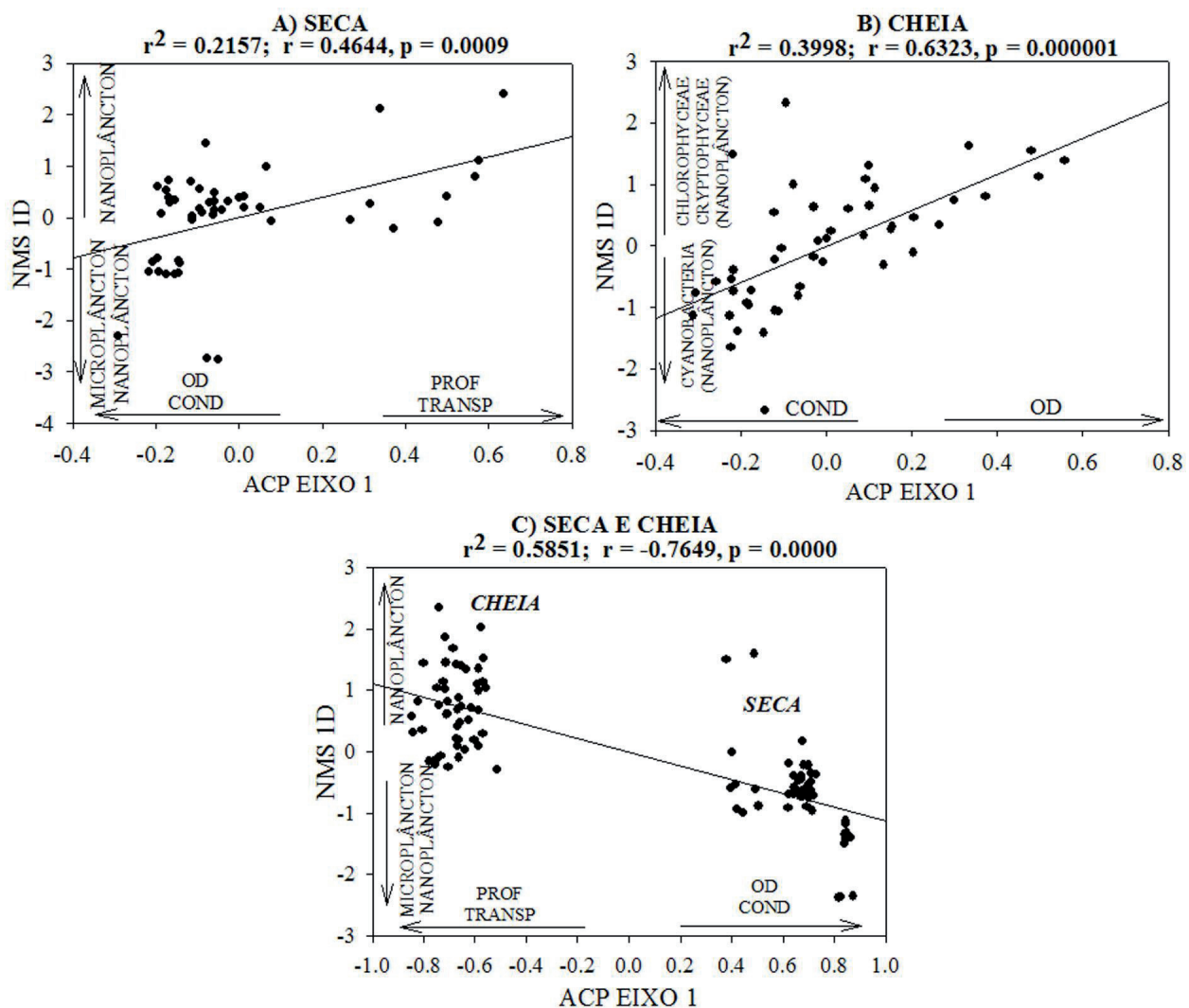


**Figura 5.** Análise de correlação canônica das estações de amostragem baseada nos dados bióticos e na média dos valores dos grupos taxonômicos nos dois primeiros eixos da ACC nos dois períodos de amostragem. Os códigos são: TEMP: temperatura; COND: condutividade elétrica; OD: oxigênio dissolvido; TRANSP: transparência; NT: nitrogênio total; PT: fósforo total; CHRYSO: Chrysophyceae; CRYPTO: Cryptophyceae; CYANO I: Cyanobacteria I; CYANO II: Cyanobacteria II; CHLORO: Chlorophyceae; EUGLE: Euglenophyceae.

