

Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica a jusante e montante do reservatório de Corumbá, Caldas Novas, Estado de Goiás, Brasil

Claudinéia Almeida da Silva*, Sueli Train e Luzia Cleide Rodrigues

Departamento de Biologia/Nupélia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. *Author for correspondence. e-mail: casilva@nupelia.uem.br

RESUMO. O fitoplâncton desempenha um importante papel na teia trófica de ambientes lóticos; no entanto, estudos sobre o potamoplâncton no Brasil são ainda escassos. O presente trabalho visa a caracterizar a comunidade fitoplanctônica, nas estações a montante e jusante do reservatório de Corumbá, Estado de Goiás, e identificar as principais variáveis ambientais que influenciam sua estrutura. Foram realizadas coletas mensais, a subsuperfície, em 3 estações, no período de novembro de 1996 a novembro de 1997, e, bimestrais de janeiro de 1998 a maio de 1999. Foram analisados os padrões de distribuição do fitoplâncton em relação a alguns fatores limnológicos: temperatura da água, vazão, turbidez, condutividade elétrica, fósforo solúvel reativo, íon amônio, nitrato e nitrogênio Kjeldahl total, utilizando-se análise de correspondência canônica. Foram identificados 162 táxons. As classes Cyanophyceae e Bacillariophyceae foram as mais abundantes, sendo responsáveis pelos picos de densidade registrados. Durante o período de estudo, a maior densidade fitoplanctônica (28.313 ind.ml⁻¹) foi registrada no rio Corumbá a jusante do reservatório, com dominância da diatomácea *Achnanthes minutissima*. *Cylindropermopsis raciborskii*, cianoprocaríota heterocitada, apresentou elevadas abundâncias nas estações a montante do reservatório, no período de seca. As variações observadas mostraram uma clara sazonalidade relacionada ao ciclo hidrológico, sendo que as menores densidades fitoplanctônicas ocorreram no período de maior vazão, enquanto que os máximos de abundância foram registrados durante reduzida vazão. Assim, a dinâmica da comunidade fitoplanctônica foi fortemente determinada pela vazão do rio Corumbá, temperatura da água e concentração de nutrientes.

Palavras chave: potamoplâncton, rio Corumbá, dinâmica fitoplanctônica, biomonitoramento.

ABSTRACT. Structure and dynamics of the phytoplankton community downstream and upstream Corumbá reservoir, Caldas Novas, state of Goiás, Brazil. Although phytoplankton plays an important role in the trophic web of lotic environments, studies on potamoplankton in Brazil are still scarce. The present study aims at characterizing the phytoplankton community in stations upstream and downstream Corumbá reservoir in the state of Goiás, and at identifying the main environmental variables that influence its structure. Samples of sub-surface water were collected monthly in 3 stations (2 upstream Corumbá reservoir and 1 downstream), from November 1996 to November 1997, and bimonthly from January 1998 to May 1999. The distribution pattern of phytoplankton was analyzed through the limnological factors of water temperature, flow, turbidity, electric conductivity, reactive soluble phosphorus, ammonium, nitrate, and total Kjeldahl nitrogen, using canonical correspondence analysis. Among the 162 taxa identified, Cyanophyceae and Bacillariophyceae were the most abundant and were responsible for density peaks. During the study period, the largest phytoplankton density (28.313 ind.ml⁻¹) registered in the Corumbá river occurred in the station lying downstream the reservoir, with the dominance of the diatom *Achnanthes minutissima*. The heterocytous cyanoprokaryote *Cylindropermopsis raciborskii* presented high abundance in the stations upstream the reservoir during the dry season. Variations showed a sharp seasonality related to the hydrological cycle, or rather, the lowest phytoplankton density occurred in the period of largest flow and maximum abundance was registered during reduced flow. Therefore, the dynamics of the phytoplankton community was strongly determined by the flow, temperature and nutrient concentrations of the Corumbá river.

Key words: potamoplankton, Corumbá river, phytoplankton dynamics, biological monitoring.

número total de indivíduos das espécies de uma amostra) (Lobo e Leighton, 1986); densidade populacional (número de indivíduos por mL); equidade (%); e diversidade específica (bits.ind.⁻¹), segundo o índice de Shannon e Wiener (Shannon e Weaver, 1963).

As algas foram agrupadas segundo sua máxima dimensão linear axial - Gald (*Greatest Axial Linear Dimension*), de acordo com Garcia de Emiliani (1993) e Train e Rodrigues (1998), sendo considerados quatro grupos de tamanho: > 1-20 µm (G1), >20-40 µm (G2), >40-100 µm (G3) e >100 µm (G4).

A similaridade entre as estações amostradas foi analisada quanto à composição taxonômica, utilizando-se a Distância Euclideana (Krebs, 1989) e o método de ligação (UPGMA – *Unweight Pair – Group Method Average*) (Sneath e Sokal, 1973).

Com os objetivos de resumir o conjunto de dados, identificando os gradientes temporais e espaciais, e avaliar quais variáveis estariam associadas com a flutuação da abundância das espécies fitoplanctônicas, utilizou-se a Análise de Correspondência Canônica (CCA), (Ter Braak, 1986). Para tanto, montou-se uma matriz com variáveis abióticas (temperatura da água, vazão do rio Corumbá, fósforo solúvel reativo, nitrato, íon amônio, nitrogênio Kjeldahl total, condutividade e turbidez) e outra com as densidades das espécies fitoplanctônicas mais frequentes nas amostras (50 espécies). Todas as variáveis, foram previamente log-transformadas. Foi utilizado o teste de Monte Carlo para testar a significância das correlações entre os dados abióticos e a abundância fitoplanctônica.

Os dados referentes aos fatores abióticos analisados foram fornecidos pelo Laboratório de Limnologia Básica do Núcleo de Pesquisas em

Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura (Nupélia) da Universidade Estadual de Maringá.

Resultados e discussão

A área de estudo situa-se em uma região de conspícua sazonalidade quanto à precipitação, com períodos mais secos durante o inverno. A vazão do rio Corumbá apresentou também uma clara sazonalidade, em decorrência da precipitação. Valores máximos de vazão (superiores a 1.200 m³.s⁻¹) foram registrados em janeiro e abril de 1997, e mínimos, em setembro de 1998. A vazão afetou as demais variáveis limnológicas, provocando variações temporais também definidas para algumas delas. Na Tabela 1 são apresentados valores mínimos e máximos dos principais fatores analisados. Correlações não significativas foram obtidas para os dados de nutrientes e vazão, registrados em 1996 – 1997, enquanto no período de 1997 – 1998, estas foram significativas (Universidade Estadual de Maringá, Nupélia/Furnas, 1998).

O levantamento taxonômico da comunidade fitoplanctônica do rio Corumbá no período de novembro de 1996 a maio de 1999 possibilitou a identificação de 162 táxons, estando esses distribuídos em nove classes taxonômicas (Tabela 2 e Figura 2). Dentre estes grupos taxonômicos, a classe Chlorophyceae foi a melhor representada em número de táxons, destacando-se os gêneros *Scenedesmus* e *Monoraphidium* pelo maior número de espécies registradas (15 e 8, respectivamente).

Registrou-se uma maior similaridade taxonômica entre as estações a montante do reservatório de Corumbá quanto à composição específica (Figura 3), provavelmente, devido à proximidade dessas estações. A estação a jusante do reservatório diferenciou-se por sofrer a ação dos vertedouros.

Tabela 1. Valores máximos e mínimos de algumas variáveis limnológicas no período de novembro de 1996 a maio de 1999 no rio Corumbá

	CRB-5		CRB00		CRB40	
	min	máx	min	máx	min	máx
PH	6,1 (mai/97)	9,9 (set/97)	6 (mar/97)	9,9 (set/97)	5,9 (mar/99)	7,2 (jul/97)
Vazão (m ³ .s ⁻¹)	64 (set/98)	1.380 (jan/97)	64 (set/98)	1.380 (jan/97)	57 (set/98)	895 (mar/99)
Temperatura da água (°C)	20,4 (jul/98)	28,6 (nov/97)	21 (mai/97 e jul/98)	30,3 (nov/97)	21 (ago/97)	27,6 (out/97)
Condutividade (µS.cm ⁻¹)	9,3 (mai/97)	65,6 (set/97)	22 (mar/99)	72,1 (out/97)	18,3 (mar/97)	51,3 (jul/97)
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	4,7 (jan/99)	9,4 (set/97)	4,58 (jan/99)	10,1 (jul/98)	0,94 (nov/98)	10,1 (ago/97)
PO ₄ (µg.L ⁻¹)	3 (mai/99)	10,3 (jun/97)	3,28 (mai/99)	14,9 (ago/97)	2,18 (set/97)	7 (dez/96)
NH ₄ (µg.L ⁻¹)	1 (abr/97)	128 (nov/96)	1 (abr/97)	37 (nov/96)	6,3 (ago/97)	181 (nov/96)
NO ₂ (µg.L ⁻¹)	0 (jul/98 e jan,mar,mai/99)	70 (nov/96)	0 (jul/98 e jan,mar,mai/99)	15 (mar/97)	n.d. (jul/98 e jan,mar,mai/99)	123 (fev/97)
NO ₃ (µg.L ⁻¹)	3 (set/97)	610 (jun/97)	5 (set/97)	620 (jun/97)	12 (nov/96)	320 (mai/97)
N Kjeldahl total (µg.L ⁻¹)	2.200 (mar/99)	133 (mar/97)	44 (jun/97)	2.131 (mar/99)	74 (nov/97)	620 (jul/97)
Transparência (m)	0,05 (jan/97 e mar/99)	1,0 (jan/98)	0,05 (mar/99)	1,0 (jul/97 e jan/98)	0,2 (mai/99)	total (maioria dos meses)
Turbidez (NTU)	9,4 (set/98)	495,2 (nov/98)	3 (out/97)	560 (mar/99)	1 (ago set/97)	75,7 (jan/97)

nd. – valores não detectáveis

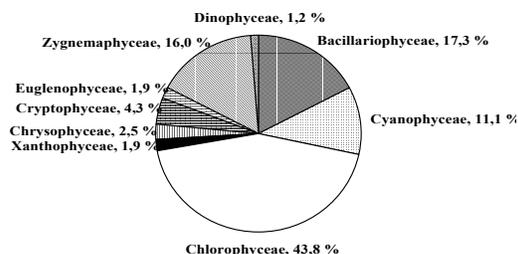
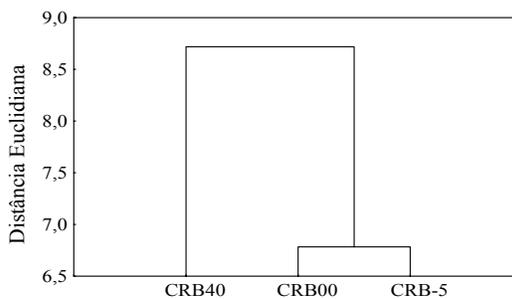
Tabela 2. Táxons fitoplanctônicos inventariados nas estações amostradas de novembro de 1996 a maio de 1999