**Figure 5.** Canonical correspondence analysis ordination of sites based on biotic data and average scores of taxonomic groups on the first two CCA axes in the two sampling seasons. The codes are: TEMP: temperature; COND: electrical conductivity; OD: dissolved oxygen; TRANSP: transparency; NT: total nitrogen; PT: total phosphorus; CHRYSO: Chrysophyceae; CRYPTO: Cryptophyceae; CYANO I: Cyanobacteria I; CYANO II: Cyanobacteria II; CHLORO: Chlorophyceae; EUGLE: Euglenophyceae.

**Tabela 4.** Porcentagem de explicação para a análise de NMS-1D e para os dois primeiros eixos da PCA (\*correlação entre as distâncias obtidas pela ordenação e as distâncias no espaço dimensional original).**Table 4.** Percentage of explanation of the NMS-1D and the two first axis of the Principal Component Analysis (PCA axis 1) (\*correlation between the distances obtained by sorting and the distances in the original space).

	% Explicada		
	NMS - 1D	EIXO 1 - ACP	EIXO 2 - ACP
Seca	0.88	0.62	0.20
Cheia	0.60	0.60	0.30
Seca e Cheia	0.70	0.80	0.10

**Figura 6.** Regressões simples entre o primeiro eixo do Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMS-1D) e o primeiro eixo da análise de componentes principais (ACP eixo 1).**Figure 6.** Simple regression between the first axis of the Nonmetric Multidimensional Scaling (NMS-1D) and the first axis of principal component analysis (PCA axis 1).

apresentado valores levemente maiores que a cheia. Na seca, os valores da taxa de modificação da comunidade diminuíram em direção à quarta semana, variando entre 0,161 dia<sup>-1</sup> e 0,025 dia<sup>-1</sup>, com mínima registrada no intervalo da terceira para a quarta semana, período em que o lago ainda se encontrava isolado. Neste período, os maiores valores das taxas de modificação foram registrados para a estação 3, entre as semana 1 e 2, isto pode estar ligado à substituição de *P. isothrix* por *T. volvocina*.

Zalocar de Domitrovic (2002, 2003), estudando a bacia do médio rio Paraná, e Huszar e Reynolds (1997), em estudos realizados no lago Batata – PA, encontraram valores de taxa de mudança da comunidade maiores (0,3 dia<sup>-1</sup>) do que os encontrados neste trabalho; além disto, os maiores valores de taxa de modificação estiveram associados à cheia, ao contrário do que foi descrito para neste estudo, onde os maiores valores foram relatados para seca. Indicando na seca, uma maior heterogeneidade ambiental encontrada no lago Catalão, provavelmente devido ao menor fluxo da água entre os compartimentos do lago e ao aumento da diferença entre as estações amostradas com relação às características físicas, químicas e biológicas.

Em síntese, a comunidade fitoplanctônica respondeu nitidamente à influência do pulso de inundação, que refletiu um forte padrão de distribuição que foi evidenciado por ambas as estratégias utilizadas para a análise dos dados. Espécies microplancônicas foram mais associadas ao período de seca, enquanto que as espécies nanoplancônicas foram encontradas em ambos os períodos. Contudo, dentre as espécies fitoplanctônicas encontradas no lago Catalão, *P. isothrix*, *S. elongatus*, *L. acus* e *T. volvocina* parecem ser as que mais se beneficiaram com as condições limnológicas do ambiente, principalmente no período de seca. As variáveis físicas e químicas de maior importância na definição da dinâmica da estrutura fitoplanctônica, neste

estudo, foram TEMP, OD, COND e Zmix:Zeu.

## Agradecimentos

Agradecemos à CAPES pela bolsa de mestrado concedida à primeira autora, ao CNPq pelo auxílio financeiro (Proc. 485618/2007-9, Universal-2007), à FAPEAM pela bolsa de PVS concedida ao segundo autor e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Aquática e Pesca Interior, à Coordenação de Pesquisas em Biologia Aquática do INPA pelo apoio logístico e a Wellington Silva Pedroza pelo auxílio nas amostragens; ao Prof. Dr. Luís Maurício Bini pelo auxílio nas análises de dados.