BACILLARIOPHYCEAE	
<i>Achnanthes minutissima</i> Kütz.	<i>Fragilaria pinnata</i> Ehr.
<i>Achnanthes</i> sp.	<i>Fragilaria</i> sp.
<i>Achnanthes</i> sp.1	<i>Gomphonema augur</i> Ehr.
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Sim.	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim.	<i>Gomphonema</i> sp.
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim.	<i>Navicula</i> spp.
<i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemm.) Sim.	<i>Nitzschia amphibia</i> Grun.
<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Nitzschia palca</i>
<i>Cyclotella stelligera</i> (Cleve & Grun.) V. Heurck	<i>Nitzschia</i> sp.1
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	<i>Nitzschia</i> sp.2
<i>Cymbella</i> sp.	<i>Nitzschia</i> sp.3
<i>Eunotia</i> sp.	<i>Pinnularia gibba</i> Ehr.
<i>Fragilaria capucina</i> Desm.	<i>Pinnularia</i> sp.
<i>Fragilaria montana</i> (Kras.) Lang-Bert.	<i>Surirella</i> sp.
CYANOPHYCEAE	
<i>Aphanothece</i> sp.	<i>Merismopedia</i> sp.
<i>Anabaena circinalis</i> Rab.	<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz.
<i>Anabaena</i> sp.	<i>Microcystis</i> sp.
<i>Chroococcus</i> sp.	<i>Leptolyngbya lagerheimii</i> (Gom.) Agnost. Kom.
<i>Cylindropermopsis raciborskii</i> (Wolosz.) Seen. & Subba Raju	<i>Oscillatoria</i> sp.
<i>Gomphosphaeria</i> sp.	<i>Oscillatoria</i> sp.1
<i>Lyngbya</i> sp.	<i>Oscillatoria</i> sp.2
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehr.) Näg.	<i>Oscillatoria</i> sp.3
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemm.	<i>Pseudanabaena</i> sp.
CHLOROPHYCEAE	
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh.	<i>Schroederia</i> sp.
<i>Ankistrodesmus densus</i> Kors.	<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirch.) Möb.
<i>Chlorella</i> sp.	<i>Lagerheimia</i> sp.
<i>Closteropsis acicularis</i> (Sm.) Belch. & Sw.	<i>Micractinium bohemiense</i> (Conr.) Kors.
<i>Closteropsis</i> sp.	<i>Micractinium pusillum</i> Fres.
<i>Coelastrum microporum</i> Näg.	<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Kors.) Hind.
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn.	<i>Monoraphidium circinale</i> (Nyg.) Nyg.
<i>Coelastrum pseudomicroporum</i> Kors.	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom. - Legn.
<i>Coelastrum</i> sp.	<i>Monoraphidium convolutum</i> (Corda) Kom.-Legn.
<i>Coelastrum</i> sp.1	<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.
<i>Coenochloris planconvexa</i> Hind.	<i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Sm.) Kom.-Legn.
<i>Coenocystis</i> sp.	<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nyg.
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W & G.S. West	<i>Monoraphidium tortile</i> (W. & G.S. West) Kom. - Legn.
<i>Crucigenia</i> sp.	<i>Oocystis borgei</i> Snow
<i>Crucigeniella</i> sp.	<i>Oocystis lacustris</i> Chod.
<i>Dimorphococcus lunatus</i> A. Br.	<i>Pandorina</i> sp.
<i>Dimorphococcus</i> sp.	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Näg.	<i>Pediastrum tetras</i> (Ehr.) Ralfs
<i>Dictyosphaerium elegans</i> Bachm.	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chod.
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood	<i>Scenedesmus bicaudatus</i> Dedus.
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i> Printz	<i>Scenedesmus denticulatus</i> Lagerh.
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	<i>Scenedesmus dimorphus</i> (Turp.) Kütz.
<i>Eutetramorus foitii</i> (Hind) Kom. Senu Kom.	<i>Scenedesmus eornis</i> (Ehr.) Chod.
<i>Eutetramorus</i> sp.	<i>Scenedesmus javanensis</i> Chod.
<i>Fusola</i> sp.	<i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen
<i>Golenkinia paucispina</i> W & G.S. West	<i>Scenedesmus ovalternus</i> Chod.
<i>Golenkinia</i> sp.	<i>Scenedesmus opoliensis</i> P. Richt.
<i>Golenkiniopsis</i> sp.	<i>Selenastrum gracile</i> Reins.
<i>Kirchneriella obesa</i> (W. West.) Schm.	<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Kors.) Bourr.
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Bréb.	<i>Tetralantus lagerheimii</i> Teil.
<i>Scenedesmus protuberans</i> Frits.	<i>Tetralantus</i> sp.
<i>Scenedesmus westii</i> (G. M. Sm.) Chod.	<i>Tetrastrum heteracanthum</i> (Nordst.) Chod.
<i>Scenedesmus</i> sp.	<i>Tetrastrum</i> sp.
<i>Scenedesmus</i> sp.1	<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.