## Referências

- ALMEIDA, F.F.; MELO, S. 2009. Considerações limnológicas sobre um lago da planície de inundação amazônica (lago Catalão – Amazonas - Brasil). *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, **31**(4):387-395.
- BINI, L.M.; VIEIRA, L.C.G.; MACHADO, J.; VELHO, L.F.M. 2007. Concordance of species composition patterns among microcrustaceans, rotifers and testate amoebae in a shallow pond. *International Review of Hydrobiology*, **92**(1):9-22. <http://dx.doi.org/10.1002/iroh.200610865>
- BITTENCOURT, M.M.; AMADIO, S. A. 2007. Proposta para a identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões – Amazonas nas proximidades de Manaus. *Acta Amazonica*, **37**(2):303-308.
- DAVIS, P.A.; WALSBY, A.E. 2007. Comparison of measured growth rates calculated from rates of photosynthesis in *Planktothrix* spp. isolated from Blelham Tarn, English Lake District. *New Phytologist*, **156**:225-239. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1469-8137.2002.00495.x>
- DAVIS, P.A.; DENT, M.; PARKER, J.; REYNOLDS, C.S.; WALSBY, A.E. 2003. The annual cycle of growth rate and biomass change in *Planktothrix* spp. in Blelham Tarn, English Lake District. *Freshwater Biology*, **48**:852-867. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01055.x>
- GARCIA DE EMILIANI, M.O. 1980. Fitoplancton de una laguna del valle aluvial del Paraná medio ("Los Matadores", Santa Fé, Argentina). 1. Estructura y distribución en relación a factores ambientales. *Ecología*, **4**:127-140.
- GARCÍA DE EMILIANI, M.O. 1981. Fitoplancton de los principales cauces y tributarios del Valle aluvial del Rio Paraná: Tramo Goya-diamante. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, **12**:112-125.
- GARCÍA DE EMILIANI, M.O. 1997. Effects of level fluctuations on phytoplankton in a river-floodplain lake system (Paraná River, Argentina). *Hydrobiologia*, **357**:1-15. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1003149514670>
- GARCÍA DE EMILIANI, M.O.; MANAVELLA, M.I.A. 1983. Fitoplancton de los principales cauces y tributarios del valle aluvial del rio Paraná: Tramo Goya-diamante. III. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, **14**:217-237.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. 1978. *Methods for physical and chemical analysis of fresh waters*. 2ª ed., Oxford, Blackwell Publications, 213 p. (IBP Handbook, nº 8).
- HEINO, J.; MUOTKA, T.; PAAVOLA, R.; PAA-SIVIRTA, L. 2003. Among-taxon congruence in biodiversity patterns: can stream insect diversity be predicted using single taxonomic groups? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, **60**:1039-1049. <http://dx.doi.org/10.1139/f03-081>
- HILLEBRAND, H.; GRUNER, D.S.; BORER, E.T.; BRACKEN, M.E.S.; CLELAND, E.; HARPOLE, W.S.; NGAI, J.T.; SEABLOOM, E.W.; SHURIN, J.B.; SMITH, J.E. 2007. Consumer versus resource control of producer diversity depends on ecosystem type and producer community structure. *PNAS*, **104**:10904-10909. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0701918104>
- HUSZAR, V.L.M.; REYNOLDS, C.S. 1997. Phytoplankton periodicity and sequences of dominance in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Pará, Brasil): response to gradual environment change. *Hydrobiologia*, **346**:169-181. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1002926318409>
- HUSZAR, V.L.M.; GIANI, A. 2004. Amostragem da comunidade fitoplanctônica em águas continentais: reconhecimento de padrões espaciais e temporais. In: C.E.M. BICUDO; D.C. BICUDO (orgs.), *Amostragem em limnologia*. São Carlos, Rima, p. 133-147.
- IBÁÑEZ, M.S.R. 1998. Phytoplankton composition and abundance of a central Amazonian floodplain lake. *Hidrobiologia*, **362**:79-83.
- JUNK, W.J.; BAILEY, P.B.; SPARKS, R.E. 1989. The floodpulse concept in river-floodplain systems. In: D. DODGE (ed.), *Proceedings of the International Large River Symposium*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, vol. 106.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. 1998. *Numerical ecology*. Amsterdam, Elsevier, 853 p.
- LEWIS Jr., W.M. 1978. Analysis of succession in a tropical phytoplankton community and a new measure of succession rate. *American Naturalist*, **112**:401-414. <http://dx.doi.org/10.1086/283282>
- MARTINS, F.C.O.; FERNANDES, V.O. 2006. Fitoplâncton da lagoa do campus universitário da UFES (Vitória, ES): estrutura da comunidade e considerações ecológicas. *Neotropical Biology and Conservation*, **1**(2):101-109.