Continua....

Continuação

<i>Scenedesmus</i> sp.2	<i>Thorakochloris</i> sp.
<i>Schroederia setigera</i> (Schröd.) Lemm.	<i>Traubaria schmidlei</i> (Schr.) Fott & Kov.
XANTHOPHYCEAE	
<i>Goniochloris</i> sp.	<i>Isthmochloron gracile</i> (Reins.) Skuja
CHRYSTOPHYCEAE	
<i>Dinobryon bavaricum</i> Imhof	<i>Dinobryon sertularia</i> Ehr.
<i>Dinobryon divergens</i> Imhof	<i>Mallomonas</i> sp.
CRYPTOPHYCEAE	
<i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. & Bic.	<i>Cryptomonas</i> sp.
<i>Cryptomonas curvata</i> Ehr. (Penard emend.)	<i>Cryptomonas</i> sp.1
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	<i>Cryptomonas</i> sp.2
<i>Cryptomonas cf. ovata</i> Ehr.	
EUGLENOPHYCEAE	
<i>Phacus</i> sp.	<i>Trachelomonas</i> sp.
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Sw.	
ZYGNEMAPHYCEAE	
<i>Arthrodesmus extensus</i> (Bor.) Hir.	<i>Staurastrum ensiferum</i> Turn.
<i>Closterium cf. setaceum</i> Ehr. Ex Ralfs	<i>Staurastrum triangularis</i> (Lag.) teil.
<i>Closterium</i> sp.	<i>Staurastrum</i> sp.
<i>Closterium</i> sp.1	<i>Staurastrum</i> sp.1
<i>Cosmarium cf. undolatum</i>	<i>Staurastrum</i> sp.2
<i>Cosmarium cf. contractum</i> Kirch.	<i>Staurodesmus dejectus</i> (Bréb.) Teil.
<i>Cosmarium pseudocannatum</i> Nordst.	<i>Staurodesmus extensus</i> (Bor.) Teil.
<i>Cosmarium</i> sp.	<i>Staurodesmus cf. aristiferus</i> (Ralfs) Thom.
<i>Cosmarium</i> sp.1	<i>Staurodesmus</i> sp.
<i>Cosmarium</i> sp.2	<i>Staurodesmus</i> sp.1
<i>Euastrum</i> sp.	<i>Staurodesmus</i> sp.2
<i>Staurastrum dejectum</i> (Bréb.) Teil.	<i>Spyrogira</i> sp.
<i>Staurastrum cf. tetracerum</i> (Kütz.) ralfs	<i>Xanthidium cf. regulare</i> Nords.
DINOPHYCEAE	
<i>Peridinium</i> sp.	<i>Peridinium</i> sp.1

**Figura 2.** Participação relativa das classes taxonômicas, na composição do fitoplâncton de sub-superfície do rio Corumbá, no período de novembro de 1996 a maio de 1999, abrangendo as três estações de amostragem**Figura 3.** Proximidade florística entre as flóruas planctônicas das três estações de amostragem, no rio Corumbá

Foram registrados 48 táxons abundantes e dominantes (Tabela 3), dentre os quais, *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Scenedesmus protuberans* destacaram-se como espécies dominantes.

Tabela 3. Gald, grupos de tamanho e ocorrência de espécies abundantes (*) e dominantes (**), nas três estações amostradas

Táxons	Gald (µm)	Grupo	CRB-5	CRB00	CRB40
<i>Achnanthes minutissima</i>	19,2	1			**
<i>Aulacoseira ambigua</i>	116	4		*	
<i>Aulacoseira granulata</i>	119	4		*	*
<i>Cyclotella</i> sp.	12,7	1	*	*	*
<i>Cymbella</i> sp.	33,4	2			*
<i>Eunotia</i> sp.	17,8	1			*
<i>Fragilaria</i> sp.	120	4		*	*
<i>Gomphonema</i> sp.	60,3	3			*
<i>Nitzschia</i> sp.	58,6	3		*	*
<i>Nitzschia</i> sp.1	30,6	2			*
<i>Nitzschia</i> sp.2	25,5	2			*
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	125	4	**	**	**
<i>Merismopedia tenuissima</i>	12,7	1	*	*	*
<i>Microcystis</i> sp.	48,4	3			*
<i>Oscillatoria</i> sp.	105	4	*	**	*
<i>Oscillatoria</i> sp.1	112	4	**	**	*
<i>Oscillatoria</i> sp.2	120	4	*	*	*
<i>Oscillatoria</i> sp.3	217	4	*	*	*
<i>Pseudanabaena</i> sp.	83	3			*
<i>Coelastrum</i> sp.	25,6	2			*
<i>Coelastrum</i> sp.1	17,8	1	*		*
<i>Chlorella</i> sp.	13,6	1	*		*
<i>Closteriopsis scolia</i>	33,1	2			*
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	40,8	3			*
<i>Dimorphococcus</i> sp.	78	3		*	
<i>Eutetramorus</i> sp.	25	2	*		
<i>Micractinium pusillum</i>	5,1	1	*	*	
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	17,8	1			*
<i>Monoraphidium contortum</i>	15	1		*	
<i>Monoraphidium convolutum</i>	8,5	1	*		
<i>Monoraphidium griffithii</i>	35	2	*		
<i>Monoraphidium komarkovae</i>	71,4	3	*	*	*
<i>Monoraphidium tortile</i>	34,5	2	*		
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	89,3	3	*	*	
<i>Scenedesmus ovalternus</i>	35,7	2	*	*	
<i>Scenedesmus protuberans</i>	51	3	**	**	*
<i>Scenedesmus westii</i>	33	3	*	*	
<i>Schroederia setigera</i>	30,6	2	*		*
<i>Schroederia</i> sp.	56	3		*	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	15,3	1			*
<i>Cryptomonas</i> sp.	22,9	2	*	*	**
<i>Cryptomonas</i> sp.1	12,7	1		*	**
<i>Cryptomonas</i> sp.2	30,6	2			*
<i>Dinobryon divergens</i>	179	4			*
<i>Dinobryon sertularia</i>	240	4			*
<i>Mallomonas</i> sp.	25,6	2		*	*
<i>Staurodesmus</i> sp.1	51	3			*
<i>Trachelomonas</i> sp.	12,7	1			*

Quanto à estrutura de tamanho da comunidade fitoplanctônica, a maioria das espécies (52%) registradas nas três estações apresentou entre 20 e 100 µm. Quanto aos táxons dominantes, observou-se que *Oscillatoria* spp. e *Cylindrospermopsis raciborskii* (>100µm) ocorreram a montante do reservatório de Corumbá, sendo esta última espécie também registrada a jusante, onde predominaram, no entanto, espécies nanoplanctônicas (2-20 µm), tais como *Achnanthes minutissima* e *Cryptomonas* spp.

A riqueza de espécies variou de um táxon, registrado nos meses de janeiro de 1997, janeiro de 1998 e março de 1999 nas estações CRB-5 e CRB00, respectivamente, a 43 táxons em julho de 1998 na estação CRB00 (Figura 4).

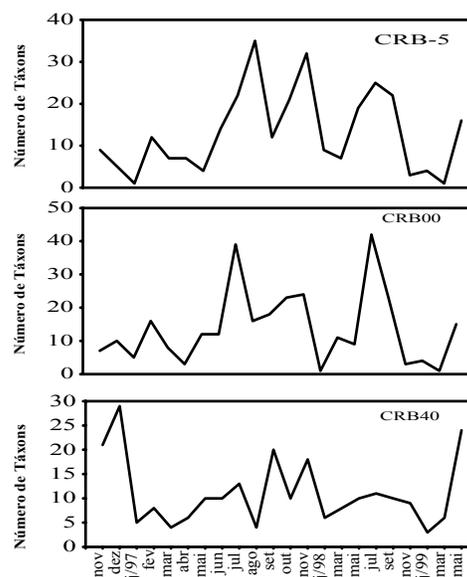


Figura 4. Variação da riqueza de espécies fitoplanctônicas, no período de novembro de 1996 a maio de 1999, nas três estações de amostragem

As menores densidades fitoplanctônicas (inferiores a 30 ind.mL⁻¹) foram registradas em março de 1999, período de elevada vazão, nas três estações amostradas, e as maiores (superiores a 12.000 ind.mL⁻¹) em agosto de 1997 na estação CRB00 e setembro de 1998 na estação CRB40 (Figura 5), meses em que a menor vazão do rio Corumbá favoreceu o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica.

Nas estações CRB-5 e CRB00, as clorofíceas dominaram, com aproximadamente 90% de abundância relativa em agosto de 1997, devido à dominância de *Scenedesmus protuberans*, em condições de reduzida vazão, maior disponibilidade de luz e de nutrientes; porém a maior densidade registrada (6.389 ind.mL⁻¹) na estação CRB-5 ocorreu em novembro de 1997, com a dominância da cianofíceas heterocitadas, potencialmente tóxica, *Cylindrospermopsis raciborskii*.

A estação situada a jusante do reservatório (CRB40) distinguiu-se das demais não somente pela composição fitoplanctônica como também pela densidade. Caracterizou-se por um pico de densidade (28.313 ind.mL⁻¹) no mês de setembro de

1998, quando as bacilariófitas contribuíram em maior abundância, devido à dominância (91%) de *Achnanthes minutissima*. Registrou-se nesse mês a menor concentração de sílica ($3,21 \mu\text{g.L}^{-1}$) de todo o período, o que se deve, provavelmente, à intensa incorporação deste nutriente pelas diatomáceas.