- MATSUBARA, C.P.; MALTCHIK, L.; TORGAN, L.C. 2008. Diversity and distribution of algae in wetlands of the Rio Grande do Sul, Brazil. *Neotropical Biology and Conservation*, **3**(1):21-27.
- McCUNE, B.; MEFFORD, M.J. 1997. *Multivariate analysis of ecological data*. Version 3.0. MjM Software, Gleneden Beach.
- MELO, S.; HUSZAR, V.L. 2000. Phytoplankton in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Brasil): Diel variation and species strategies. *Journal of Plankton Research*, **22**(1):63-76. <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/22.1.63>
- MELO, S.; HUSZAR, V.L.M.; ROLAND, F.; ESTEVES, F.A.; BOZELLI, R. 2004. Phytoplankton diel variation and vertical distribution in two Amazonian floodplain lakes (Batata lake and Mussurá lake, Pará, Brasil) with different mixing regimes. *Amazoniana*, **18**(1-2):1-10.
- NABOUT, J.C.; NOGUEIRA, I.S.; OLIVEIRA, L.G. 2006. Phytoplankton community of floodplain lakes of the Araguaia River, Brazil, in the rainy and dry seasons. *Journal of Plankton Research*, **28**(2):181-193. <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/fbi111>
- NABOUT, J.C.; NOGUEIRA, I.S.; OLIVEIRA, L.G. 2009. Estrutura de populações de fitoflagelados nas lagoas de inundação do rio Araguaia, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, **23**(1):67-72. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062009000100008>
- NASELLI-FLORES, L. 2000. Phytoplankton assemblages in twenty-one Sicilian reservoirs: relationships between species composition and environmental factors. *Hydrobiologia*, **424**:1-11. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1003907124528>
- OKSANEN, J.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; O'HARA, B.; STEVENS, M.H.H. 2007. *Vegan: Community Ecology Package. R package version 1.8-8*. Disponível em: <http://cran.r-project.org/>, <http://r-forge.r-project.org/projects/vegan/>. Acesso em: 04/07/2009.
- OLIVEIRA, M.D.; CALHEIROS, D.F., 2000. Flood pulse influence on phytoplankton communities of the south Pantanal floodplain, Brazil. *Hydrobiologia*, **427**:101-112. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1003951930525>
- PADISÁK, J.; CROSSETTI, L.O.; NASELLI-FLORES, L. 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia*, **621**:1-19. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-008-9645-0>
- PIELOU, J. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, **13**:131-144. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](http://dx.doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0)
- PINILLA, G.A. 2006. Vertical distribution of phytoplankton in a clear water lake of Colombian Amazon (Lake Boa, Middle Caquetá). *Hydrobiologia*, **568**:79-90. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-006-0038-y>
- RAUPP, S.V.; TORGAN, L.; MELO, S. 2009. Planktonic diatom composition and abundance in the Amazonian floodplain Cutiaú Lake are driven by the flood pulse. *Acta Limnologica Brasiliensis*, **21**(2):227-234.
- REYNOLDS, C.S. 1984. Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. *Freshwater Biology*, **14**:111-142. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.1984.tb00027.x>
- REYNOLDS, C.S.; HUSZAR, V.L.M.; KRUK, C.; FLORES-NASELLI, L.; MELO, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, **24**(5):417-428. <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/24.5.417>
- SÁNCHEZ, L.; VÁSQUEZ, E. 1989. Hydrochemistry and phytoplankton of a major blackwater river (Caroni) and a hydroelectric reservoir (Macagua) Venezuela. *Archiv für Hydrobiologie suppl.*, **33**:303-313.
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Urbana, Illinois University Press, 177 p.
- SIEBURTH, J.M.C.N.; 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. <http://dx.doi.org/10.4319/lo.1978.23.6.1256>
- SIOLI, H. 1984. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. In: H. SIOLI (ed.), *The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Monogr. Biol. 56. The Hague, Dr. W. Junk Publ., p. 127-165.
- TRAIN, S.; RODRIGUES, L.C. 1998. Temporal fluctuations of the phytoplankton community of the Baía River in the upper Paraná River floodplain, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Hydrobiologia*, **361**:125-134. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1003118200157>
- TRAIN, S.; RODRIGUES, L.C. 1997. Distribuição espaço temporal da comunidade fitoplancônica. In: A.E.A.M. VAZZOLER; A.A. AGOSTINHO; N.S. HAHN (eds.), *A planície de inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá, EDUEM, UEM-NUPELIA, p. 105-115.
- UHELINGER, V. 1964. Étude statistique des méthodes de denombrement planctonique. *Archives Sciences* **17**(2):121-223.
- UTERMÖHL H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitteilungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, **19**:1-38.
- VAN DEN HOEK, C.; MANN, D.G.; JAHNS, H.M. 1995. *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge, Cambridge University Press, 623 p.
- VOLLENWEIDER, R.A. 1974. *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments*. Oxford, Blackwell Scientific, 225 p.
- ZALOCAR DE DOMITROVIC, Y. 2002. Structure and variation of the Paraguai River phytoplankton periods of its hydrological cycle. *Hydrobiologia*, **472**:177-196. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1016304803431>
- ZALOCAR DE DOMITROVIC, Y. 2003. Effect of fluctuations in water level on phytoplankton development in three lakes of the Paraná River Floodplain (Argentina). *Hydrobiologia*, **510**:175-193. <http://dx.doi.org/10.1023/B:HYDR.0000008643.50105.4b>
- ZAR, J.H. 1974. *Biostatistical analysis*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 620 p.

Submitted on July 20, 2010.

Accepted on January 25, 2011.