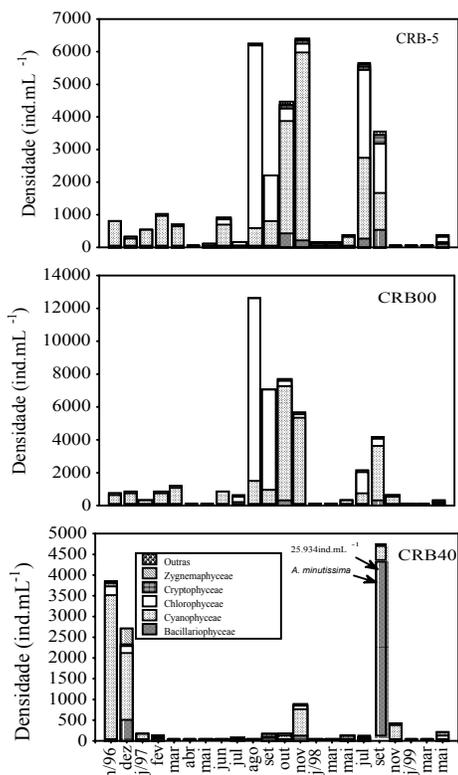


Figura 5. Densidade das classes fitoplanctônicas no período de novembro de 1996 a maio de 1999, nas três estações de amostragem

A. minutissima é espécie cosmopolita que suporta amplas variações de temperatura e pH e tem preferência por águas α -oligossapróbias a β -mesossapróbias (Sládeček, 1973), indicando pouca tolerância à poluição orgânica. A ocorrência dessa espécie meroplanctônica na camada epilimnética também foi registrada por Casco e Toja (1994) no reservatório de La Minilla, sudoeste da Espanha.

A diversidade específica oscilou desde valores nulos registrados em janeiro de 1997 (CRB-5), janeiro de 1998 (CRB00) e março de 1999 (CRB-5 e CRB00) a 2,8 bits.ind.⁻¹ em maio de 1999 na estação CRB40. Os valores nulos de diversidade e equidade (Figuras 6 e 7) deveram-se à ocorrência exclusiva de *Cylindropermopsis raciborskii* em janeiro de 1997, de *Oscillatoria* sp.1 em janeiro de 1998 e de *Oscillatoria* sp. em março de 1999. A maior equidade registrada

ocorreu na estação CRB40 (98,3%), no mês de março de 1998.

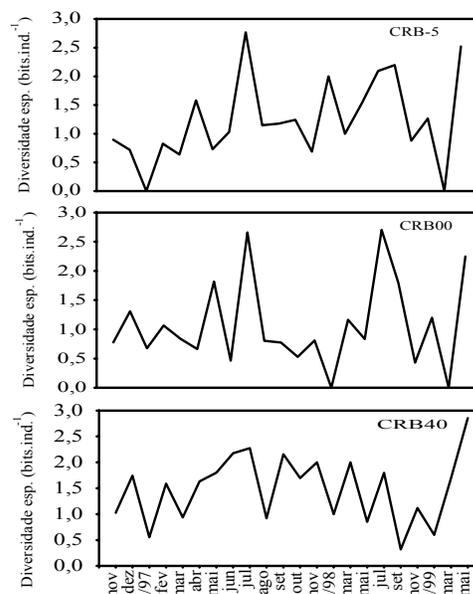


Figura 6. Variação da diversidade específica fitoplanctônica, no período de novembro de 1996 a maio de 1999, nas três estações amostradas

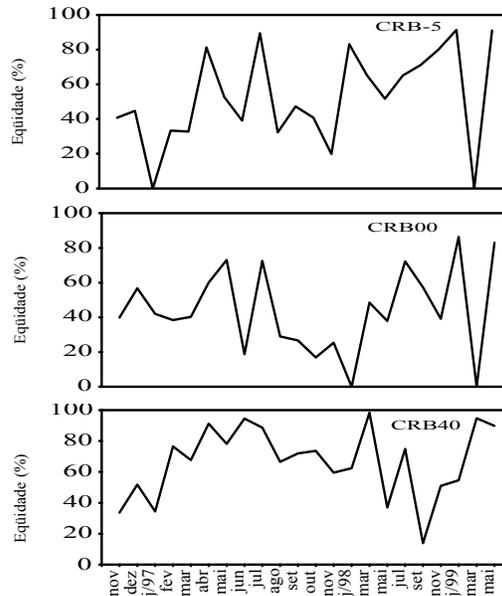
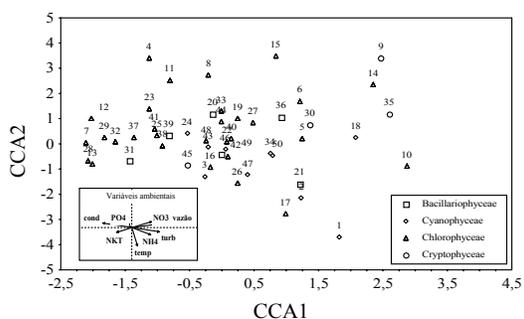


Figura 7. Variação da equidade fitoplanctônica, no período de novembro de 1996 a maio de 1999, nas estações amostradas

Correlações fortemente positivas ($p < 0,05$) entre as densidades populacionais e as variáveis abióticas analisadas foram obtidas através do teste de Monte Carlo. A Análise de Correspondência Canônica

(CCA), usada para identificar correlações entre as variáveis ambientais e as espécies fitoplanctônicas mais importantes no rio Corumbá (Figura 8), explicou uma significativa porcentagem da variância (eixo 1 = 5,2; eixo 2 = 8,4), fornecendo informações sobre as relações existentes entre as mesmas, sendo que as variáveis mais importantes que explicaram a distribuição das espécies foram vazão, condutividade elétrica (eixo 1) e temperatura da água do rio Corumbá (eixo 2).



1 = <i>Lingbya</i> sp.	29 = <i>Pediastrum duplex</i>
2 = <i>Microcystis aeruginosa</i>	30 = <i>Cryptomonas</i> sp.1
3 = <i>Microcystis</i> sp.	31 = <i>Aulacoseira granulata</i>
4 = <i>Coelastrum</i> sp.	32 = <i>Micractinium pusillum</i>
5 = <i>Dityosphaerium pulchellum</i>	33 = <i>Selenastrum gracile</i>
6 = <i>Monoraphidium convolutum</i>	34 = <i>Pseudanabaena</i> sp.
7 = <i>Pediastrum tetras</i>	35 = <i>Cryptomonas marsonii</i>
8 = <i>Tetralantus lagerheimii</i>	36 = <i>Nitzschia</i> sp.
9 = <i>Cryptomonas brasiliensis</i>	37 = <i>Scenedesmus arcuatus</i>
10 = <i>Coelastrum reticulatum</i>	38 = <i>Schroederia setigera</i>
11 = <i>Dityosphaerium tetrachotomum</i>	39 = <i>Aulacoseira</i> sp.
12 = <i>Eutetramorus</i> sp.	40 = <i>Monoraphidium arcuatum</i>
13 = <i>Golenkinia paucispina</i>	41 = <i>Scenedesmus protuberans</i>
14 = <i>Oocystis lacustris</i>	42 = <i>Scenedesmus quadricauda</i>
15 = <i>Scenedesmus westii</i>	43 = <i>Merismopedia tenuissima</i>
16 = <i>Schroederia</i> sp.	44 = <i>Monoraphidium komarkovae</i>
17 = <i>Scenedesmus</i> sp.1	45 = <i>Cryptomonas</i> sp.
18 = <i>Oscillatoria</i> sp.3	46 = <i>Oscillatoria</i> sp. 2
19 = <i>Scenedesmus ecornis</i>	47 = <i>Oscillatoria</i> sp. 1
20 = <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	48 = <i>Monoraphidium contortum</i>
21 = <i>Nitzschia palea</i>	49 = <i>Cyclotella</i> sp.
22 = <i>Chlorella</i> sp.	50 = <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
23 = <i>Monoraphidium griffithii</i>	Temp = temperatura
24 = <i>Oscillatoria</i> sp.	Cond = Condutividade
25 = <i>Eutetramorus fotti</i>	Turb = Turbidez
26 = <i>Scenedesmus</i> sp.	NH ₄ = íon amônio
27 = <i>Closteriopsis</i> sp.	PO ₄ = fósforo reativo dissolvido
28 = <i>Coelastrum pseudomicroporum</i>	NO ₃ = nitratado
29 = <i>Pediastrum duplex</i>	NKT = nitrogênio kjeldahl total
28 = <i>Coelastrum pseudomicroporum</i>	

Figura 8. Coeficientes de densidade da comunidade fitoplanctônica e das variáveis ambientais ao longo dos eixos da CCA. Códigos e abreviações mostradas na figura

A CCA revelou que as criptofíceas (C-estrategistas, de acordo com Reynolds, 1988b) estiveram positivamente associadas com altos valores de vazão (evidenciados pela posição de *Cryptomonas* sp no diagrama), provavelmente, devido à sua alta taxa de reprodução e maior adaptabilidade à mistura

turbulenta da coluna de água e condições de baixa luminosidade (Klaveness, 1988).

O diagrama também evidenciou (principalmente pela posição de *S. protuberans*) que as clorofíceas apresentaram correlação positiva com a temperatura, condutividade elétrica e fósforo solúvel reativo, cujos valores elevados foram característicos do período de estiagem na região, e estiveram negativamente correlacionadas com os valores de vazão e turbidez, o que concorda com os dados obtidos. O' Farrel *et al.* (1996) também registraram altas densidades de clorofíceas no baixo rio Paraná em períodos de fluxo reduzido e maior transparência, verificando, porém, presença significativa deste grupo em condições de baixa temperatura.

A comunidade fitoplanctônica do rio Corumbá esteve constituída predominantemente por espécies adaptadas a ambientes turbulentos; no entanto as maiores densidades foram registradas nos períodos de menor vazão, quando foi maior a disponibilidade de luz e nutrientes.

As cianofíceas, por estarem representadas, principalmente, por espécies ruderais (R-estrategistas, na aceção de Reynolds, 1988b), tais como *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Oscillatoria* spp., embora tenham apresentado seu ótimo de desenvolvimento no período seco, também foram favorecidas em condições de elevada vazão e turbidez e disponibilidade de nitrogênio, o que ficou evidenciado na CCA.

As elevadas densidades de *C. raciborskii* podem ser explicadas por pertencer à associação Sn, sendo uma espécie caracterizada por apresentar-se como captadora eficiente de luz, capaz de fixar nitrogênio atmosférico e comportar-se mais como uma *Oscillatoriales* do que como uma *Nostocales* (Padisák e Reynolds, 1998). Segundo Padisák (1997), esta espécie cresce somente em temperaturas elevadas (>25°C), que possibilitam a germinação dos acinetos - o que pode explicar a elevada densidade da espécie ocorrida a 28°C na estação CRB00 no período seco (outubro de 1997), em condições de maior estabilidade hidrológica (vazão = 80m³.s⁻¹). *C. raciborskii* apresenta-se dominante geralmente em baixas razões N:P (Harris e Baxter, 1996), fato constatado em novembro de 1997, ocasião em que a razão atômica NT:PT foi igual a 13:1.

Assim, pode-se concluir que os picos de *C. raciborskii*, no rio Corumbá, ainda a montante do reservatório de Corumbá demonstram a grande adaptabilidade dessa espécie às condições lóticicas e confirmaram que esse rio constituiu a principal via de entrada de inóculos dessa espécie, potencialmente

tóxica, para esse reservatório. Daí a importância de se dar continuidade ao biomonitoramento desse ambiente, principalmente no tocante aos estudos da dinâmica fitoplanctônica, com ênfase a *C. raciborskii*, visando-se ao controle de seu desenvolvimento e da qualidade da água.

Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. M.Sc. Luis Maurício Bini, pelo auxílio nas análises estatísticas, a Furnas Centrais Elétricas S.A., pelo apoio financeiro e estrutura logística fornecida, ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica da primeira autora, assim como aos pesquisadores e estagiários do Nupélia que auxiliaram nas coletas e nas determinações dos fatores abióticos.

Referências

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19. ed., Washington, DC, 1985.
- CASCO, M.A.; TOJA, J. The distribution and interaction of algal communities in reservoirs. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, Stuttgart, v. 40, p.85-96, 1994.
- FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.; SONDOTÉCNICA S.A. *Estudos de avaliação de impacto ambiental – EIA*. Rio de Janeiro, 1989. (Relatório).
- GARCIA DE EMILIANI, M.O. Seasonal succession of phytoplankton in a lake of the Paraná river floodplain, Argentina. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 264, p.101-114, 1993.
- HARRIS, G.P.; BAXTER, G. Interannual variability in phytoplankton biomass and species composition in a subtropical reservoir. *Fresh. Biol.*, Oxford, v. 35, no.3, p.545-560, 1996.
- HUSZAR, V.L.M.; SILVA, L.H.S.da. *A estrutura da comunidade fitoplanctônica no Brasil: cinco décadas de estudos*. [LIMNOtemas, Rio de Janeiro, n.2], 1999. Disponível em: <<http://www.sbl.biologia.ufjf.br/>>. Acesso em: 16 out. 2000.
- KLAVENESS, D. Ecology of the cryptomonada: a first review. In: SANDGREN, C.D. *Grow and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. New York: Cambridge University Press, 1988. cap. 3, p.105 – 133.
- KREBS, C.J. *Ecological methodology*. New York: Harper; Collins, 1989.
- LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, v. 22, no.1, p.1-29, 1986.
- MALTCHIK, L.; MOULTON, T.P. Ecologia de rios e córregos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 7., 1999, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: UFSC, 1999. 33p.
- O' FARREL, I. et al. A. Phytoplankton ecology of the Lower Paraná River (Argentina). *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, Stuttgart, v. 115, no.1, p.75-89, 1996.
- PADISÁK, J. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju, an expanding, highly adaptive cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, Stuttgart, v. 107, no.4, p.563-593, 1997.
- PADISÁK, J.; REYNOLDS, C.S. Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to the cyanoprokaryotes. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 384, p.41-53, 1998.
- REYNOLDS, C.S. Potamoplankton: paradigms, paradoxes and prognoses. In: ROUND, F.E. *Algae and the aquatic environment*. Bristol: Biopress, 1988a, p.285-311.
- REYNOLDS, C.S. Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. In: SANDGREN, C.D. *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. New York: Cambridge University Press, 1988b. cap. 10, p.388-433.
- REYNOLDS, C.S. River Plankton: the paradigm regained. In: HARPER, D.M.; FERGUSON, A.J.D. *The ecological basis for river management*. Chichester: John Wiley; Sons, 1995. cap. 13, p.161-174.
- REYNOLDS, C.S.; DESCY, J.P. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, Stuttgart, v. 113, no.1-4, p.161-187, 1996.
- SHANNON, C.E.; WEANER, W. *Mathematical theory of communication*. Urbana, Illinois: University Press, 1963.
- SLADECEK, V. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, Stuttgart, v. 7, p.1-218, 1973.
- SNEATH, P.H.A.; SOKAL, R.R. *Numerical taxonomy*. San Francisco: W.F. Freeman, 1973.
- TER BRAAK, C.J.F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, Washington, DC, v. 67, no.5, p.1167-1179, 1986.
- TRAIN, S.; RODRIGUES, L.C. Temporal fluctuations of the phytoplankton community of the Baía River, in the upper Paraná River floodplain, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 361, p.125-134, 1998.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ. NUPÉLIA/FURNAS. *Estudos limnológicos na área de influência do reservatório de Corumbá (GO)*. Maringá, 1998. (Relatório anual).
- UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodic. *Mitt. Int. Verein.Theor. Angew. Limnol.*, Stuttgart, v. 9, p.1-38, 1958.

Received on October 25, 2000.

Accepted on March 19, 2001.